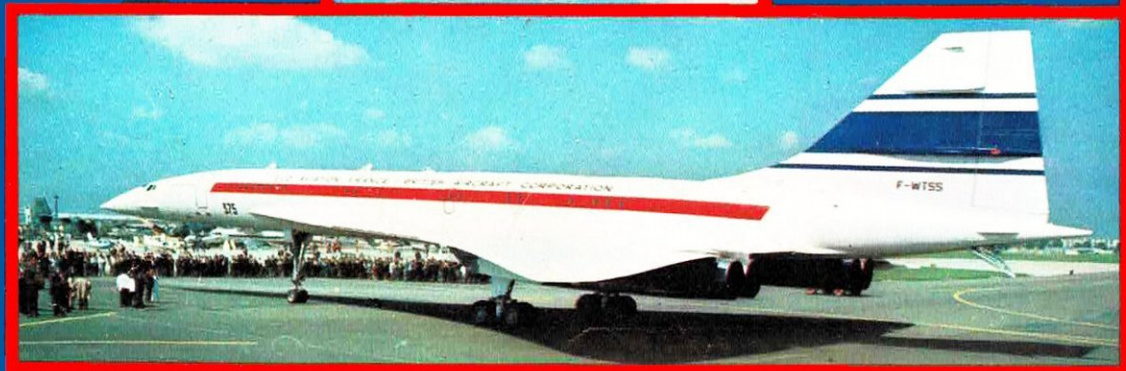
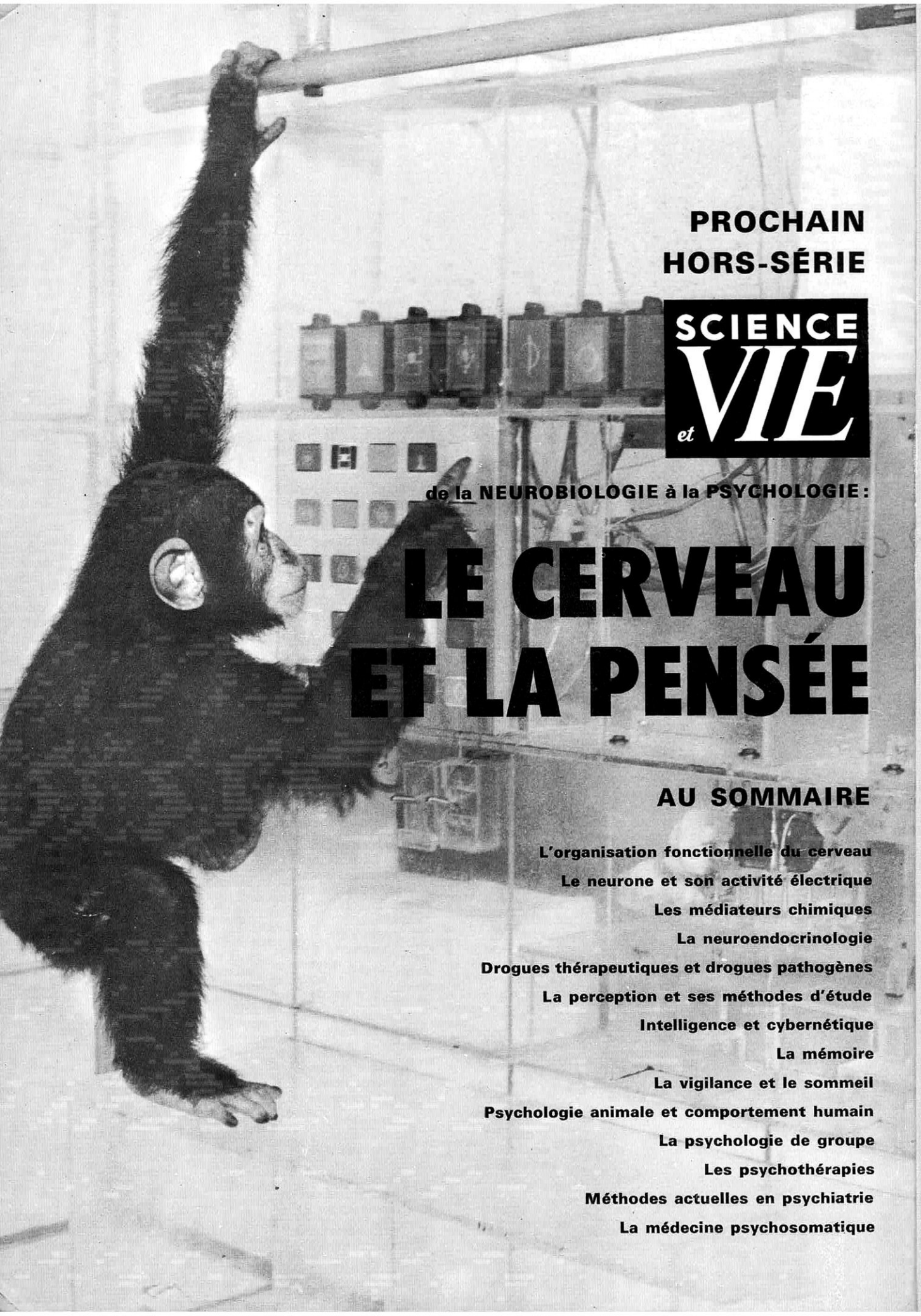


SCIENCE *et* VIE

NUMÉRO HORS SÉRIE
TRIMESTRIEL

AVIATION 75





**PROCHAIN
HORS-SÉRIE**

**SCIENCE
et VIE**

de la **NEUROBIOLOGIE** à la **PSYCHOLOGIE** :

LE CERVEAU ET LA PENSÉE

AU SOMMAIRE

L'organisation fonctionnelle du cerveau
Le neurone et son activité électrique
Les médiateurs chimiques
La neuroendocrinologie
Drogues thérapeutiques et drogues pathogènes
La perception et ses méthodes d'étude
Intelligence et cybernétique
La mémoire
La vigilance et le sommeil
Psychologie animale et comportement humain
La psychologie de groupe
Les psychothérapies
Méthodes actuelles en psychiatrie
La médecine psychosomatique



HORS-SÉRIE

Publié par
EXCELSIOR PUBLICATIONS, S.A.
5, rue de la Baume - 75008 Paris
Tél. 266.36.20

Direction, Administration, Rédaction

Président : Jacques Dupuy
Directeur général : Paul Dupuy
Directeur administratif et financier : J.-P. Beauvalet
Promotion : Paul Cazenave, assisté d'Elisabeth Drouet
Diffusion ventes : Henri Colney
Rédacteur en Chef : Serge Caudron
Mise en page : Louis Boussange ; Alain Tercinet
Service photo : Daniel Maisto, Miltos Toscas,
J.-P. Bonnin

Correspondants

New York : Arsène Okun, 64-33-99th Street
Rego Park - N. Y. - 11374
Londres : Louis Bloncourt - 38, Arlington Road
Regent's Park - London W 1

Publicité :

Excelsior Publicité - Interdeco
167, rue de Courcelles
Chef de publicité : Hervé Lacan
Compte Chèque Postal : 91.07 PARIS
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS

A NOS ABONNÉS

● Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi.

Elle porte tous les renseignements nécessaires pour vous répondre

● Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance, 1,50 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance.

A NOS LECTEURS

● Nos Reliures :

Destinées chacune à classer et à conserver 6 numéros de SCIENCE ET VIE, peuvent être commandées par 2 exemplaires au prix global de 20 F franco. (Pour les tarifs d'envois à l'étranger, veuillez nous consulter.)

Règlement à votre convenance à l'ordre de SCIENCE ET VIE adressé en même temps que votre commande : 5, rue de la Baume, 75008 PARIS.

● Notre Service Livre

Met à votre disposition les meilleurs ouvrages scientifiques parus. Vous trouverez tous renseignements nécessaires à la rubrique : « La Librairie de SCIENCE ET VIE ».

● Les Numéros déjà parus

La liste des numéros disponibles vous sera envoyée sur simple demande à nos bureaux, 5, rue de la Baume, 75008 PARIS.

Pour vous abonner

Nos tarifs

	France et ZF	Etranger
1 AN : 12 Nos	64 F	80 F
1 AN : 12 Nos + 4 H.S.	89 F	110 F
2 ANS : 24 Nos	120 F	152 F
2 ANS : 24 Nos + 8 H.S.	170 F	210 F

Nos correspondants étrangers

BENELUX : PIM Services, 10, bd Sauvinère, 4000 LIEGE (Belgique). C.C.P. 283.76 LIEGE

1 AN : 500 FB
1 AN + 4 H.-Série : 650 FB

CANADA : PERIODICA, 7045 Av. du Parc, MONTREAL 303 - QUEBEC

1 AN : \$ 18
1 AN + 4 H.-Série : \$ 24.

SUISSE : NAVILLE et Cie - 5-7, rue Levrier, 1211 GENEVE 1 (Suisse)

1 AN : 45 FS
1 AN + 4 H.-Série : 60 FS

● RECOMMANDES ET PAR AVION : Nous consulter

Règlements

A l'ordre de SCIENCE et VIE.

Etranger : mandat international ou chèque bancaire payable à Paris.

Bulletin d'abonnement

Je désire m'abonner à SCIENCE ET VIE pour :

1 AN ☐ 1 AN + HORS-SERIE ☐

2 ANS ☐ 2 ANS + HORS-SERIE ☐

A COMPTER DU NUMERO DE

NOM | | | | | | | | | | | | | | | |

PRENOM | | | | | | | | | | | | | | | |

ADRESSE | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |

CODE | | | | | VILLE | | | | | | | |

J'adresse le présent bulletin à SCIENCE et VIE, 5, rue de la Baume, 75008 PARIS.

Je joins mon règlement de F
par Chèque bancaire ☐ Mandat lettre ☐
par C.C.P. 3 volets (sans n° de compte) ☐

A l'ordre de SCIENCE ET VIE.

☐ Je préfère que vous m'envoyiez une facture.

Signature



Notre couverture :

Mirage F1-E;
Roger Demeule;
parachute;
Jacques Dubourg;
Hélicoptère S-A 315
Lama;
SNIAS;
Concorde;
Galliphot.

L'énergie solaire fait parler d'elle

M. Jacques Michel, architecte, nous a communiqué les remarques suivantes à propos de l'article « Énergie solaire » paru dans le H.S.

« Les nouvelles sources d'énergie ».

Le C.N.R.S. n'a pas participé à la présentation de la maison solaire de la Foire de Paris 1973.

Celle-ci a pu être réalisée, après que la conception ait été faite à mon Agence, grâce au Comité de la Foire de Paris qui a mis gracieusement le terrain à disposition et aux entreprises et fournisseurs qui ont participé bénévolement.

En 1967, le directeur du C.N.R.S. m'a commandé une étude de maison pour Odeillo qui n'a pu être réalisée par manque de crédits.

Afin de ne pas abandonner ces études, j'ai proposé le plan à un de mes clients, ouvrier dans une usine de l'Est.

Une société H.L.M. de Verdun, l'Habitation Meusienne, a bien voulu croire, alors, à ce système et financer la construction dans le prix plafond.

C'est ensuite que les trois maisons d'Odeillo m'ont été commandées par le Directeur du Laboratoire d'Énergie Solaire et deux de ses collaborateurs.

La maison de l'Est est habitée depuis plusieurs années, alors que celles d'Odeillo viennent d'être occupées récemment.

Industrie mondiale :

la compétition Europe-U.S.A.

p. 4

Les avions de transport civil conçus en Europe ont les plus grandes difficultés à s'imposer auprès des compagnies aériennes. La situation est heureusement moins tendue pour les fabrications militaires, françaises en particulier.

par Roland de Narbonne

Naissance du transport aérien

p. 30

Des bombardiers de 1919 hâtivement reconvertis au transport des passagers au « Super-Constellation », en passant par les luxueux hydravions géants de la fin des années trente...

par Vincent Sourdille

Du Mirage à l'A.C.F.

p. 42

Comment à partir du cahier des charges établi par son utilisateur futur, va être conçu un nouvel avion de combat.

par Roger Valadot

Transport aérien : la vraie crise

p. 46

La conjoncture économique mondiale et l'augmentation massive du prix du kérosène ont pesé lourd dans le bilan des compagnies aériennes en 1974.

par Pierre Sparaco

Spécial parachutisme

p. 60

Le « saut » n'est que la toute première étape du parachutisme sportif.

Les plus étonnantes figures de voltige en ouverture retardée sont à la portée de l'amateur quelque peu tenace.

par Jacques Dubourg





Où en est le troisième niveau ? p. 84

Tandis que des regroupements s'opèrent entre les compagnies régionales françaises, des appareils toujours plus gros ou plus rapides apparaissent sur les lignes.

par Claudine Sobol

La construction amateur p. 92

Depuis Henri Mignet et ses « Poux-du-Ciel » la construction amateur en France a connu des hauts et des bas. Elle est actuellement en plein essor.

par Michel Battarel

Les réseaux d'alerte au sol p. 102

Radars géants, ordinateurs perfectionnés, réseaux de transmission de données sont au service de la défense de l'espace aérien. Mais on peut s'interroger sur la pleine efficacité de ces coûteux systèmes.

par Jean-Pierre Mithois

L'avion de combat et ses armements p. 110

Le retour au chasseur pur est très caractéristique de l'évolution actuelle des forces aériennes. Et pour cet appareil, les armements les moins sophistiqués sont souvent fort efficaces.

par Jean de Galard

Les nouveaux matériaux p. 130

De la métallurgie du titane aux matériaux composites en passant par les nouveaux alliages légers, l'industrie aéronautique continue à jouer un rôle de pointe.

par Jacques Lachnitt

La guerre des ogives p. 134

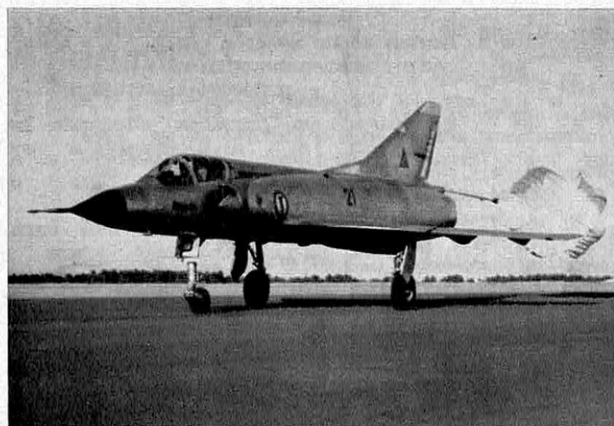
A l'intérieur des accords sur la limitation des armements stratégiques, il s'agit, pour les U.S.A. et pour l'U.R.S.S., de jouer la qualité.

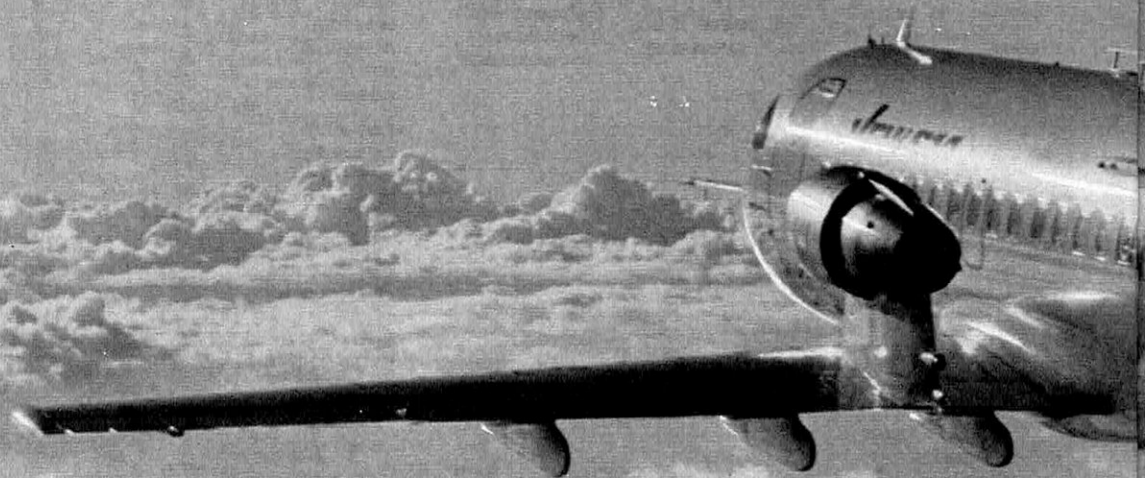
par Jean-Pierre Mithois

Le meilleur des VTOL p. 142

Alors que les projets d'avions à décollage court ou vertical n'ont le plus souvent pas abouti, l'hélicoptère est un authentique VTOL aux qualités incomparables.

Par Pierre Lefort





*Une cellule germano-
néerlandaise
et des réacteurs
franco-britanniques...
Ces parrainages
nombreux suffiront-ils
à assurer le succès du
petit transport
Fokker-VFW 614 ?
La série est lancée,
mais les commandes
sont rares...*



LA COMPÉTITION EUROPE-USA

Pour l'industrie aéronautique française, la relève des productions militaires par des constructions civiles a fait long feu. Aujourd'hui encore, ce sont les chaînes de Mirage III - Mirage 5, ou de F-1, qui assurent l'essentiel des exportations. Cette prééminence des fabrications militaires ne

signifie pas que les constructeurs civils soient sans projets. Mais l'exiguïté du marché national, ou même européen, face à la concurrence américaine, rend leur éclosion difficile. Les mésaventures de Concorde, de l'Airbus ou du Mercure sont là pour le montrer.

En attendant l'issue de l'empoignade industrielle et politique que la presse a baptisé le « marché du siècle », l'événement aéronautique de ce printemps 1975 a sans doute été le bilan officiel des exportations françaises pour l'année 1974, soit 10 423 millions de francs de commandes pour 5 350 de livraisons. Chiffre spectaculaire par comparaison avec les scores des années précédentes : 1 993 milliards en 1969, 5 507 en 1970, 4 996 en 1971, 3 689 en 1972, 5 470 en 1973 pour les commandes.

Notons toutefois que sont incluses dans ce total les commandes des coopérants étrangers dans le cadre des programmes internationaux (2 848 milliards) et le montant des matériels étrangers importés qui entreront dans les matériels français exportés (400 milliards). Par contre (et ceci compense cela) seule a été retenue la part française dans les matériels exportés issus d'un programme de coopération.

Quelles appréciations peut-on tirer de cette avalanche de chiffres ? Tout d'abord, il convient de comparer ce qui est comparable, c'est-à-dire des chiffres de livraisons, en tentant de comprendre ce qu'ils contiennent. Quant aux industries de référence, il s'agira bien entendu des industries américaine et britannique, les deux seules obtenant des résultats significatifs dans le monde occidental.

En 1974, les livraisons à l'étranger de l'industrie aérospatiale américaine se sont élevées à 6,8 milliards de dollars sur un chiffre d'affaires global de 27 milliards assuré par 968 000 salariés. Soit le quart de la production exportée (ce qui donne une idée de l'ampleur du marché national !) et, en francs, une somme de 34 milliards de francs environ, soit 3,5 millions par employé.

Annoncé comme un record avec 631 millions de livres, soit à peu près 6,3 milliards de francs, le montant des exportations britanniques est un peu sujet à caution dans la mesure où les matériels entrés en Grande-Bretagne pour des révisions (moteurs notamment) sont comptabilisés à leur pleine valeur de sortie en douane et non pas pour le montant des travaux effectués. Les Anglais étant de grands pourvoyeurs de moteurs depuis quinze ans, l'impact de ce mode de comptabilité n'est nullement négligeable. Prenons néanmoins le chiffre annoncé. Pour 200 000 personnes employées, cela nous donne un quota individuel de 3,15 millions, proche du résultat américain.

La productivité à l'exportation de l'industrie française (forte en moyenne de 100 000 personnes) est évidemment bien supérieure : près de 5,5 millions par individu. Si l'on compare enfin les chiffres globaux, on constate que notre industrie exporte plus de 50 % de la valeur de sa production.

L'industrie française apparaît donc comme particulièrement « performante ».

Reportons-nous à la fin de l'année 1973. La situation de notre industrie aéronautique n'est guère réjouissante. Prestigieuse vedette, Con-



Dans l'usine de Bordeaux-Mérignac de Dassault-Bréguet,

corde, déjà boudée par les transporteurs internationaux, voit, avec le triplement du prix du kérosène, s'évanouir les espoirs d'un redémarrage rapide des ventes. A l'Aérospatiale, c'est l'alerte générale ! Plus de Caravelle sur chaîne, l'Airbus qui démarre lentement, Concorde qui piétine. Le spectre de licenciements collectifs apparaît à l'horizon des quelques mois. Chez Dassault, c'est aussi le creux de la vague : le court moyen-courrier Mercure ne se vend pas et la chaîne des Mirage III/5 est proche de la rupture, tandis que celle du F-1 démarre à peine.

Un an plus tard, le vent a tourné. Partiellement tout au moins. Le salut n'est pas venu des avions civils dont on attendait pourtant, il y a quelques années, qu'ils assurent la relève, mais bien des avions de combat et des hélicoptères.

En matière de ventes militaires, il est bien rare que des chiffres précis soient donnés et ceci est vrai en particulier en ce qui concerne les ventes de Mirage. Tout au plus peut-on dire que les



chaînes d'assemblage parallèles de deux « best-sellers » : Mirage F-1 au premier plan, et Mirage III-5.

ventes de Mirage III/5 acquises depuis deux ans ont dépassé la centaine d'exemplaires et permis de réactiver la chaîne d'assemblage de Bordeaux-Mérignac après quelques semaines de vide seulement. De nouveaux clients, comme l'Arabie Séoudite, le Zaïre ou Abou-Dhabi, mais aussi des compléments de dotation pour d'anciens utilisateurs comme le Pérou, le Pakistan ou l'Afrique du Sud, ont porté les commandes au-delà des 1 300 exemplaires et prolongé la production jusqu'en 1976 au moins. Dans le même temps, le F-1, déjà retenu par la France, l'Afrique du Sud et l'Espagne, a fait aussi une percée spectaculaire : 38 exemplaires pour la Lybie, 40 pour la Grèce, 20 pour le Koweït, en attendant l'Égypte.

Mirage et économie française

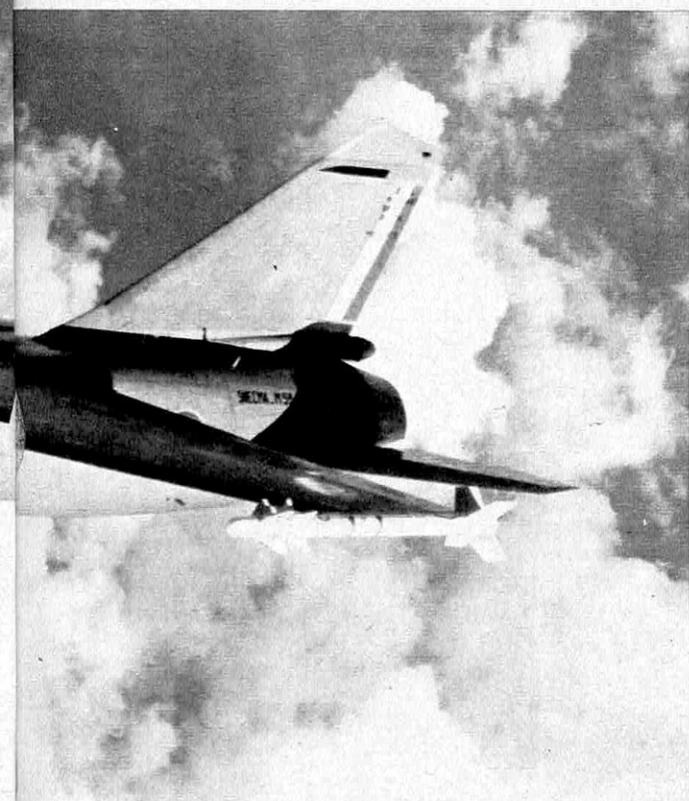
Dans tous ces succès, on voit généralement la prospérité du groupe privé Dassault-Breguet, un hommage à la qualité de ses productions, une

preuve de l'efficacité de ses équipes commerciales et des Offices d'exportation. S'arrêter là, c'est faire preuve d'une singulière courte vue. Pour situer l'importance des contrats signés dans l'économie nationale, disons que les ventes de Dassault-Breguet rapportent en devises 5 % du pétrole importé, soit quatre mois de circulation automobile ! Il ne s'agit là que du montant des ventes d'avions, sans tenir compte de tout l'environnement qui suit : équipements de servitude de tous ordres, aéroportés ou terrestres, réacteurs et équipements de rechange, munitions et missiles, etc.

On ne sait pas assez, d'autre part, que Dassault-Breguet ne produit qu'une part modeste des avions qui sortent de ses chaînes, sans même parler du réacteur et de tous les équipements.

C'est ainsi que toutes les voilures de Mirage III/5, et un certain nombre d'éléments de moindre volume, sortent des ateliers de





l'Aérospatiale, tandis que divers ensembles viennent de Belgique où ils sont produits au titre des compensations industrielles accordées lors d'une commande de Mirage 5 il y a sept ans. De même, l'Aérospatiale fabrique désormais, à Bourges et à Toulouse, la plus grande partie du fuselage du F-1, Dassault-Breguet ayant rétrocédé la production du tronçon central pour libérer une partie du potentiel de la chaîne d'assemblage d'Argenteuil afin de pouvoir porter la cadence de production à plus de sept unités par mois.

Ces transferts ont agi directement sur le plan de charge des usines nationalisées, en attendant un nouveau départ des ventes d'avions civils.

Le succès des Mirage, des deux familles à aile delta ou en flèche, réside dans le fait qu'ils constituent un excellent compromis. Par leur tonnage moyen (à côté des chasseurs américains genre Phantom qui pèsent près du double) ils ne coûtent pas trop cher, tout en offrant d'excellentes performances et en emportant un système d'arme efficace. La destinée du Mirage III est d'ailleurs singulière. Il connut un démarrage timide sur les marchés d'exportation, malgré les commandes d'Israël et de l'Australie. En 1960, il fut repoussé par les Belges qui s'associèrent au programme européen F-104. Ce qui ne les empêcha pas, dix ans plus tard, de produire 106 Mirage 5 sous licence. Aujourd'hui, tandis que le Mirage F-1 prétend à la succession du F-104, la famille des Mirage III/5 est toujours en production et pour plusieurs années encore !

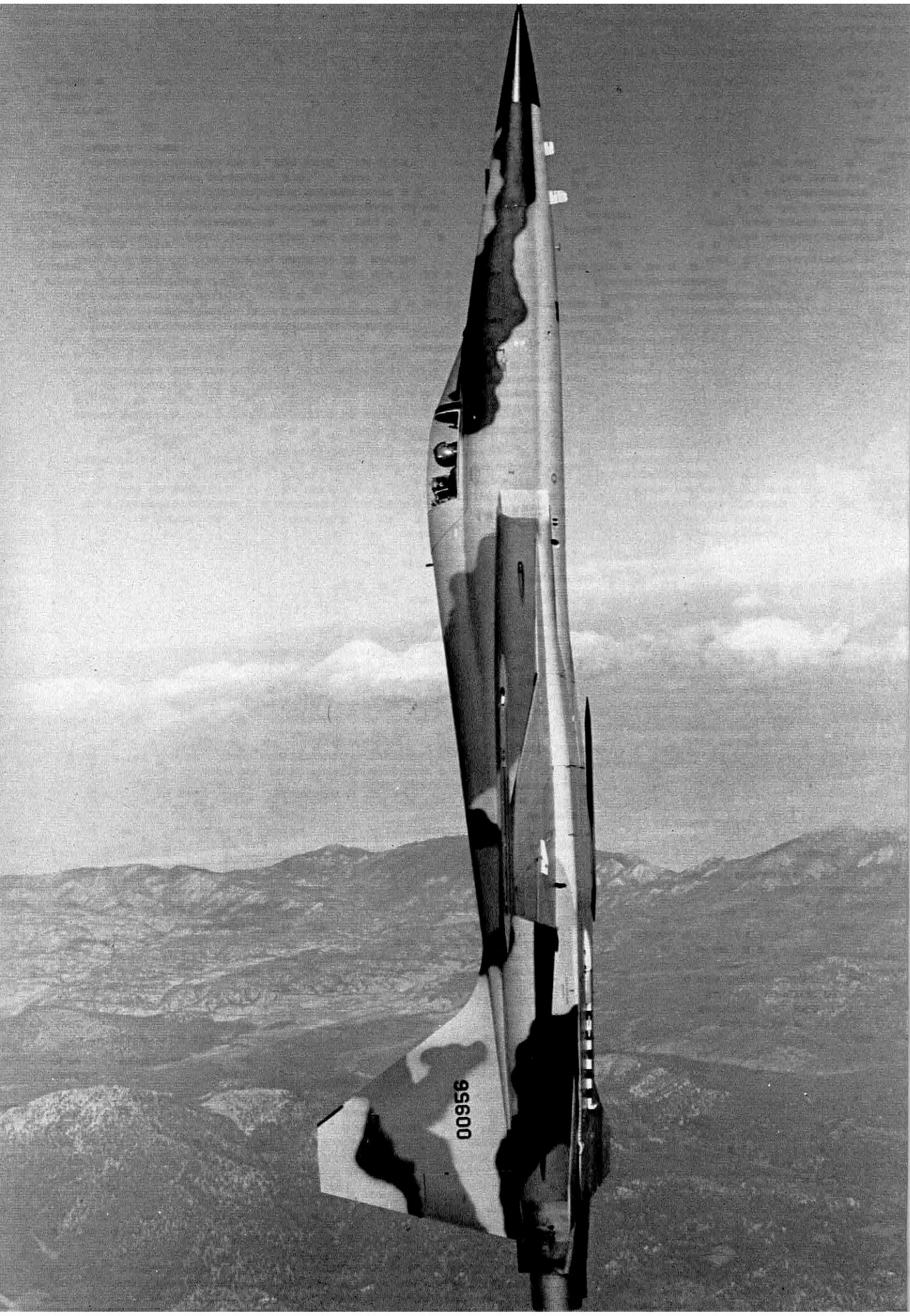
En lice pour le marché du siècle

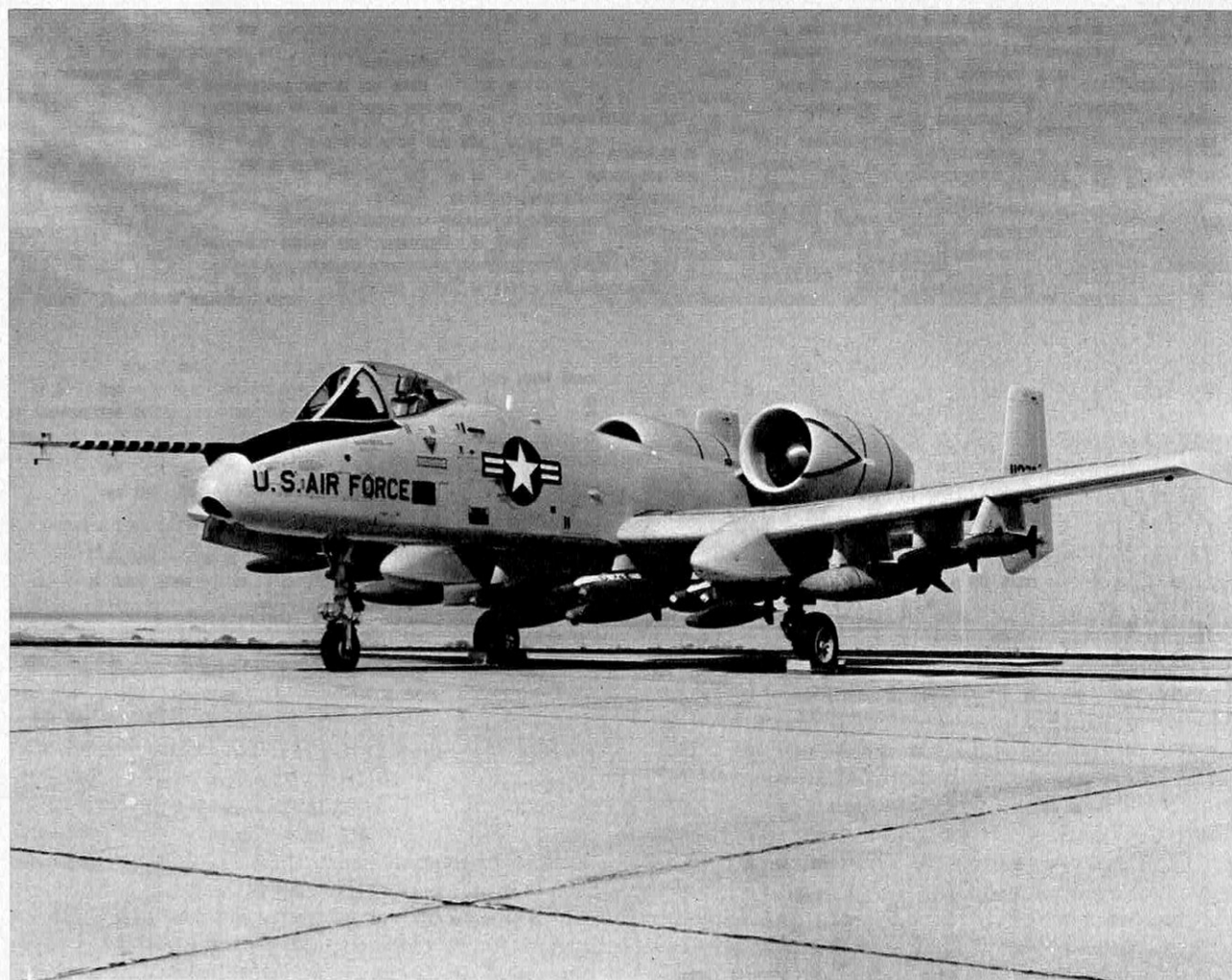
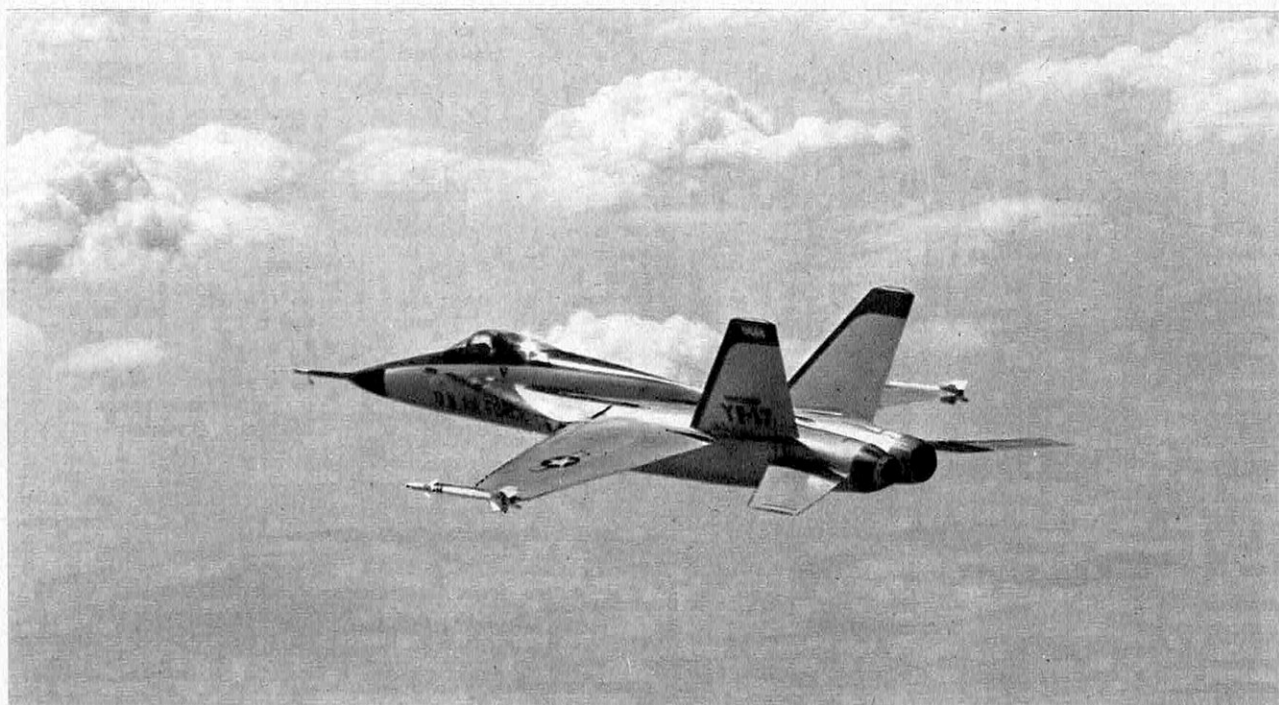
D'ores et déjà commandé à près de 300 exemplaires alors que ses chaînes de production ne débitent que depuis un an à peine à une cadence significative, le Mirage F-1 paraît assuré d'un bel avenir.

L'affaire du F. 1 E est partie du besoin de la SNECMA d'un banc d'essais à hautes performances dans le cadre de la mise au point du nouveau réacteur M-53 destiné aux avions de combat français des années 80. Comme cela avait été fait précédemment avec divers dérivés du Mirage III, il fut décidé d'adapter un F-1 à cette nouvelle tâche. Il suffisait de marier un nouveau fuselage adapté au M-53 — exigeant notamment des manches à air de section accrue — avec une voilure et des empennages non modifiés. Chemin faisant, on découvrit que résultait de l'opération un F-1 substantiellement

suite page 12

Les deux protagonistes de la finale du « marché du siècle » : General-Dynamics YF-16 en haut et le Mirage F-1-M.53 (F-1E) en bas. Nul doute que les deux appareils auront d'autres occasions de s'opposer bientôt : il y a au moins 3 000 appareils de cette classe à remplacer dans le monde d'ici 1980. Une bonne image de l'affrontement USA-Europe dont la France est actuellement seule à porter le poids de ce côté de l'Atlantique.





Le Northrop F-5E Tiger, élégant et efficace bi-réacteur léger, a généreusement été distribué à leurs alliés par les Américains (à gauche). Le YF-17 (en haut) devait lui succéder : son avenir paraît compromis. Quant au monstre ci-dessus, c'est le Fairchild-Hiller A-10, véritable char

d'assaut volant récemment commandé en série par l'US Air Force. Ses deux réacteurs Lycoming ALF-502 à soufflante sont à la fois peu gourmands et peu bruyants ce qui peut contribuer à l'effet de surprise. Armement fixe : un canon de 20 mm à barillet (Gatling) dans l'axe de l'appareil.



Sous le signe de la coopération internationale : le MRCA (ci-dessus) porte les espoirs de la Grande-Bretagne, de l'Allemagne et de l'Italie. Les résultats ne paraissent guère encourageants actuellement. Quant à l'Alpha-Jet (à droite) il a derrière lui la France, l'Allemagne et la Belgique. Le programme industriel vient d'être lancé et on peut espérer que les choses iront maintenant très vite.

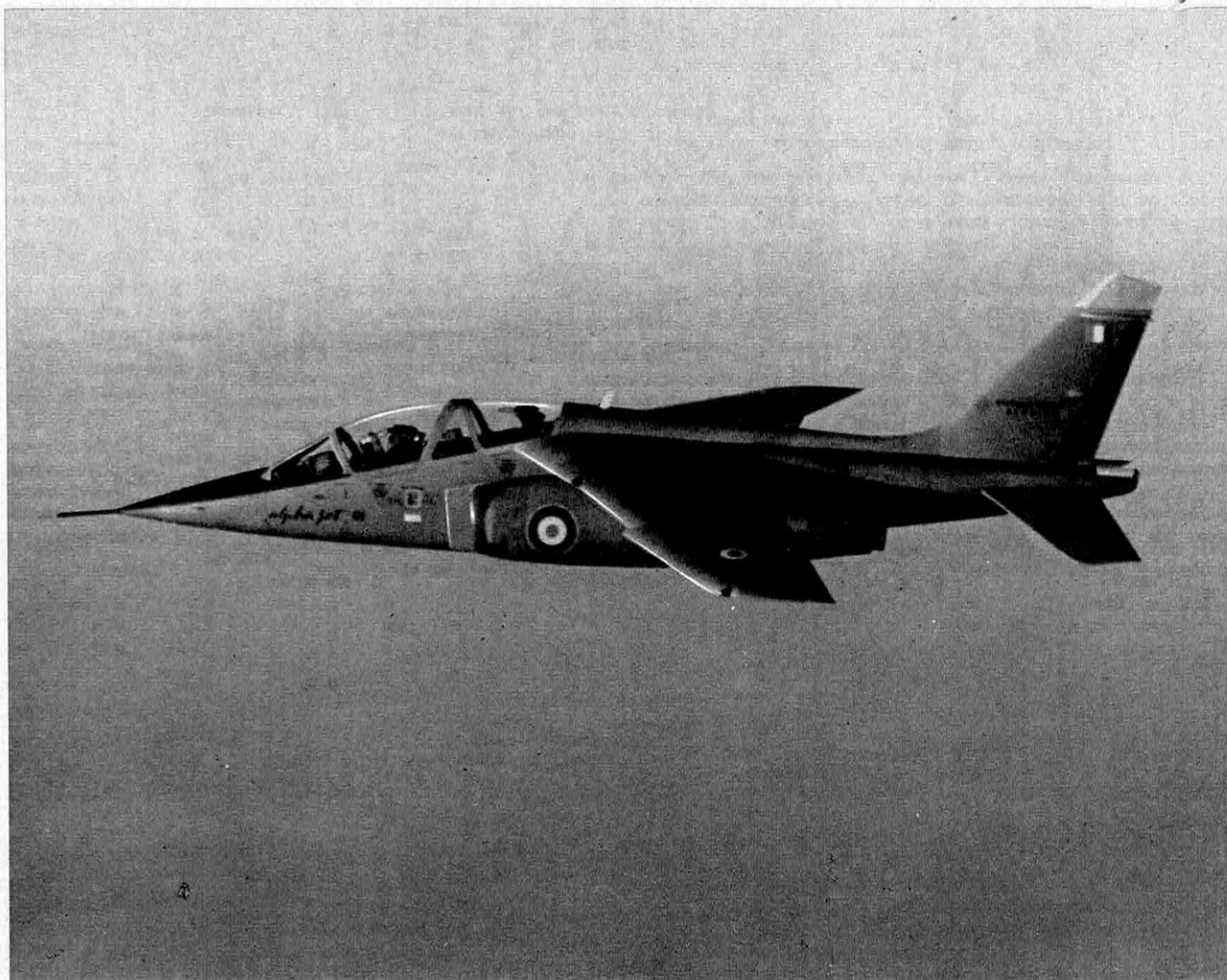
amélioré qu'il serait facile de faire passer du rôle de banc d'essais-moteur au stade opérationnel. A cette époque, plusieurs pays dont la Belgique commençaient à se pencher sur le problème de la succession de leurs F-104 Starfighter. Le F. 1-M. 53 paraissait une excellente réponse et le Gouvernement français prit la décision de soutenir financièrement le programme avec comme seul but l'exportation. Les Belges étaient sur le point de confirmer leur choix lorsqu'au début de 1974, ils changèrent de gouvernement. Et la nouvelle équipe se rendit aux arguments des Hollandais, prônant un choix commun des quatre pays d'Europe septentrionale ayant des F-104 à remplacer : Belgique, Pays-Bas, Danemark et Norvège. D'un coup, le marché triplait de volume, passant de 110 à 350 unités ! Les Américains n'avaient pas attendu pour se mettre sur les rangs, non plus que les Suédois, avec leur extraordinaire Viggen, baptisé pour l'occasion Eurofighter.

L'affaire est complexe et a connu de nombreux rebondissements. Plusieurs fois annoncée comme imminente, la décision fut sans cesse reportée.

Encore que le Viggen soit demeuré en course jusqu'au bout, la lutte s'est vite circonscrite entre les deux concurrents américains, les YF-16 et 17 de General Dynamics et Northrop, et le F-1 E français. Situons les combattants.

D'un côté un avion moderne certes, valorisé par un moteur qui s'annonce comme une réussite, mais appartenant à une technologie datant de quelques années déjà. C'est d'ailleurs ce qui, paradoxalement, fait sa force. Car face à des prototypes encore à l'origine de leur développement, le F-1 E apparaît comme un avion aérodynamiquement au point, doté d'un système d'arme proche de celui du F-1 de série et donc tout à fait au point lui aussi. Peu de risques de développement par conséquent (en temps et en argent) et la certitude de pouvoir disposer rapidement d'un avion opérationnel efficace.

Les deux appareils américains sont nés d'un programme de l'USAF lancé en avril 1972. Frappée des succès militaires et commerciaux des chasseurs « légers » français, l'Air Force a lancé voici trois ans un concours pour voir ce que l'on pouvait faire dans ce domaine avec des



avions de taille modeste mais de hautes performances. Simple curiosité ? Souci commercial aussi, car tous les pays ne peuvent s'offrir des Phantom de 24 tonnes, et au Northrop F-5 Volant à Mach 1,4, peuvent préférer un Mirage III ou 5 garanti pour Mach 2. Neuf constructeurs se mirent sur les rangs ; deux furent retenus, General Dynamics et Northrop.

Le YF-16 (la lettre Y prouve bien que dans l'esprit de l'USAF il s'agit de prototypes expérimentaux et non de modèles probatoires d'un avion opérationnel) fut le premier à voler, en février 1974. De façon bien insolite d'ailleurs puisqu'au cours d'un essai de roulement à grande vitesse, le pilote se retrouva en l'air et force lui fut de terminer un tour de piste de six minutes ! Le YF-16 a une silhouette très caractéristique avec sa grosse entrée d'air ventrale, surmontée d'un poste de pilotage en porte-à-faux couvert d'une immense bulle transparente monobloc. Il est équipé d'un réacteur Pratt et Whitney F-100 du même modèle que ceux utilisés sur le McDonnell-Douglas F-15 de l'USAF. C'est certainement là une des raisons qui ont milité en faveur du choix du F-16 par l'Air Force, qui simplifie ainsi notablement ses problèmes de rechanges. Ce réacteur donne plus de 11 tonnes de poussée à pleine puissance,

chiffre à rapprocher du poids total nominal de l'avion, inférieur à 10 tonnes !

Ainsi, le YF-16 peut-il monter à la verticale en accélération continue et franchir la barrière sonique dans cette phase de vol. Sa conception tient compte bien entendu des connaissances les plus récentes en matière d'aérodynamique et de technologie des matériaux. Mentionnons notamment la voilure à cambrure variable (volets de bord d'attaque et de bord de fuite positionnés automatiquement en fonction du nombre de Mach et de l'incidence), le prolongement vers l'avant de l'implanture de l'aile en deux longues arêtes effilées (apex) améliorant la stabilité aux grands angles d'attaque ; les commandes de vol électriques quadruplées (dans lesquelles les timoneries mécaniques classiques sont remplacées par des liaisons électriques) ; le siège du pilote incliné de 30° vers l'arrière pour accroître la capacité du pilote à supporter les accélérations. L'armement, outre un canon de 20 mm multitubes, comporte l'arsenal désormais habituel de bombes, missiles de tous ordres et réservoirs largables.

Concurrent malheureux pour le marché de l'Armée de l'Air américaine, le YF-17 de Northrop aura peut-être sa revanche auprès de l'US Navy. L'appareil est l'aboutissement de

10 ans d'études de Northrop sur le thème du successeur de leur F-5 Freedom Fighter, livré par les Etats-Unis à certains de leurs alliés au titre de l'aile militaire. De fait, le YF-17 ressemble beaucoup au projet Cobra, exposé au Bourget il y a deux ans : même voilure ultra-mince et de flèche modérée prolongée vers l'avant par des apex au-dessus des entrées d'air, même implantation bizarre des deux dérives inclinées à mi-chemin entre la voilure et l'empennage horizontal.

Malgré cet acquis non négligeable, le YF-17 a commencé ses essais avec cinq mois de décalage sur son adversaire. Handicap vite rattrapé par l'emploi d'une méthode unique dans l'histoire des essais en vol, à ce stade de mise au point d'un avion nouveau : le ravitaillement en vol. Certaines sorties ont donné lieu à trois ravitaillements par un KC-135. Résultat : le temps d'essais qui devait être réparti sur douze mois a été acquis en six mois et demi !

Plus grand et plus lourd que le YF-16, le poulain de Northrop comporte deux réacteurs General Electric YJ-101 de 6 250 kg de poussée, ce qui a relancé, bien entendu, la querelle du mono et du biréacteur. L'USAF, depuis, a tranché. Toujours est-il qu'avec son poids au décollage pour la mission de base de l'ordre de 11 tonnes, le YF-17 est lui aussi un super-grimpeur. Sa maniabilité est donnée comme étant exceptionnelle, ce qui est logique compte tenu de la surface importante de la voilure qui, en revanche, le pénalise en ce qui concerne le Mach maximum et la tenue aux rafales à basse altitude. On ne saurait tout avoir... Nous l'avons dit, le Northrop n'a pas été retenu par l'USAF, mais il demeure en compétition pour une commande éventuelle de la Navy.

D'autres compétitions

Les deux *Light Weight Fighters* américains ont ensemble ce point commun d'être encore très éloignés de leur version opérationnelle. Pour passer du YF-16 au F-16 A représentatif d'une éventuelle version de série, il faudra 15 avions de pré-série et trois à quatre années de travail. Bien entendu, tout le travail qui reste à faire représente une somme réelle d'incertitudes financières qui laisse planer quelques doutes sur les prix avancés par General Dynamics, très inférieurs, à l'origine, à ceux du F-1 E. Faut-il rappeler l'escalade du F-111 en cette matière ?

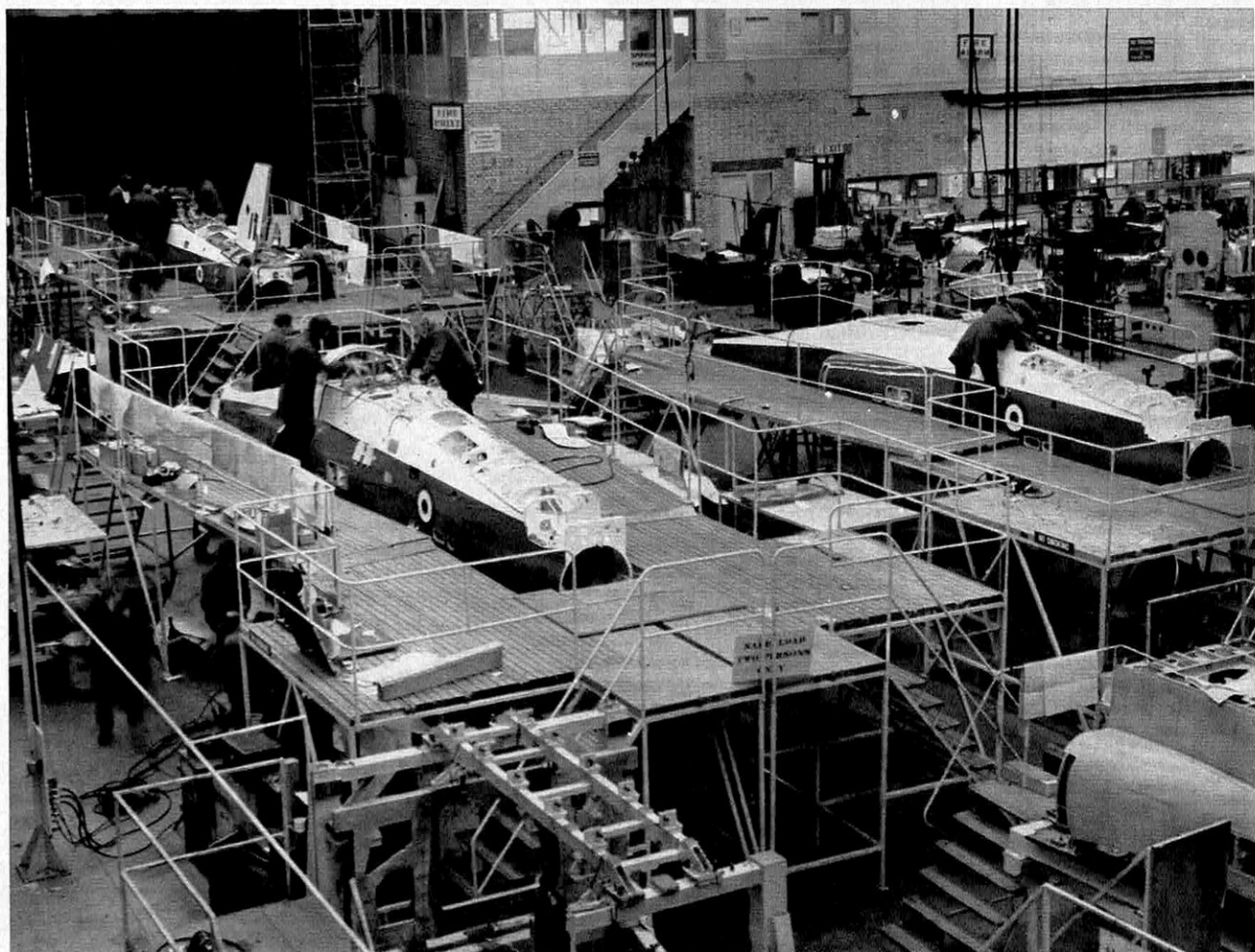
La proposition française paraît sur ce point beaucoup plus sûre puisque le Gouvernement français a offert à ses partenaires éventuels des garanties très explicites et des clauses contractuelles rigoureuses limitant les conséquences de l'inflation. D'autre part, Dassault-Breguet propose une organisation industrielle en source unique (ce qui n'est pas vrai pour les Américains), garantissant aux partenaires, dans tous les domaines, d'être intéressés à la production de tous les avions vendus dans le monde entier, sans limitation de temps ou de quantité. Comme

il y a de 2 000 à 4 000 appareils de cette catégorie à remplacer d'ici 1985, on voit la portée d'un tel accord. Les Belges connaissent mieux que quiconque les avantages de cette formule : au terme actuellement prévisible de la chaîne des Mirage III/5, les commandes passées par l'industrie française au titre des compensations accordées lors de l'achat de 106 Mirage 5 dépasseront 75 % des dépenses.

Peut-être l'issue de la compétition F.1-E - YF-16 sera-t-elle connue au moment de la parution de ce numéro. Elle aura sans doute de quoi surprendre puisqu'il est probable qu'il n'y aura pas de « marché du siècle ». Tout permet de croire que la partie « F.1-E » va se jouer entre deux partenaires seulement, la France et la Belgique.

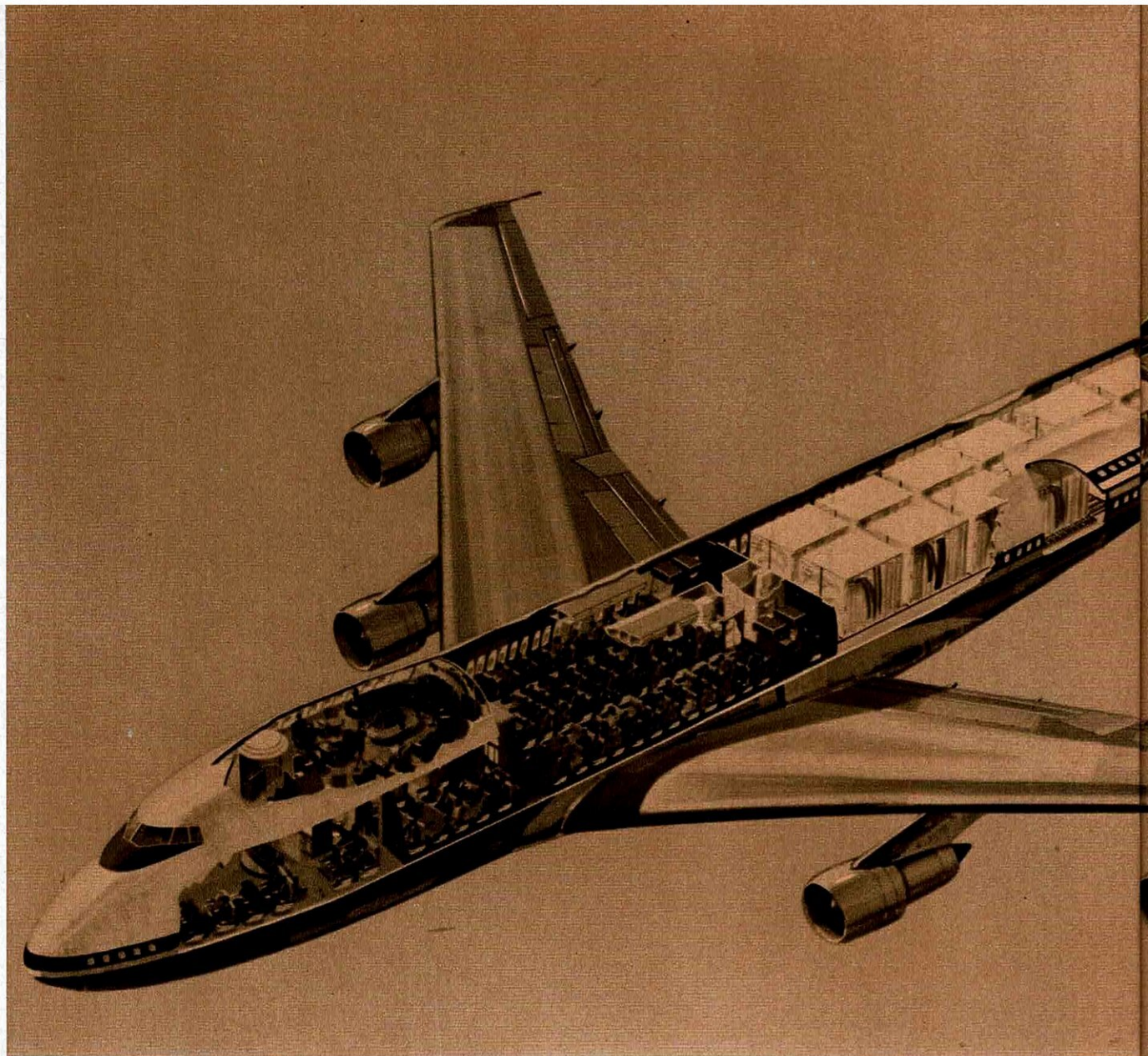
Imbattable jusqu'ici pour les avions de combat de moyen tonnage, l'industrie française n'avait jusqu'ici rien à opposer dans la classe au-dessus (celle des avions de 20 à 25 tonnes) aux F-14 et F-15 américains. Il s'agit là d'appareils complexes et onéreux, tant à l'achat qu'à la mise en œuvre, mais que leurs hautes performances et leur souplesse d'emploi rendent très séduisants aux yeux des pays les plus fortunés. Ils sont en fait, actuellement, les seuls à pouvoir tenir tête aux plus récents modèles de Mig, et disposer de l'un ou l'autre de ces avions devient une nécessité dès lors que se répand du matériel soviétique du dernier modèle. C'est ainsi que l'Iran ayant choisi le F-14 à géométrie variable, s'est trouvé dans la situation de renflouer financièrement Grumman... Les prix du F-14 ayant en effet quelque peu gonflé au cours du développement, la Navy témoigna sa mauvaise humeur en refusant de payer le nouveau prix. Les intérêts des crédits bancaires risquaient de mettre Grumman en péril lorsque l'Iran, en échange de sa commande, proposa de prendre une part de son capital. Le Gouvernement américain ne pouvait, naturellement, accepter de voir un pays étranger prendre une part importante dans l'un des principaux fournisseurs de sa défense nationale. L'acompte substantiel versé par l'Iran sur sa commande n'en fut pas moins très apprécié.

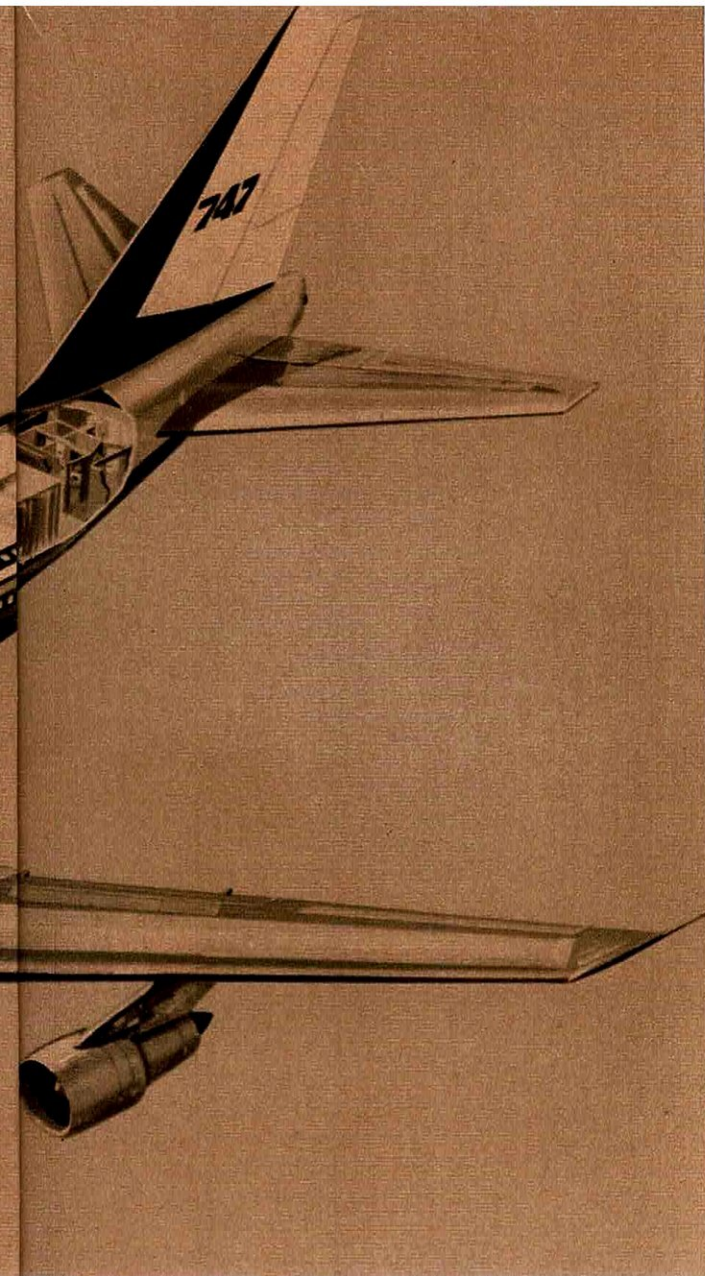
Le F-15, quant à lui, intéresse beaucoup les Israéliens qui craignent de voir un jour prochain des Mig 23 au-dessus du Golan et du Sinaï. Puissant biréacteur à géométrie fixe, le F-15 vient de se faire remarquer par une série de records de vitesse ascensionnelle. L'avion, certes, était un peu « trafiqué », étant notamment allégé au maximum. Mais les chiffres n'en laissent pas moins rêveur : 59,4 secondes pour monter à 12 000 mètres, moins de 123 secondes pour les 20 000 mètres, 207 secondes pour les 30 000 mètres ! Si elle coûte cher, la surmotorisation a quelquefois du bon. Le F-15 sera l'une des vedettes du prochain Salon, point de départ d'une tournée de démonstration en Europe. Qui les Américains comptent-ils séduire ? Les Allemands d'abord, peut-être ensuite les Anglais et les Italiens.



Le concurrent de l'Alpha-Jet est britannique. C'est le Hawker Siddeley Hawk. Parti en retard, cet

appareil va peut-être marquer des points grâce à une pré-série de 12 exemplaires en construction.





Là encore s'engage un match Europe-USA (MRCA contre F-15) que la France, cette fois, regardera de loin. C'est il y a plus de sept ans que la Grande-Bretagne, l'Allemagne, l'Italie et la Hollande décidèrent de lancer en commun l'étude d'un avion de combat à géométrie variable. C'était alors la mode. L'enfant a eu une gestation difficile, l'enveloppe des crédits nécessaires au développement ne cessant de se gonfler au fil des années et le retard s'accroissant régulièrement. A tel point qu'au lancement effectif des prototypes, les partenaires n'étaient plus que trois, les Pays-Bas ayant renoncé à participer à une entreprise trop onéreuse et ne correspondant plus à leurs besoins.

Il semble bien que l'on ait voulu trop en faire. Le Panavia Tornado (Panavia est la firme multinationale qui regroupe les participants industriels) était sensé en effet assurer toutes les missions, de l'attaque au sol à l'interception en versions mono ou biplace. Si nous parlons au passé, c'est qu'il apparaît aujourd'hui que le programme était un peu ambitieux et que toutes les missions ne pourront pas être remplies de façon satisfaisante dans la définition actuelle du MRCA. Toujours est-il que le programme d'essais en vol se déroule très lentement et on peut se demander si le MRCA ne sera pas dépassé techniquement lorsqu'il apparaîtra dans les formations de la Royal Air Force (385 avions prévus), de la Luftwaffe (322 appareils) et de l'Armée de l'Air italienne (100 avions).

La plus grande partie des soucis vient, semble-t-il, des réacteurs Turbo Union RB-199, développés en commun par Rolls-Royce, MTU et Fiat sur une étude britannique. La théorie de Dassault selon laquelle c'est jouer avec le feu que de combiner une cellule nouvelle et un réacteur nouveau paraît se confirmer une fois de plus. Des délais dans la mise au point du moteur du Panavia étaient déjà à l'origine du retard du début des essais en vol. On dit aujourd'hui qu'il pousse moins que prévu et consomme plus... Les Allemands auraient même envisagé, pour la mission de supériorité aérienne, de développer une nouvelle version du Tornado équipée de deux réacteurs français M-53.

Dans ce contexte incertain, les Américains poussent leurs pions: ils seraient prêts à adopter le char lourd Leopard pour l'US Army en échange d'un abandon du Tornado au profit d'une flotte mixte de McDonnell-Douglas F-15, de General Dynamics F-16 et de Fairchild-Hiller A-10 d'attaque au sol. Ce serait la fin du MRCA, car ce programme déjà coûteux pour

Avec le 747, Boeing a produit l'un des meilleurs outils du transport aérien, fiable et sûr et surtout d'une grande souplesse d'emploi. La version « Combi » peut emporter du fret et des passagers. Quant au 727 (ici, la version Advanced 200), le chiffre de ses commandes se passe de commentaires: près de 1 300 exemplaires. Un record absolu qui ne sera pas battu de sitôt. Et tout permet de croire que ce n'est pas fini...

800 appareils se justifierait difficilement pour à peine plus de 500. La Royal Air Force se retrouverait, une nouvelle fois, privée de son avion de rêve à géométrie variable.

L'Avion de Combat Futur

Sa première frustration vint, il y a une dizaine d'années, de la « mauvaise volonté » française. Dassault avait été chargé de concevoir, avec la British Aircraft Corporation, un avion de combat à flèche variable. A cette époque, à Saint-Cloud, le prototype du Mirage G expérimental était déjà presque terminé et les ingénieurs français, forts de leurs expériences, entendaient imposer leurs vues qui avaient déjà dépassé le stade de la théorie. De réunions techniques en conférences, les choses n'avançaient guère et, bientôt, la France abandonna le projet. L'expérimentation du Mirage G fut poussée très loin avec plein succès, tandis qu'étaient construits deux prototypes d'un avion opérationnel biréacteur, les G 8 A. Tout cela pour découvrir finalement que l'on savait très bien faire en France un avion à géométrie variable mais que pour un avion de 20-25 tonnes, les avantages de cette formule étaient insuffisants pour équilibrer l'accroissement de prix, de poids, de complexité technologique et de mise en œuvre. Des essais en vol systématiques permirent de déterminer la flèche optimale (55°) que devait avoir une voilure fixe pour offrir le meilleur compromis de poids, de finesse aérodynamique et de résistance structurale.

L'avion de Combat Futur de l'Armée de l'Air, en cours de construction chez Dassault-Breguet, sera une application de cette philosophie. Deux versions sont prévues : un monoplacement pour l'interception et la supériorité aérienne ; un biplace pour la pénétration basse altitude et la reconnaissance. Les cellules seront identiques et les seules différences intéresseront l'électronique, le radar en particulier. Les dimensions du Super-Mirage lui permettront de recevoir un radar dont l'antenne aura près d'un mètre de diamètre, ce qui contribuera à augmenter la portée au double de celle du radar du Mirage F-1, soit une centaine de kilomètres.

Le Super-Mirage, dont un prototype doit voler à la fin de l'année prochaine, fera la somme des dernières améliorations technologiques connues : chaînes de commande électriques ; utilisation de 20 % de titane dans la structure pour lui permettre de supporter les échauffements de Mach 2-5, soudures obtenues par bombardement électronique, éléments en fibres imprégnées, etc. Pesant de l'ordre de 20 tonnes au décollage, le Super-Mirage décollera en 500 mètres et grimpera à 15 000 m en moins de cinq minutes sous la poussée de deux SNECMA M-53.

Ces performances risquent d'ailleurs d'être améliorées, puisque la SNECMA espère tirer jusqu'à 10 tonnes de poussée à sec du M-53, et 12 tonnes au moins avec post-combustion.

L'Armée de l'Air fait de cet avion la clef de voûte de sa stratégie dans les quinze années qui viennent mais, paradoxalement, un succès français dans le « marché du siècle » risque de contrarier ses projets. La France, en effet, s'est engagée auprès de ses partenaires à acquérir autant de F-1-M-53 que le plus gros acquéreur, c'est-à-dire la Belgique. Or cet avion n'est pas inscrit dans les plans à long terme de l'Armée de l'Air qui ne prévoyait dans ses escadres de première ligne que des Mirage III, Mirage F-1, Jaguar et Super-Mirage. Reste à résoudre aussi l'aspect budgétaire du problème : comment financer les F-1-M-53 et lancer en même temps un projet aussi onéreux que le Super-Mirage ? Une solution consistera peut-être à revendre à l'étranger les F-1 standard, appareils pour lesquels les délais de livraisons sont actuellement de plus de deux ans.

Pour en terminer avec les projets militaires français, disons un mot du biplace Alpha Jet qui subit depuis un an certains des inconvénients de la coopération internationale. Quatre avions volent et le réacteur est au point. On devrait être à un peu plus d'un an de la sortie du premier de série, mais celle-ci n'est pas encore lancée. L'Armée de l'Air, pourtant, est pressée de remplacer ses Fouga-« Magister » épuisés par quinze années de travail en écoles. La Luftwaffe, quant à elle, est moins pressée. Ses pilotes, formés depuis quinze ans aux USA, sur du matériel et par des instructeurs américains, voient d'ailleurs d'un mauvais œil tout ce qui vient d'Europe.

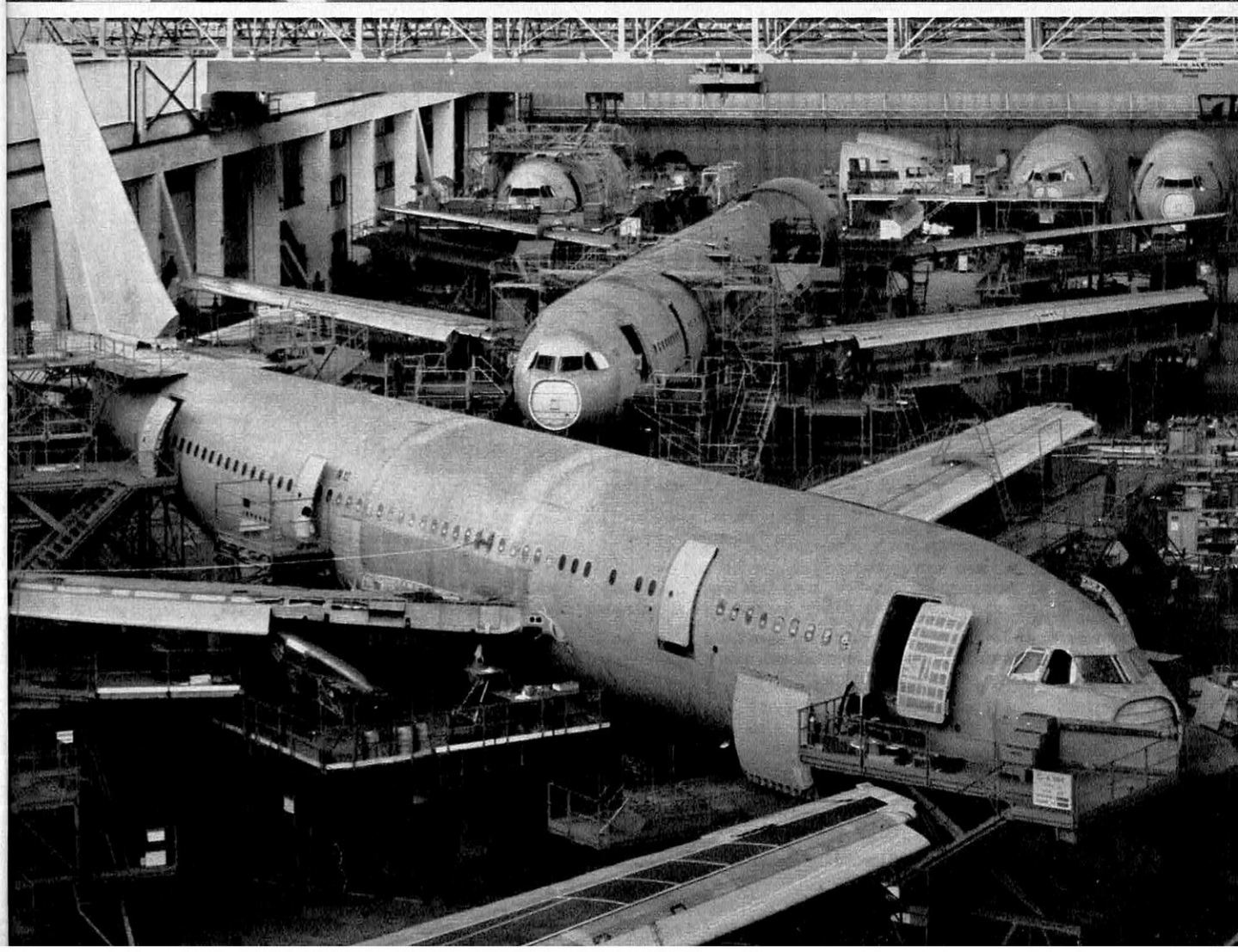
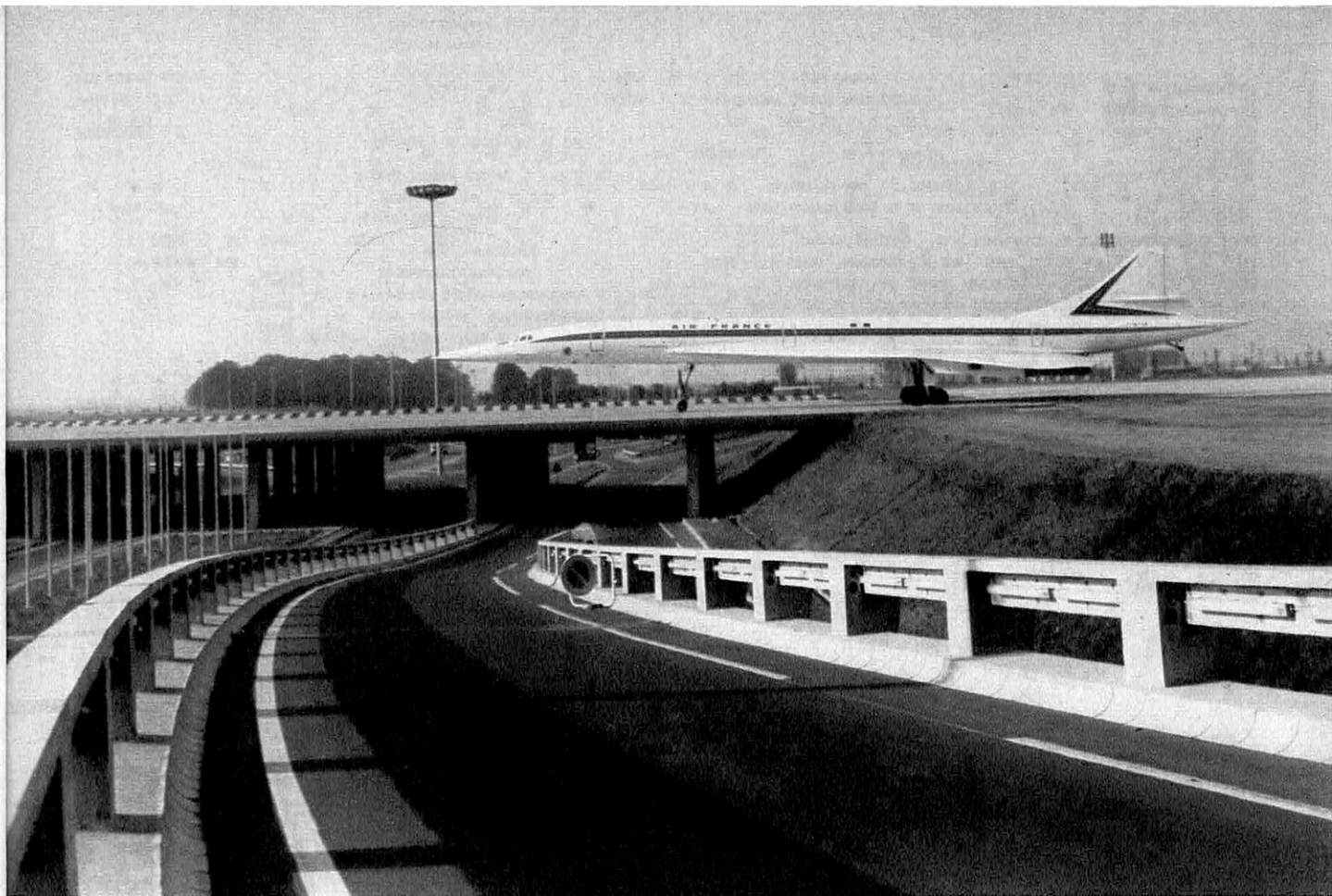
L'attaque au sol a toujours été une mission secondaire de l'Alpha Jet, mais la Luftwaffe a cru pouvoir en faire la mission principale de sa version. Que l'Alpha Jet, bien que supérieur au G-91, puisse paraître un peu « court » en motorisation, et un peu « léger » en armement pour certains types de missions, n'a pas de quoi surprendre. Toujours est-il que liée par ses accords internationaux, la France n'a pas pu aller de l'avant dans le programme de production, tant pour satisfaire ses besoins propres que pour assurer les meilleures chances à cet avion sur les marchés d'exportation. Il existe en effet un marché de plus de 1 000 appareils de cette classe et le Hawker-Siddeley Hawk, parti beaucoup plus tard, risque d'être disponible beaucoup plus tôt, la Royal Air Force étant décidée à « sacrifier » ses propres besoins à ceux de l'exportation.

Concorde et Airbus débouchent en pleine crise économique ! Les qualités exceptionnelles de ces deux appareils auraient pourtant dû leur valoir le succès.

Avec son entrée en service en 1976, Concorde verra-t-il son horizon s'éclaircir ?

Quant à l'Airbus, réussite technique indiscutée, il est trop gros pour les uns et trop petit pour les autres.

Il a surtout le défaut de ne pas être américain, malgré ses réacteurs...



D'autres programmes européens

En dehors de ces programmes en cours d'exécution, quels pourraient être les besoins d'avions militaires en France dans les années qui viennent ? Tempérés par les exigences budgétaires, les militaires devront limiter leurs ambitions. Les marins vont armer dans deux ans les premières flottilles de Super-Etendard, derniers avions embarqués sur les porte-avions Foch et Clemenceau avant leur réforme. Il s'agit d'une version du bon vieil Etendard, modernisée sur le plan de la motorisation, de l'aérodynamique et du système d'armes. La « Royale » peut aussi espérer lancer le développement d'une nouvelle génération de Dassault-Breguet Atlantic, la même cellule enveloppant un nouveau système d'armes. Mais la Marine Nationale parviendra-t-elle à convaincre ses sœurs européennes (Allemagne, Hollande, Italie) de faire cause commune avec elle ?

L'Armée de l'Air, de son côté, avait pensé pouvoir lancer cette année les premières études d'un ravitailleur en vol destiné à compléter puis remplacer ses onze KC-135 en service. Elle pensait aussi pouvoir financer des avions de veille électronique à haute altitude. Une version de l'Airbus et un dérivé de l'Atlantic avaient été envisagés pour ces deux missions. Le premier programme est reporté, le second sera réalisé plus économiquement en modifiant des avions existants. Reste la succession de l'incroyable Noratlas, digne successeur du DC-3. En dépit de sa robustesse devenue légendaire, le N-2501 devra bien un jour laisser la place à un appareil plus moderne. Après l'échec du Breguet 941 à voilure soufflée, succès technique mais trop onéreux en exploitation, il faudra trouver une autre formule applicable à un transport tactique. L'Aérospatiale, depuis longtemps déjà, s'est penchée sur le problème. La parole, maintenant, est aux financiers... Ce programme nouveau viendrait à point pour conforter la division « Avions », de la SNIAS, durement éprouvée par la récession du transport aérien.

Dans l'euphorie d'un transport aérien doublant tous les cinq à six ans, et forte de l'expérience acquise avec la Caravelle, notre industrie aéronautique a eu le courage de vouloir affronter le monstre américain sur un marché international devenu un quasi monopole. Trois grands programmes furent lancés qui, réalisés dans le cadre d'organisations internationales, n'en sont pas moins nés en France et n'auraient pas vu le jour sans le financement du Gouvernement français. Concorde, Airbus, Mercure, sont d'authentiques réussites techniques. Mais cela ne suffit pas. La vraie force des constructeurs américains réside dans l'appui qu'ils trouvent dans un marché national considérable. Quand un projet Boeing ou Douglas commence sa carrière avec deux ou trois commandes de transporteurs américains représentant entre 50 et 100 avions, il peut faire son entrée sur les marchés internationaux avec d'autres atouts que les programmes

européens. Une demi-douzaine de Concorde pour British Airways et Air France, autant d'Airbus pour Air France et Lufthansa, 10 Mercure pour Air Inter, c'est peu. Pendant ce temps, les compagnies européennes — y compris celles des pays participant à ces programmes — poursuivent leurs achats aux USA. Des Tristar en Grande-Bretagne au lieu des Airbus, des Boeing 727 et 737 ou McDonnell Douglas DC-9 en Belgique, en Espagne, en Italie, au lieu du Mercure au financement duquel les gouvernements de ces pays ont participé. Il ne peut y avoir d'industrie européenne d'avions de transport s'il n'y a pas, derrière, un marché européen assuré.

Avec ces avions et quelques autres, comme les Fokker-VFW, les ingénieurs européens ont démontré qu'ils pouvaient faire aussi bien et parfois beaucoup mieux que leurs collègues d'outre-Atlantique. Mais leur talent est peine perdue si des séries suffisantes pour atteindre des seuils de prix compétitifs ne peuvent être lancées avec la clientèle des pays qui participent à ces mêmes projets. Si une telle politique commune ne peut être réalisée, il vaut mieux avoir le courage d'abandonner une industrie que l'on s'accorde à faire survivre sans lui faire assez confiance pour lui donner les moyens de vivre.

Le marché du transport aérien

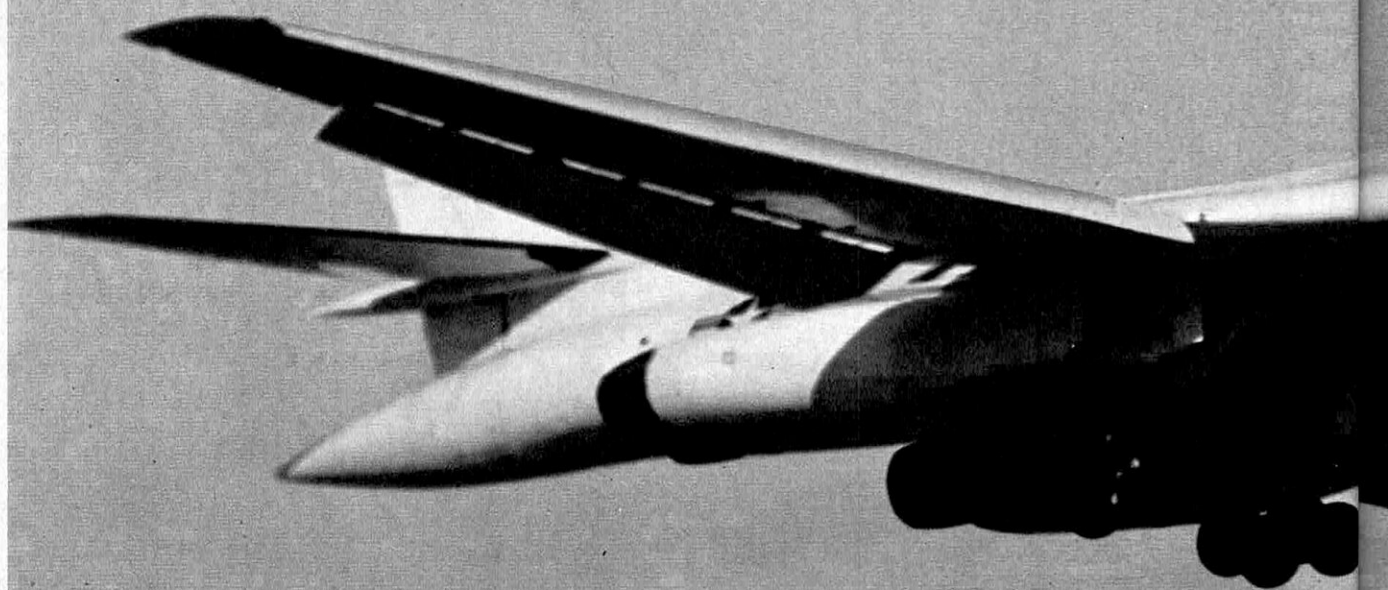
En 1975, l'industrie américaine exportera 244 avions de transport représentant une valeur de 3 milliards de dollars ! Près d'un quart de ces avions seront destinés à des transporteurs européens. Et les trois-quarts sortiront des usines de Boeing qui, en dépit de la crise, a vendu 188 avions en 1974 ! La vedette est tenue par les 727 dont les ventes représentent un record absolu en matière d'avions de transport à réaction (avec 1 300 unités vendues) mais l'on découvre avec surprise qu'au bout de douze ans, la famille des 707 civils est encore en production. Faire front à cette mécanique bien rodée qui a produit presque 2 500 appareils de transport découlant tous des uns des autres (à l'exception du 747) demande évidemment beaucoup de courage et de détermination. Outre les Européens, c'est pourtant ce que tentent de faire McDonnell-Douglas et Lockheed.

La série des DC-10 ne se vend pas trop mal et celle des DC-9 poursuit son bonhomme de chemin, sans cesse modernisée et allongée. Lockheed a moins de succès avec son Tristar qui pèse lourdement sur la situation financière de son promoteur, en équilibre plus qu'instable depuis cinq ans. Même si le programme Tristar ne se termine pas par une catastrophe financière, on voit mal où Lockheed pourrait trouver les moyens de se lancer dans de nouveaux projets. Ce sera pourtant d'ici peu une nécessité pour les constructeurs d'avions de transport.

Les motoristes, de tous temps, ont cherché à concevoir des réacteurs moins gourmands, moins bruyants, moins polluants. Les Jumbo Jets



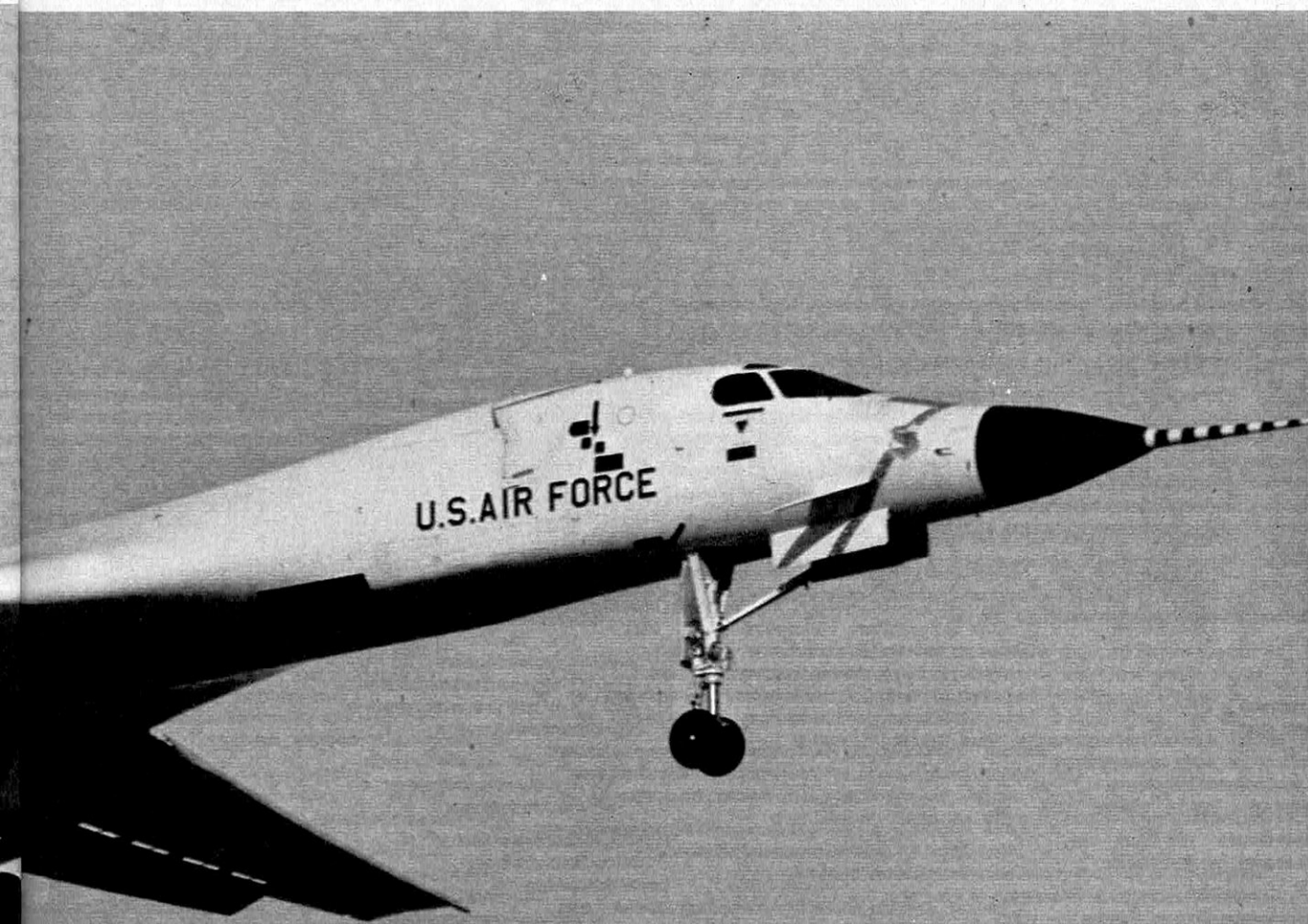
Le RB.211, développé pour le Lockheed Tristar, devait être l'apothéose de Rolls-Royce. Sa mise au point difficile a manqué coûter son existence à son constructeur, ainsi qu'à Lockheed d'ailleurs...



(Boeing 747, DC-10, Tristar, Airbus) sont nés autour des premiers réacteurs de grande puissance issus de l'application de cette triple philosophie ; il s'agit de longs-courriers. Pour les réseaux plus courts, les choses étaient beaucoup moins avancées lorsque la crise de l'énergie est survenue, en concordance dans le temps avec une mode écologique qui touche parfois les frontières du ridicule. Aujourd'hui, le temps est venu pour les flottes de courts et moyens-courriers de se mettre au goût du jour. Dans une première étape, on a modernisé, par l'adaptation de soufflantes plus ou moins importantes, des réacteurs éprouvés.

C'est le cas du Pratt et Whitney JT 8 D 17 (qui a derrière lui 80 millions d'heures de vol) et qui,

dans ses versions D 17 puis D 117 puis enfin D 217, verra sa poussée augmenter et sa consommation diminuer au fur et à mesure que la soufflante prend de l'importance. Il trouvera ses premières applications dans des versions évoluées d'appareils existants (DC 9, Boeing 727 et 737 notamment). Mais il se posera ensuite quelques problèmes, car l'accroissement du diamètre des moteurs et de la poussée unitaire conduira inévitablement au lancement de nouveaux projets. Ainsi Boeing propose bien une version 300 B de son 727, équipée de réacteurs à soufflante. Mais le chantier est onéreux (100 millions de dollars) et long : les premiers avions voleront en 1978. Ne vaut-il pas mieux, à quelques mois près, attendre les appareils nouveaux conçus autour



Le bombardier B.1 de Rockwell International, porte le prestige et les espoirs de l'industrie aéronautique américaine. Sa voilure à flèche variable devrait lui assurer une souplesse d'emploi sans égal, de Mach 2 et plus à haute altitude au subsonique élevé au ras du sol pour la pénétration. Entrée en service vers 1978.

des réacteurs de troisième génération que sont le CFM-56 de SNECMA-General Electric et le JT 10-D de Pratt et Whitney ? La France, en cette affaire, aura peut-être quelque chose à proposer. Cela n'aurait pas grand sens, évidemment, de financer le développement d'un moteur nouveau sans prévoir de construire quelque chose autour.

Telle était bien l'idée en France lorsque la SNECMA fut autorisée à se lancer, en coopération avec GE, dans la mise au point du CFM-56. Bien des hypothèses pouvaient être envisagées. Deux paraissaient logiques : une extrapolation quadriréacteur long-courrier de 200 places de l'Airbus et un moyen-courrier résultant de l'optimisation de la cellule ultra-moderne du

Dassault-Breguet Mercure en lui adaptant des réacteurs dignes d'elle. En partant ainsi de deux cellules modernes, en début de carrière, les industriels européens pourraient avoir de bonnes chances de marquer des points vis-à-vis de leurs collègues américains qui eux, n'ont en mains que des cellules vieilles de 15 ans, peu justifiables de moteurs modernes.

Alors que Airbus Industrie et Dassault-Breguet (avec la coopération industrielle de l'Aérospatiale) pourront offrir dès 1979/1980 et à moindre frais, des appareils modernes, les Américains devront entreprendre des études nouvelles s'ils veulent réellement tirer le meilleur des moteurs mis à leur disposition. On devrait savoir, dans les mois qui viennent, quel sera le

sort de l'Airbus B-11 (4 CFM 56, 11 000 km de distance franchissable, 180 à 200 passagers) et du Mercure-CFM 56 ou Super Mercure (2 CFM 56, 2 500 km de distance franchissable, 168 places) qui, l'un comme l'autre, devraient être susceptibles d'intéresser les compagnies européennes, si toutefois elles veulent bien (soutenues par leurs Gouvernements) faire preuve d'un peu plus d'objectivité vis-à-vis des matériels mis au point de ce côté de l'Atlantique.

Le Gouvernement français, pour sa part, n'a pu aller jusqu'au bout de ses intentions qui étaient d'imposer à Air France de remplacer ses Caravelles vieillies par des Mercures ; non pas pour le plus grand bénéfice des constructeurs mais pour celui de la balance des paiements, chaque avion construit en Europe à la place d'un autre acheté aux USA représentant une masse appréciable de dollars préservée pour d'autres besoins essentiels. Par ailleurs, au nombre de ses qualités, le Mercure offre celle d'une grande efficacité aérodynamique se traduisant par la plus faible consommation par siège de tous les appareils de la même catégorie. Pour chaque tranche de 20 000 heures de vol effectuée par des Mercure au lieu de Caravelle 3, on économise 19 % en heures de vol et 6 500 tonnes de carburant ! En offrant en plus 1 000 000 de places supplémentaires... La relance du Mercure aurait permis de donner du travail à la SNIAS qui aurait repris la part de Dassault. En même temps était ouverte la voie au lancement du Mercure-CFM 56 ou Super Mercure.

Pour l'essentiel, les deux cellules sont en effet identiques et la production pourrait glisser sans à-coup de l'un à l'autre modèle. Le nouvel appareil répond bien aux besoins des compagnies européennes et pourrait trouver de ce côté de l'Atlantique un marché initial d'une centaine de machines. Dans la mesure où l'industrie américaine, pour tirer le meilleur profit des prestations du nouveau moteur, sera contrainte au lancement de projets inédits, le succès du Super Mercure arrivant tôt sur le marché avec des avantages opérationnels remarquables, n'est pas une utopie.

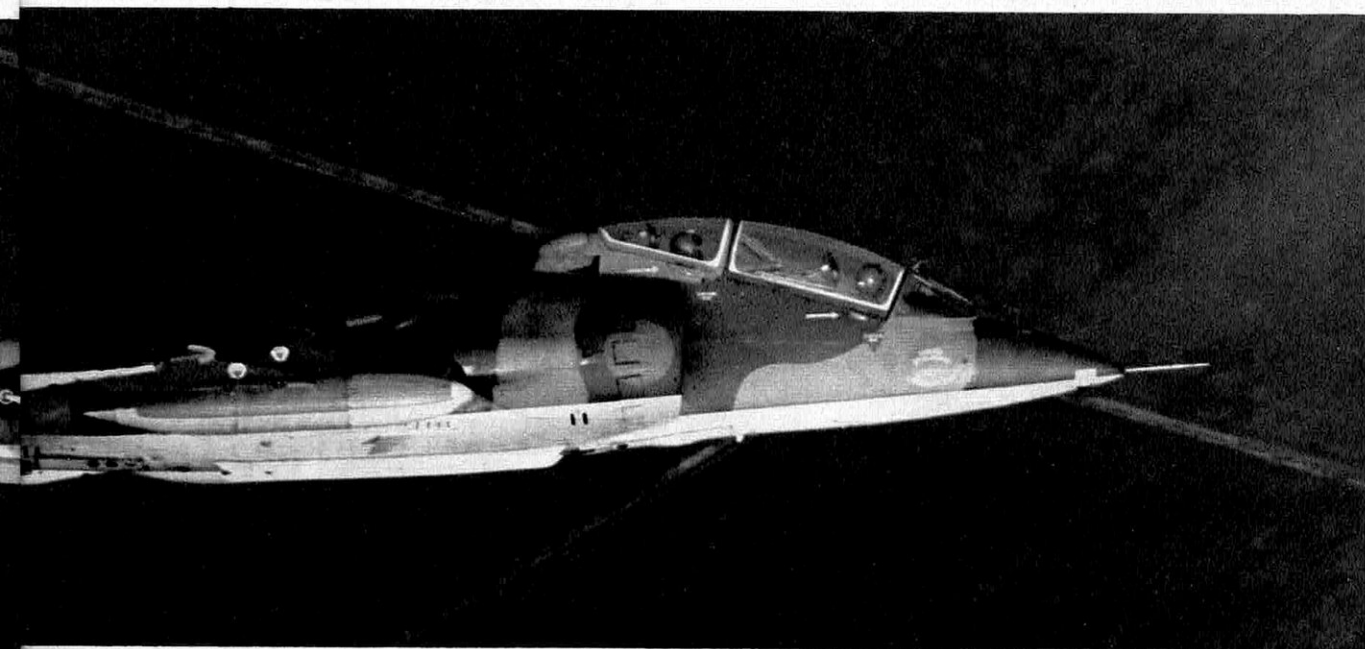
Et les hélicoptères ?

Les hélicoptères représentent un autre marché sur lequel les industries européennes et américaines s'affrontent vigoureusement. On avait pu croire que la fin de la participation américaine à la guerre du Vietnam, en libérant le formidable potentiel de Hughes, Bell et Sikorsky, mettrait les autres producteurs en difficulté. Les choses, jusqu'ici, ne se sont pas trop mal passées et l'Aérospatiale (premier constructeur d'hélicoptères hors des USA) est parvenue à des résultats spectaculaires. Agusta, en Italie, poursuit ses activités à la cadence de quelques dizaines d'unités par an tandis que Bolkow, en Allemagne, marque des points, sur son marché et à l'exportation, avec son Bo 105 biturbine.

Un chiffre, à lui seul, situera le succès de la



Unique en son genre en Occident, le Hawker Siddeley Harrier à décollage vertical équipe la Royal Air Force et a su séduire les Marines américains. Sa version biplace, représentée ici, est en



service de part et d'autre de l'Atlantique. Le décollage vertical, toutefois, n'est possible qu'avec une charge militaire réduite, mais l'avion peut décoller à un poids supérieur en roulant quelques

dizaines de mètres. Quant au Jaguar, très décrié avant sa mise en service, il est en fait très prisé de ses utilisateurs. Il commence une carrière internationale qui peut être longue.



Version opérationnelle très améliorée du Jet Provost d'entraînement, le BAC 167 d'attaque au sol poursuit un

Division Hélicoptères de l'Aérospatiale : près de 500 machines vendues en 1974, résultat dépassant nettement celui de l'année-record précédente, 1971 (355 appareils). Outre les qualités unanimement reconnues de ses machines, l'Aérospatiale a pour elle d'avoir su constituer une gamme homogène systématiquement améliorée et développée. Entre le Lama (successeur de l'Alouette II) 2 tonnes, 5 places, et le Super Frelon tri-turbine de 12 tonnes et 27 places, s'intercalent l'Alouette III (2 tonnes, 7 places), la Gazelle (1 800 kg, 5 places), le Dauphin (2 800 kg, 10 places), le Puma (6 400 kg, 16/20 places).

Pour la production de la Gazelle et du Puma (création du bureau d'études de Marignane) l'Aérospatiale coopère avec Westland qui bénéficie ainsi du succès de ces deux machines, par ailleurs utilisées par les Forces armées britanniques. A l'inverse, l'Aérospatiale participe à la production du Lynx, dessiné à Yeovil et que la Marine Nationale doit embarquer ces prochaines

années sur certains de ses bâtiments.

Forcément incomplet, car l'industrie aéronautique bourgeoise un peu partout dans le monde à des degrés divers, ce panorama des grands problèmes de l'heure ne serait pas acceptable si nous n'évoquions certains grands programmes américains.

Du B-1 à l'AMST

Deux programmes méritent particulièrement que nous nous y attardions un peu : le bombardier supersonique B-1 et les avions de transport militaire AMST.

Pour fixer les idées, disons que le Rockwell International (ex North-American) B-1 est un Concorde de bombardement à géométrie variable. Enorme projet : 244 appareils à produire entre 1976 et 1985 pour un budget dépassant 90 milliards de francs. Quelques chiffres pour situer ce nouveau vecteur nucléaire américain : 180 tonnes au décollage ; Mach 2-2 en altitude ; vol transsonique à très basse altitude



Un arrière respectable : 130 appareils vendus.

rêt sur le plan technique. Il s'agissait de réaliser un appareil capable de décoller en 600 m avec une charge marchande supérieure à 12 tonnes et de voler ensuite à une vitesse de croisière de 740 km/h minimum. Le transport tactique idéal, en somme, que Boeing et McDonnell Douglas ont été chargés de réaliser avec les prototypes YC-14 et YC-15. Les deux avions voleront en 1976 et l'un d'eux sera éventuellement retenu pour une production de série qui devrait aboutir vers la fin de cette décennie.

Le Boeing est équipé de deux réacteurs de grande puissance (des CF 6 de 22,5 tonnes) disposés au-dessus de l'aile très près du fuselage. L'énorme flux débouche tangentiellement à l'extrados de l'aile (Upper Surface Blowing ou USB) et se répartit tout le long de l'aile en étant défléchi vers le bas par des volets (effet Coanda). Sur le McDonnell-Douglas, quatre réacteurs classiques (P et W JT 8 D 17) sont disposés en avant de la voilure sur des supports très courts de telle sorte que leur jet, mélangé à de l'air froid par des tuyères spéciales, sera dirigé directement sur des volets à double fente. L'expérimentation des deux concurrents promet d'être des plus intéressantes.

Nationaliser n'est pas tout

Engagées dans une nouvelle phase de mutation technique accélérée, les industries aéronautiques sont aussi à la merci, dans certains pays, d'évolutions politiques importantes dont il convient de dire un mot.

Entre les deux structures extrêmes (la très libre entreprise américaine et l'industrie entièrement étatisée soviétique), les industries française et britannique se trouvent dans un statut intermédiaire. Notons tout de suite au sujet de l'industrie soviétique que l'efficacité économique du pesant système étatique n'a jamais été démontrée en ce qui concerne les matériels civils.

L'industrie britannique, entièrement indépendante au lendemain de la guerre, est entrée dans la voie des nationalisations au fil des déconfitures de gestion : Short Brothers et Harland il y a quelques années déjà, Rolls-Royce beaucoup plus récemment. Le débat est aujourd'hui relancé à froid par le Gouvernement travailliste qui souhaite regrouper les deux principaux groupes privés de cellules, British Aircraft Corporation et Hawker-Siddeley, en une puissante British National Aerospace Corporation qui pourrait faire le poids en Europe avec notre Aérospatiale.

C'est en fait une punition qui est infligée à l'industrie à laquelle il est reproché de n'avoir pas utilisé avec suffisamment d'efficacité les aides du Gouvernement, notamment en matière d'avions civils. Le fait est évident et les chiffres donnés au début de cette étude témoignent du mauvais rendement de l'industrie britannique. Ce que l'on voit moins bien c'est en quoi le fait de nationaliser va stimuler le génie inventif d'ingénieurs découragés ou l'activité industrielle

(suivi de terrain) ; 11 000 km de distance franchissable à Mach 0,85 sans ravitaillement en vol ; 15 à 35 tonnes de « charge utile » selon la distance franchissable envisagée, dont des missiles de courte et moyenne portée ; possibilité de décollage dans les quatre minutes suivant l'alerte.

Au nombre de ses caractéristiques techniques les plus intéressantes, outre la géométrie variable, retenons le LARC (pour Low Altitude Ride Control) qui est un système détecteur de rafale agissant via le pilote automatique sur des gouvernes spéciales qui amortissent l'effet des « chocs » atmosphériques, très durs à basse altitude et Mach élevé. Le B-1 n'en est encore qu'au début de ses essais en vol mais paraît devoir tenir ses promesses.

Lancé effectivement en novembre 1972 par le choix de deux prototypes, le programme AMST (pour Advanced Medium STOL Transport), représentera des budgets moins spectaculaires que le B-1, mais présente au moins autant d'inté-



d'effectifs pléthoriques et d'une efficience très relative. C'est une grave erreur d'oublier que les industries aéronautiques (surtout en Europe) ne sont pas maîtresses de leurs destinées et que leur principal client étant leur gouvernement respectif, elles dépendent directement dans leurs orientations techniques et industrielles des grandes administrations compétentes.

Le redressement de l'industrie française, son expansion actuelle ne sont pas dues seulement au dynamisme des constructeurs, qu'ils soient nationalisés ou privés. Les services de l'Etat, depuis la Libération, ont joué un rôle éminent dans les options techniques qui ont été retenues, dans l'industrialisation des matériels qui paraissent les plus prometteurs, dans la gestion des fonds publics consacrés à cette industrie, dans l'harmonisation des charges d'études et de fabrication entre les différents industriels constituant le patrimoine aéronautique national.

Il est facile, en Grande-Bretagne, de tirer aujourd'hui sur le pianiste en oubliant que des compositeurs sans continuité dans leur politique technique et industrielle lui ont fourni une mauvaise partition. Il y a quinze ans, l'industrie britannique était la première d'Europe et inondait le monde de ses productions. On n'a pas su lui donner les moyens de les renouveler et c'est un gouvernement travailliste qui, en 1965, lui a scié les ailes en ferraillant tous les projets avancés en cours, à l'exception du Harrier à décollage vertical.

Les utilisateurs aussi sont responsables : au nom du « fly British », la Royal Air Force a imposé la construction de matériels trop spécifiques, en négligeant les possibilités d'exportations. Faute d'études nouvelles, les crédits disponibles ayant été consacrés par un précédent Gouvernement Wilson à l'achat massif de matériels américains (Phantom et C-130 Hercules) que l'industrie anglaise aurait parfaitement été capable de concevoir et de produire si elle avait eu derrière elle une continuité politique, il a fallu, pour sauver le potentiel industriel, se raccrocher à des programmes français déjà largement ébauchés comme le Jaguar ou les hélicoptères Gazelle et Puma. Au niveau des bureaux d'études anglais, ce n'était certainement pas la meilleure solution. Les difficultés de mise au point que rencontre actuellement le MRCA prouvent s'il en était besoin que la technique aéronautique est une longue patience et que sa progression ne peut se satisfaire d'une trajectoire désordonnée.

Le rôle des gouvernants

Les nationalisations sont une prise de position politique que l'on peut accepter de défendre. Il faudrait être de parti-pris pour soutenir que

l'étatisation d'une industrie conduit systématiquement à l'hypertrophie et à l'incurie. Mais, répétons-le, il y a fort longtemps que les industries aéronautiques sont dans les mains des Etats qui les guident et les financent et sont responsables de leurs succès comme de leurs échecs. Les difficultés qu'a connues récemment la SNIAS ne tiennent pas à la qualité de ses ingénieurs et de ses ouvriers, mais au laxisme de ses dirigeants successifs, souvent issus ou proches des milieux politiques et pas assez soucieux des intérêts réels de l'entreprise qui leur était confiée.

La bureaucratie et l'irresponsabilité n'ont jamais été de puissants moteurs de l'esprit d'entreprise. On peut trouver choquant qu'une entreprise privée soit rentable et une entreprise publique déficitaire. Il est enfantin de croire que la fusion des deux résoudra les problèmes découlant de cet état de fait. Il est certain par contre que ce qui fait l'originalité, le dynamisme, l'esprit-maison d'une entreprise privée résiste rarement au gigantisme des entreprises nationalisées, à l'indifférence et à l'esprit « fonctionnaire » que l'on rencontre à différents niveaux de leur hiérarchie.

Il est pourtant des exemples de la combinaison heureuse de l'entreprise d'Etat et du dynamisme. L'autonomie de fonctionnement et de gestion des différentes divisions de l'Aérospatiale, qui permet actuellement à la personnalité de la Division Hélicoptère de s'épanouir pleinement, ouvrira peut-être une ère nouvelle.

Pour en revenir à l'industrie britannique qui, des sommets de la technique et du négoce où elle se trouvait il y a quinze ans, a glissé vers l'inefficacité industrielle et la décrépitude technique, ce n'est pas la nationalisation qui la sauvera, même si elle satisfait les hommes politiques. C'est d'une politique à long terme qu'elle aurait besoin, d'une planification technique réaliste et tenace qui pourrait la ramener au niveau de ses partenaires européens avec lesquels, tôt ou tard, elle devra coopérer plus intimement encore qu'elle ne le fait actuellement.

La France tient le haut du pavé actuellement mais cette situation privilégiée ne sera peut-être pas éternelle. Il faudra, le moment venu, qu'une coopération plus large et non pas limitée à certains programmes, plus intime et plus confiante, se noue au-dessus de la Manche. Pour que cela puisse se faire, il sera essentiel qu'entre les deux industries le fossé technologique ne soit pas trop grand, que l'efficacité des moyens productifs soit comparable. C'est sur ces points que devrait porter l'effort des autorités britanniques, plutôt que sur des prises de position politiques sans efficacité réelle. Les sacrifices à faire ne sont sans doute pas ceux qui sont envisagés. Et nous sommes tous concernés en Europe par ce qui se passera outre-Manche, car de la prospérité et de l'équilibre de l'industrie aéronautique anglaise dépend à terme la pérennité de l'aéronautique européenne.

Ce n'est ni le plus beau, ni le plus prestigieux des avions, mais il sauve l'honneur de l'industrie britannique (encore que construit aujourd'hui en Belgique). Le Fairey-Britten Islander, robuste caisse à savon bimoteur, vole sous tous les cieux.

ROLAND DE NARBONNE



Majestueuse caisse à savon, le LeO-21 (5 700 kg en charge, deux moteurs de 480 ch, 175 km/h en croisière) assura notamment, autour de 1929, le service de prestige d'Air Union, Paris-Londres. Le vaste fuselage comportait deux cabines : une

dans la pointe avant pour six passagers, une cabine principale pour douze passagers. Sur cette ligne très fréquentée, le service à bord était déjà prévu. Quant au chargement des bagages, il demandait de sérieuses qualités d'athlète !



NAISSANCE DU TRANSPORT AÉRIEN

Faut-il voir la naissance du transport aérien dans l'expérience d'Etienne Mongolfier qui, le 19 septembre 1783 à Versailles, fit s'élever un ballon soulevant un mouton, un coq ou un canard ? Ou dans le « premier voyage aérien » de Pilâtre de Rozier et du Marquis d'Arlandes, le 21 novembre de la même année, de la Muette à la Butte aux Cailles ?

En ce qui concerne les avions, Léon Delagrange chargea un premier passager — son collègue et ami Henri Farman — le 28 mars 1908. A la veille de la Première Guerre Mondiale, le record absolu est battu. Roger Sommer, sur un biplan de sa construction, enlève douze passagers, ni trop grands, ni trop gros, entassés sur l'aile.

La Guerre passe. Si elle ne voit pas l'utilisation de l'avion en tant que moyen de transport, elle lui fait faire des progrès remarquables en technique et en performances. Les pourparlers de paix sont une première occasion de transporter de hautes personnalités, comme des plis importants. Et, en janvier 1919, deux groupes de bombardement entreprennent un véritable pont aérien pour ravitailler les régions du Nord isolées par la destruction des voies terrestres. Les chiffres font aujourd'hui sourire : 36 tonnes de marchandises transportées en deux mois et demi, au cours de 300 voyages !



Le 5 février de la même année, une première ligne aérienne est ouverte... en Allemagne, sur Berlin-Leipzig-Weimar. Le 8, la société Farman inaugure Paris-Londres. Puis d'autres lignes s'ouvrent, un peu partout en Europe. Les moyens sont précaires mais pilotes comme passagers, qui sont souvent installés à l'air libre, débordent d'enthousiasme.

Le 28 août 1919 est organisée à La Haye la première instance internationale du transport aérien, l'« International Air Traffic Association ».

En 1920, le transport aérien fait une entrée en force dans la vie de notre pays en évitant sa paralysie totale à l'occasion d'une grève des cheminots. Malgré le mauvais temps, la poste circule, en ce mois de février, de Paris vers Londres, Bruxelles, Strasbourg, Lyon, Marseille et Bordeaux.

Vient l'époque des grands raids. Si les nécessités des combats ont puissamment poussé la technique aéronautique, une incroyable boulimie de grandes performances vient prendre le relai. Plus vite, plus haut, plus loin, plus longtemps. Le transport aérien tire bientôt le bénéfice de cette course au prestige à laquelle se livrent les grandes nations aéronautiques. Les cellules s'affinent et se renforcent, tandis que les moteurs, dont les pilotes de raids attendent qu'ils « tournent » parfois pendant plusieurs dizaines d'heures sans défaillance, gagnent en fiabilité de fonctionnement. Car les avions, malgré tout, restent lents, et les voyages sont longs. Jusqu'en 1930, les vols s'effectuent généralement à moins de 200 km/h de moyenne... avec vent favorable. Les vols de nuit existent, mais avec des moyens sommaires car la radio est embryonnaire.

Une nouvelle génération d'avions modernes, confortables et rapides, entre à peine en service lorsque la guerre éclate.

Sauf aux Etats-Unis, le transport aérien civil marque un temps d'arrêt. Mais le transport aérien militaire prend un essor prodigieux. Les performances s'accumulent, les charges marchandes s'accroissent, la sécurité et la régularité deviennent réalités grâce au développement des moyens de télécommunication et de navigation. Mais, après la guerre, il faut encore près de 24 heures pour relier Paris à New York et 58 heures pour aller jusqu'à Montevideo, tout cela avec de multiples escales.

Le moteur à pistons parvient tout de même à grignoter quelques kilomètres à l'heure, tandis que l'accroissement du rayon d'action va faire gagner le temps précieux des étapes. Mais, la révolution est en vue et — paradoxe de la technique — elle s'appelle la réaction !

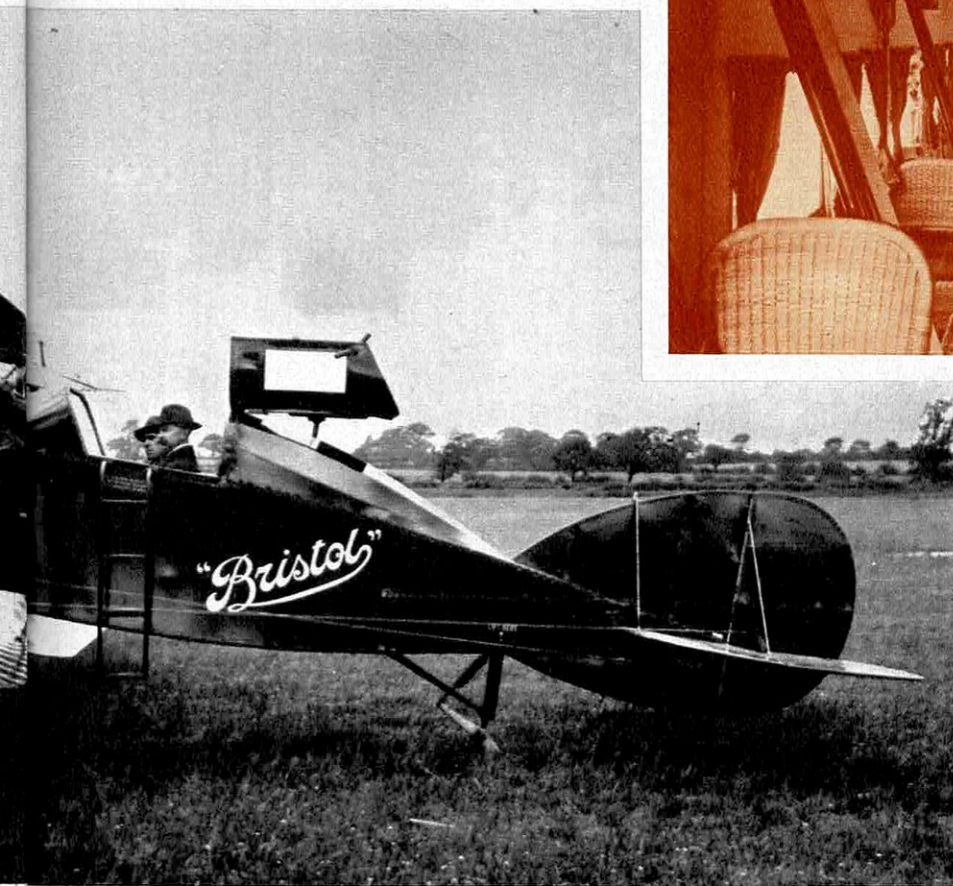
C'est au seuil de l'arrivée des « jets » que nous arrêterons notre évocation illustrée de l'évolution du transport aérien, à travers quelques-uns de ses matériels.

V.S.

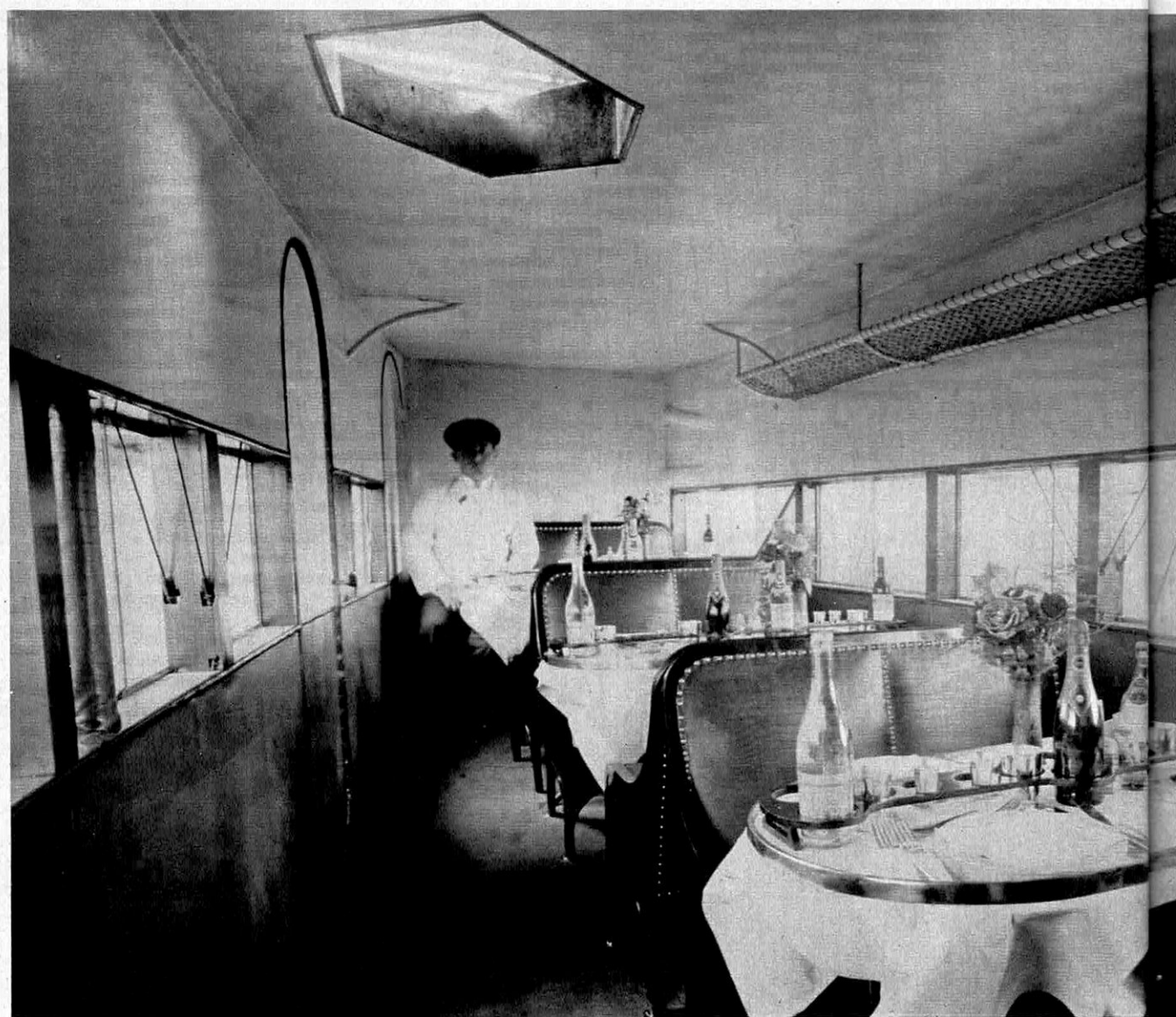


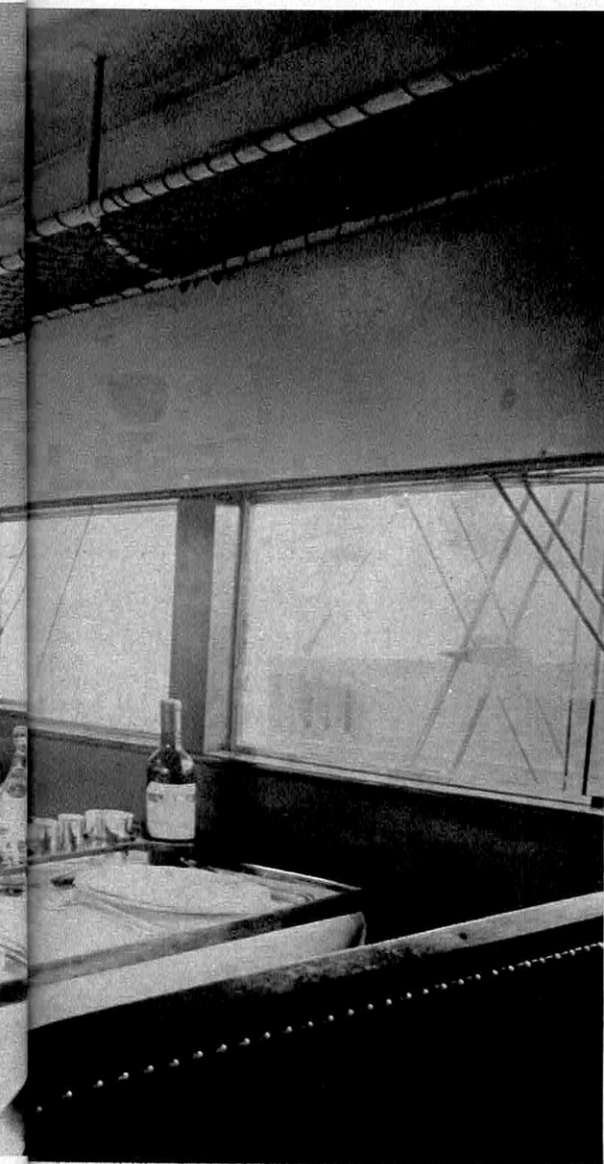
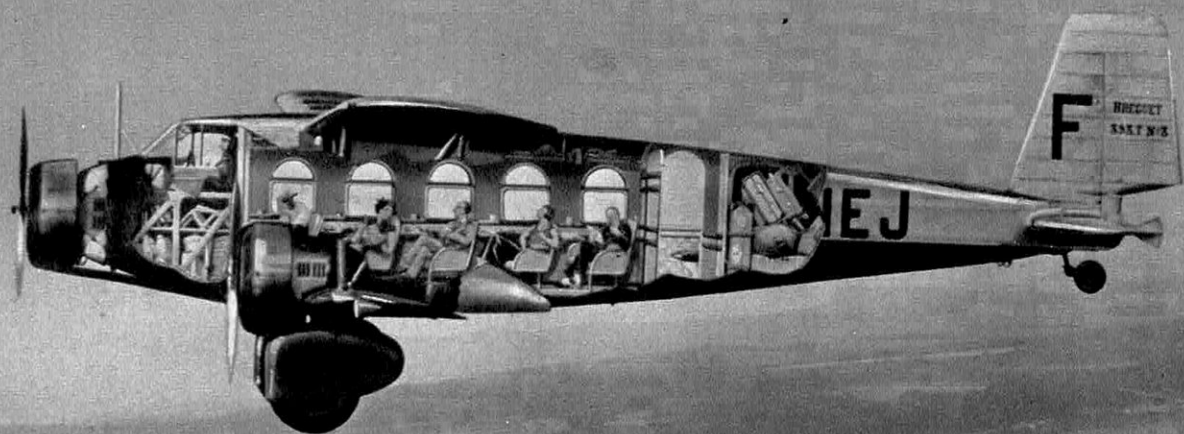


Les premiers avions utilisés sur les lignes au lendemain de la première guerre mondiale furent bien entendu des appareils militaires transformés. Sur la photo du haut, nous assistons à l'arrivée au Bourget du vol en provenance de Londres par un beau matin du printemps 1919. L'avion est un bombardier Handley-Page HP-100. On jugera (ci-dessous) du confort de

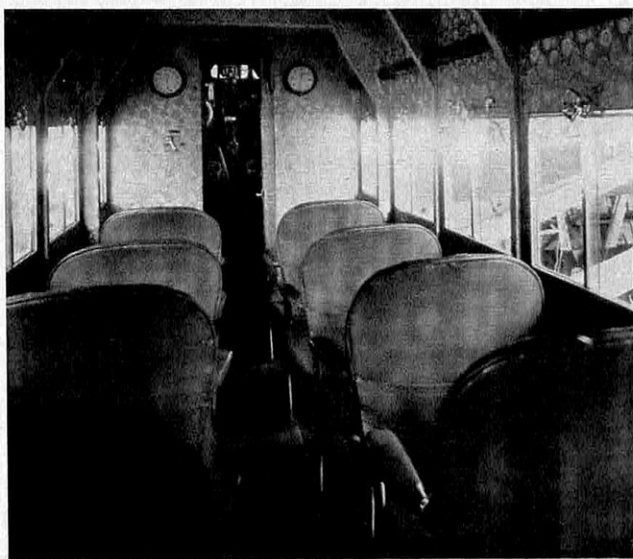


la cabine d'un appareil hâtivement « civilisé », mais où il a bien fallu conserver le haubannage intérieur du fuselage, ce qui ne devait pas être pratique pour se déplacer par temps un peu agité ! Quant au Bristol Tourer (à gauche) un biplace de reconnaissance modifié, il emportait deux passagers abrités par un cockpit. Mais l'accès devait être acrobatique.

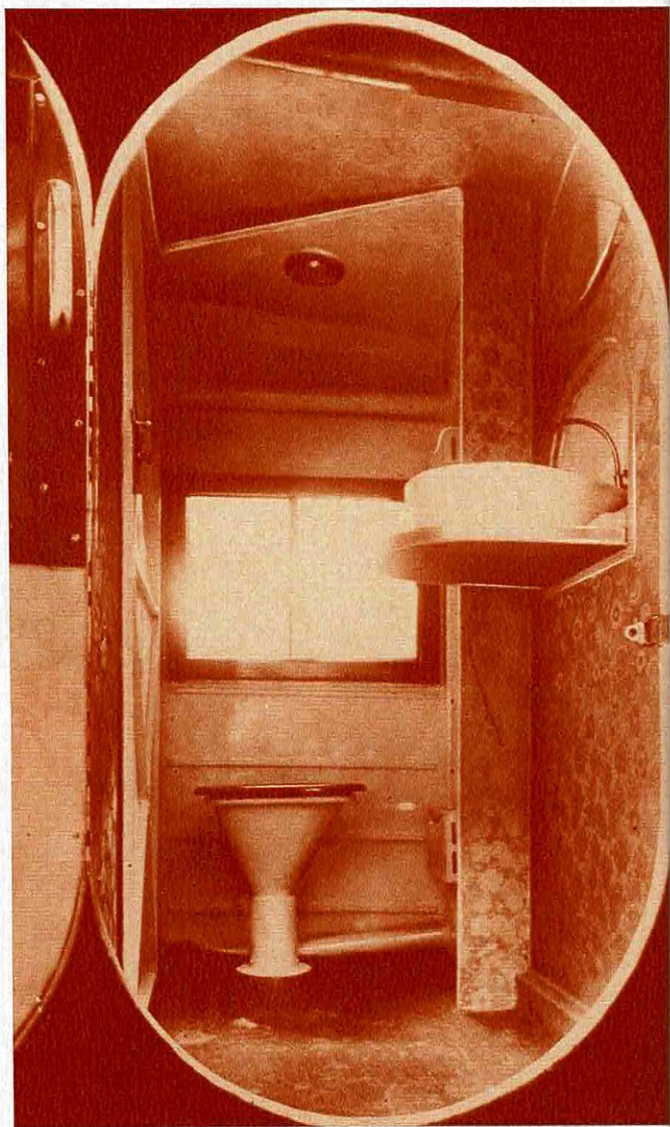


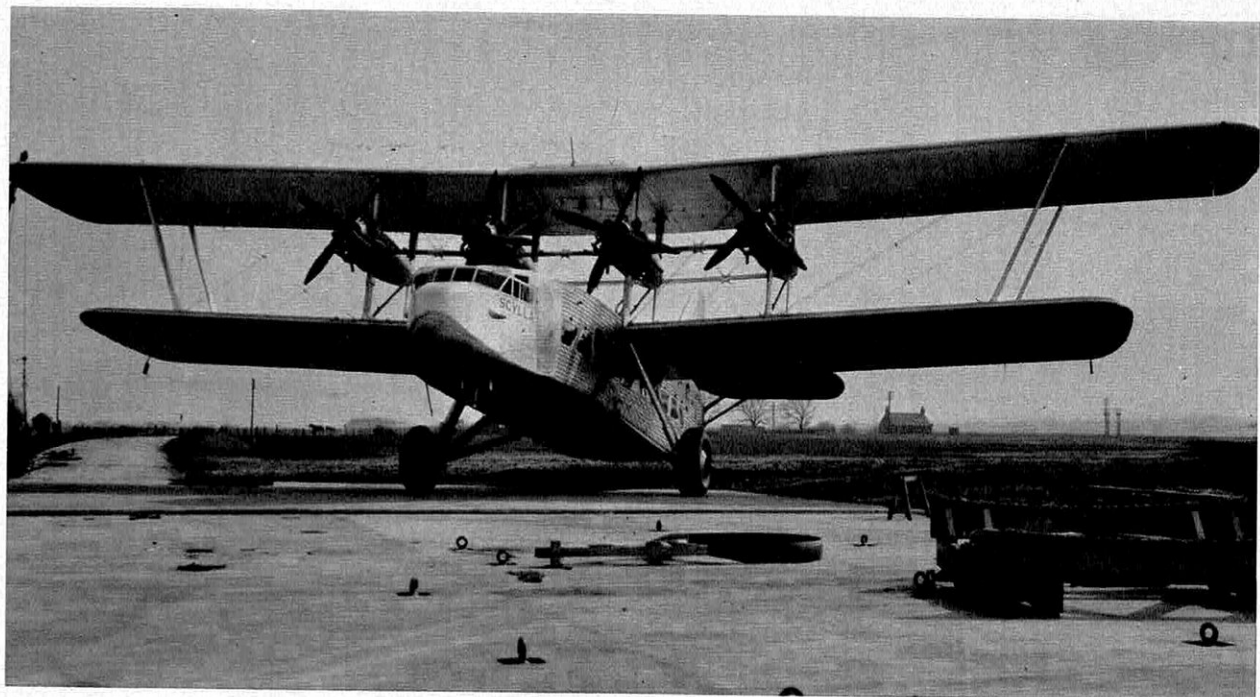


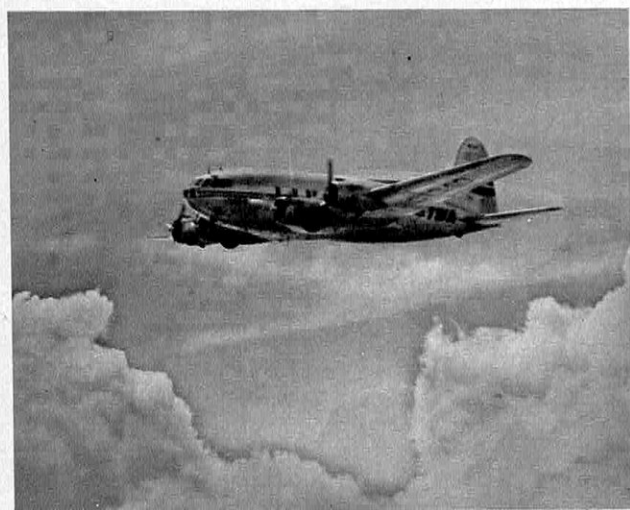
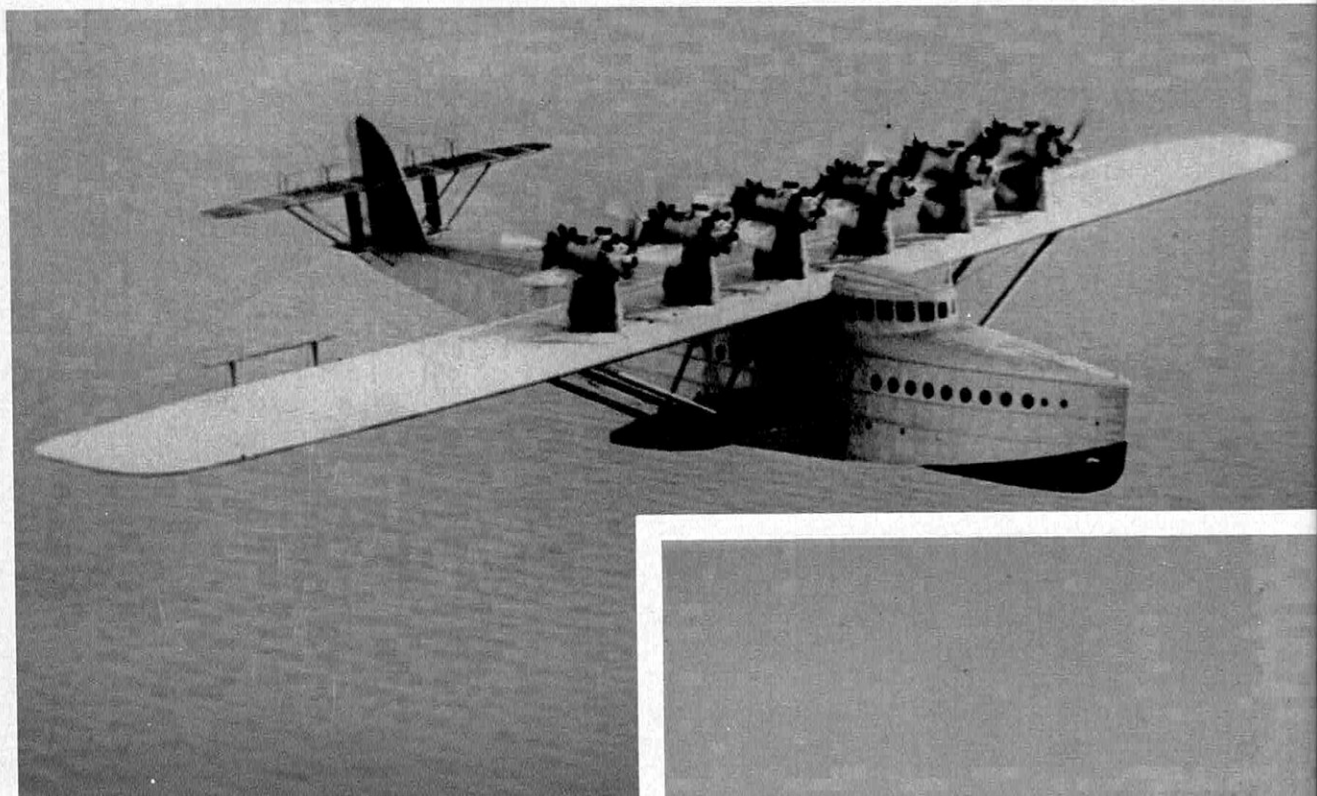
Le monoplane Fokker F-VII (en page de gauche, en haut) fut pendant plus de 10 ans la bête de somme du transport aérien. Robuste et sûr, il pouvait, selon les moyens de son acquéreur, avoir un ou trois moteurs. Innovation d'importance : l'équipage était enfermé dans une cabine. Avec trois moteurs de 230 ch, le F-VII emportait 8 passagers à 150 km/h. En bas de page, l'« avion-restaurant » d'Air Union en service sur Paris-Londres dans les années vingt. Le Bréguet 393, en haut de page, est un des avions modernes qui entrera en service au début des années 30. Cabine pour 10 passagers (ci-dessus).



Dans les années 1933-34, bien des avions utilisés sur les lignes régulières étaient monomoteurs, ce qui entraînait une certaine précarité. Le Latécoère 28 (500 ch, 240 km/h, 8 passagers), que l'on voit dans cette page avec quelques-uns de ses aménagements, fut le dernier monomoteur utilisé en France. Il servit ensuite pour la poste. A la même époque, le Short Scylla volait sur les lignes du Moyen-Orient et des Indes. La place à bord n'était pas mesurée. L'appareil volait à 170 km/h avec 39 passagers.

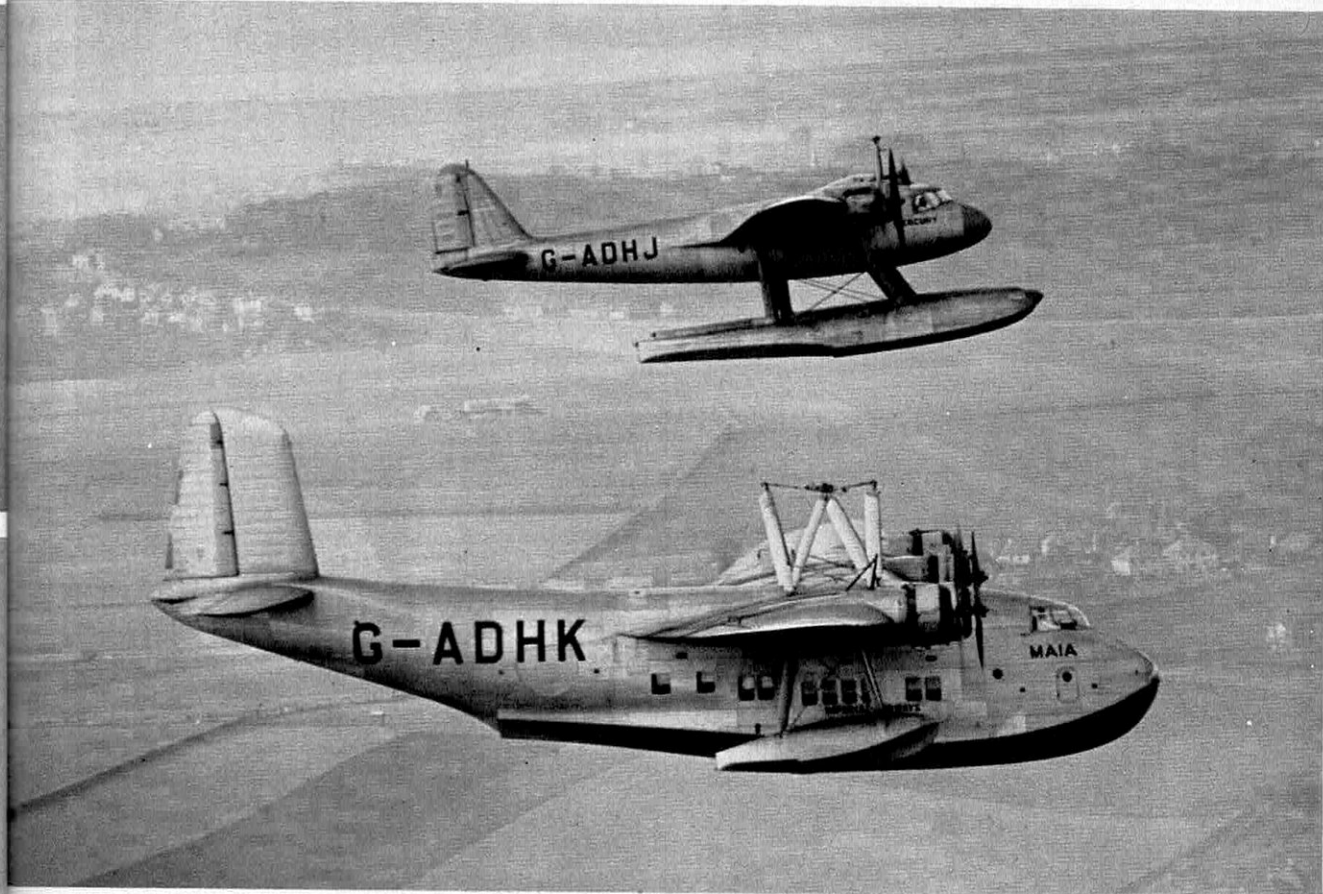


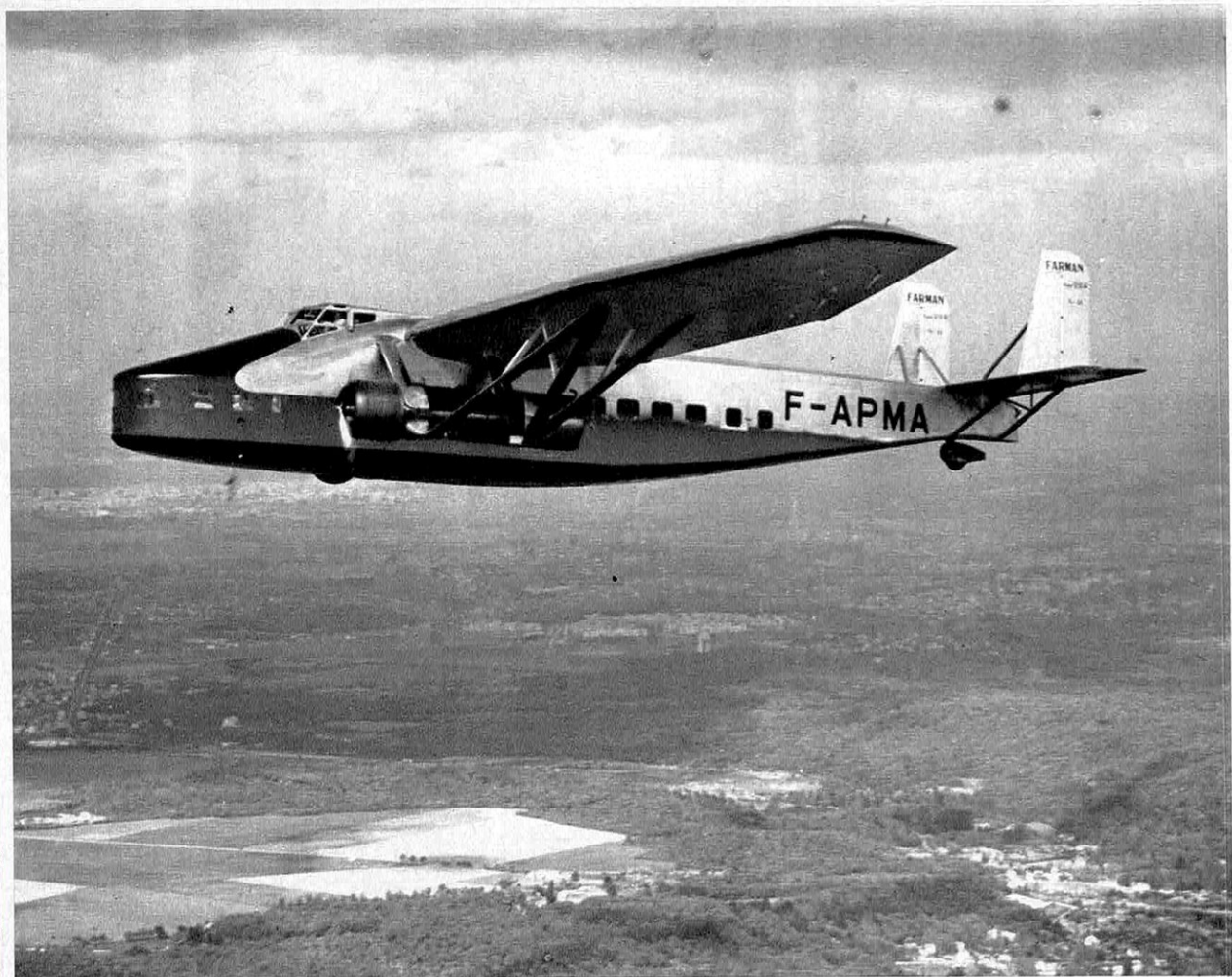


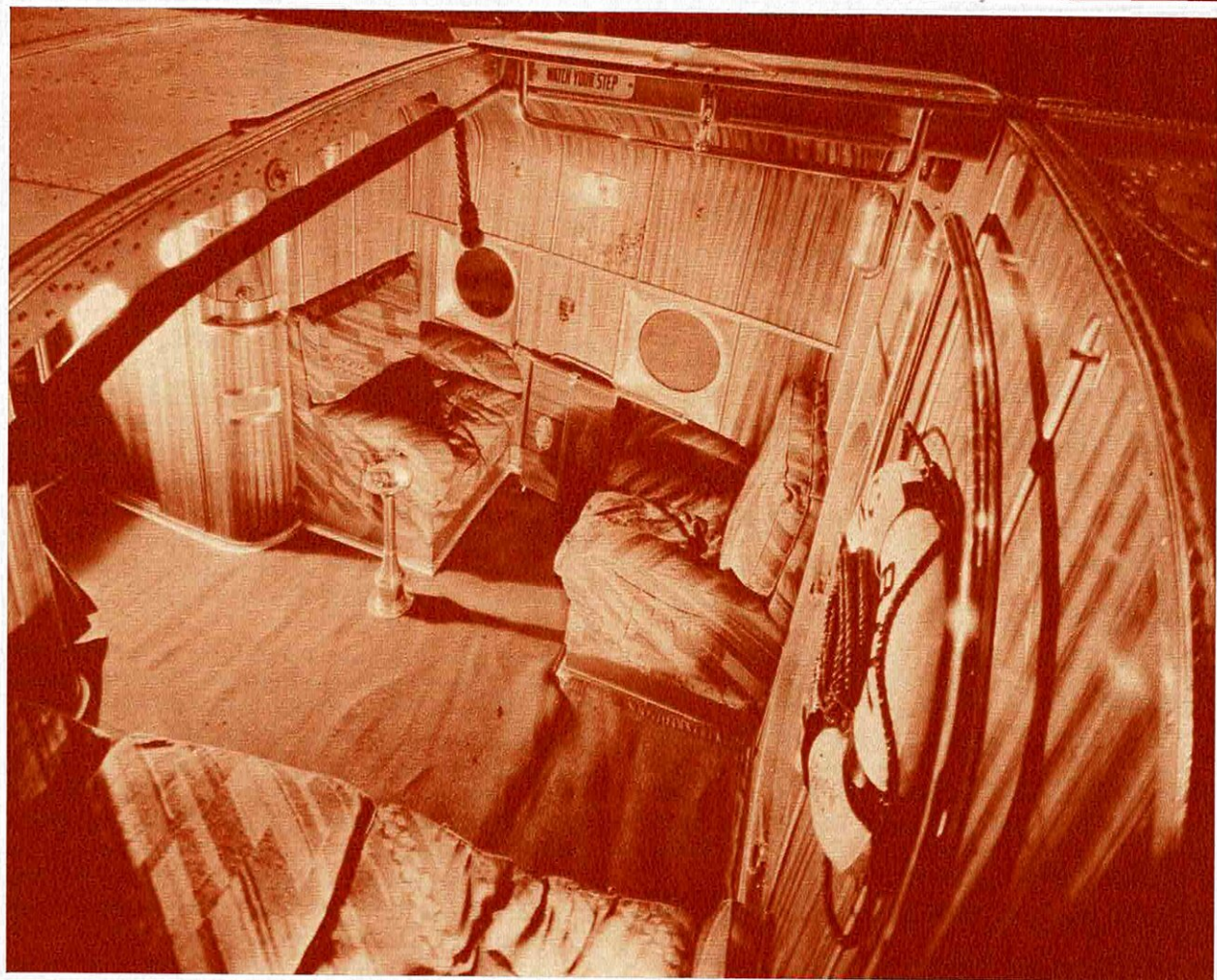


Dans les années trente, Dornier construisit le DoX, appareil remarquable, à douze moteurs, pour 60 à 80 passagers sur 1 000 km environ (en haut de page). Il ne connaîtra pas de véritable carrière commerciale, non plus que le Short Maia (page de droite) qui aidait à décoller un petit hydravion postal lourdement chargé. A la veille de la guerre, grosse évolution avec le Boeing Stratoliner à cabine pressurisée (ci-dessus), qu'avait précédé le Douglas DC-1 (page de droite) de 1937.









Peu avant la guerre le confort était souvent extraordinaire. En témoignent les aménagements du Farman 224 (page de gauche). Cet appareil n'eut malheureusement pas le temps de faire ses preuves. Les grands Clippers de la Panam utilisés dans le Pacifique avaient une décoration digne d'un yacht de haut luxe (en haut de page). Ci-dessus, la dernière génération des « moteurs à piston ». Les « Super-Constellation » traversaient l'Atlantique en une douzaine d'heures. A droite, l'aménagement de la cabine.



DU MIRAGE A L'ACF

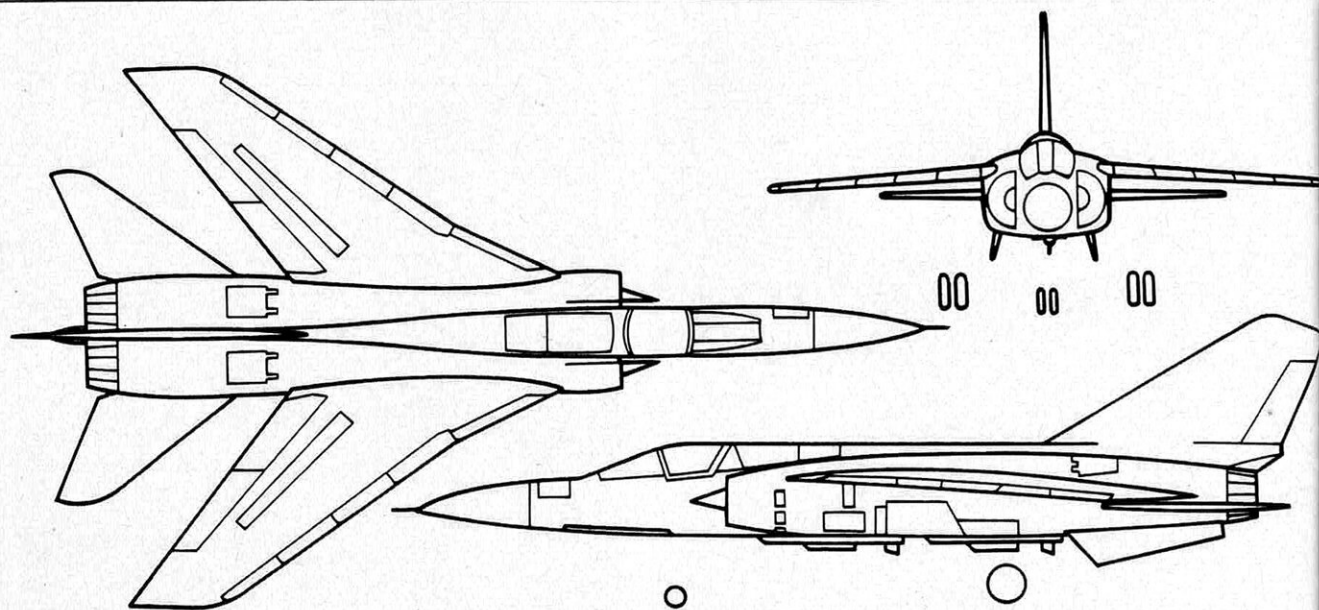
La conception d'un nouvel avion de combat procède au départ de l'expression de besoins bien définis par son utilisateur potentiel. Sur cette base va être défini un « programme » rigoureux. Performances, motorisation, électronique, armements, vont être étudiés simultanément pour concourir à un ensemble d'une efficacité optimale. L'étude de l'Avion de Combat Futur (ACF), qui équipera l'Armée de l'Air des années 80, est un exemple significatif de cette démarche moderne.

Comment naît un avion ? Voici sans doute une question que nos lecteurs ont pu se poser. Qu'il soit civil ou militaire, deux processus sont possibles : l'initiative d'un constructeur qui pense pouvoir proposer un produit satisfaisant ou l'expression d'un besoin particulier par un utilisateur.

Compte tenu du coût du développement des avions modernes, l'initiative privée est devenue assez rare sauf dans le domaine des avions de transport. Et encore les premières commandes passées sur plan constituent-elles une sorte de pré-financement. Il reste, bien entendu, le secteur des avions légers dans lequel les finances privées peuvent encore trouver moyen de s'employer.

En ce qui concerne les avions militaires, par contre, l'expression des besoins d'un utilisateur est toujours à l'origine du lancement d'un projet nouveau. Projet n'est d'ailleurs pas le terme qui convient. Au niveau de la planche à dessin, certes, tout est possible, et les bureaux d'études ne manquent pas de crayonner à longueur d'année, à la recherche de formules nouvelles. Mais démarrer l'étude d'un nouveau modèle d'avion s'inscrit dans le cadre d'un programme. Car l'avion lui-même n'est plus seul concerné.

Il y a encore une dizaine d'années, on défi-



FICHE TECHNIQUE DU SUPER-MIRAGE

Mission d'appui tactique: 540 km avec 8 bombes sans réservoirs supplémentaires.

Mission d'intervention: 860 km avec réservoirs supplémentaires et un missile air-sol de moyenne

nissait un nouvel avion autour d'une performance spécifique à atteindre, d'une nouvelle formule aérodynamique ou d'un moteur amélioré. Sur l'une ou l'autre ou plusieurs de ces bases en même temps, on concevait une machine dont la vie opérationnelle ne commençait que plus tard, au stade de la série. Autrement dit, on se préoccupait d'abord de l'avion lui-même, parfois un peu de son armement, dans la mesure où il était intégré à la structure, et l'on attendait un stade plus avancé du développement pour se préoccuper en détail des équipements radio, des charges extérieures, etc. Un tel processus n'est plus valable aujourd'hui, depuis que la notion de « système d'armes » est intervenue. C'est d'elle que découle la notion de « programme ».

En étudiant un nouvel avion et ses composants de tous ordres (électronique et armement notamment) dans le cadre d'une action concertée, on obtient à terme une plus grande efficacité de l'ensemble. D'ailleurs, la complexité des problèmes posés et les interférences des différents composants sont telles qu'il est pratiquement inconcevable de faire autrement. Naturellement, il est toujours possible de fixer a posteriori tel ou tel type de bombe sous un appareil de performances modestes comme le Fairchild-

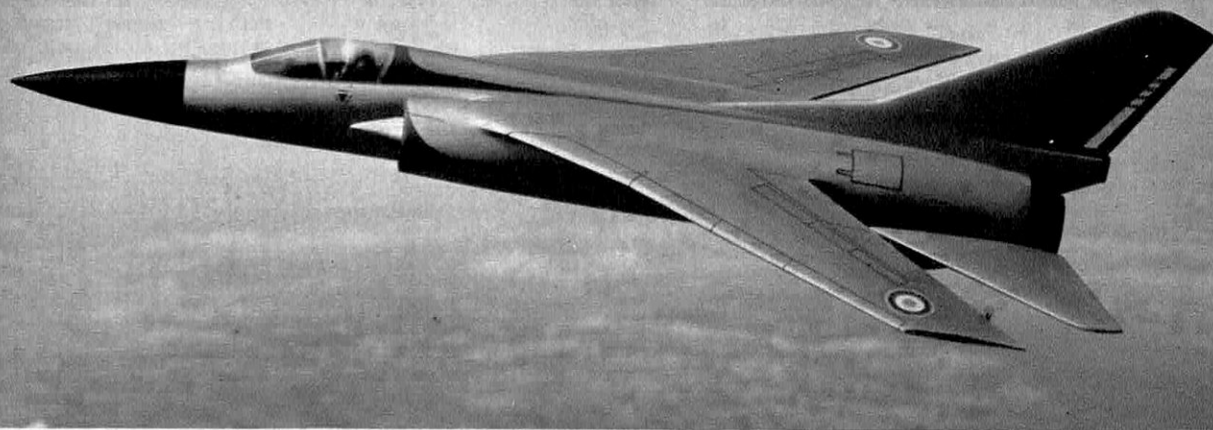
Hiller A-10 qui n'est en fait qu'un transport de charges. C'est une liberté qui n'existe pratiquement plus avec les avions à hautes performances.

Deux types de missions

Prenons le cas d'un avion comme le Super Mirage en construction actuellement à St-Cloud.

Quel était le problème posé par l'Armée de l'Air? Obtenir un avion qui, dans la même définition de structure et d'aérodynamique, puisse remplir avec succès deux missions de base: l'interception et la supériorité aérienne d'une part; la pénétration à basse altitude et la reconnaissance d'autre part.

L'interception et la supériorité aérienne exigent un appareil qui monte vite et haut. Cela suppose donc un rapport poussée poids voisin de 1, ou mieux supérieur à 1 comme dans les derniers avions américains. A l'altitude de combat, il faut pouvoir se placer en position favorable de tir donc disposer d'un temps de poursuite important à une vitesse aussi élevée que possible. En cas de combat avec un chasseur adverse, il faut de plus que la maniabilité soit suffisante pour « décrocher » et se placer ensuite en position de le tirer, soit avec des missiles conçus pour le combat tournoyant, soit avec



portée (100 km) à tête nucléaire.

Mission d'interception: Montée à 15 000 m et Mach 2,2 en moins de 5 minutes avec deux missiles air-air; 5 minutes de poursuite à Mach 2,2.

Poids maximal au décollage: 21 t.

Combustible interne maximal: 6,2 t.

Charge utile max. (combustible + armement): 13,7 t.

des armes fixes.

Pour accomplir cette mission, on doit donc disposer d'un avion surpuissant (vitesse de montée), rapide (poursuite), emportant beaucoup de carburant interne (temps de poursuite suffisant sans emport de réservoirs extérieurs qui limitent la vitesse), ayant une bonne surface de voilure (la maniabilité en combat découlant de la charge par mètre-carré de surface). Le compromis, sur ce dernier point, est délicat, car on demande aussi à cet avion de très fortes accélérations, et le temps d'accélération en supersonique est inversement proportionnel à la surface de la voilure.

Passons à la mission de pénétration à basse altitude et de reconnaissance. Pour accomplir cette mission, il faut pouvoir voler très bas (de l'ordre de 50 m), à une vitesse élevée (juste au-dessous de Mach 1), sur une longue distance (près de 2 000 km aller-retour), avec une charge importante : bombes, missiles air-sol ou « pod » de reconnaissance ⁽¹⁾.

Voler bas et vite implique de pouvoir bien supporter les rafales et conduit donc à une voilure de surface réduite, en contradiction avec les exigences du combat aérien. Les basses couches de l'atmosphère sont celles où les réacteurs consomment le plus et où la traînée aérodynamique est plus élevée. Si l'essentiel de la mission s'y déroule, cela suppose l'emport d'une importante quantité de carburant. Ce point n'est d'ailleurs pas en contradiction avec les exigences de la première version, car le volume de carburant étant situé assez près du centre de gravité, rien n'impose de voler toujours avec les réservoirs pleins. D'autre part, l'utilisation des réacteurs à pleine poussée en interception exige aussi une bonne réserve de carburant.

Autre point commun, le radar. Dans un cas comme dans l'autre, qu'il s'agisse d'un système de détection et de veille à haute altitude ou de navigation et suivi de terrain à basse altitude, l'efficacité est conditionnée par l'emploi d'une antenne de grand diamètre. C'est un point important qui définit non seulement la philosophie opérationnelle de l'avion, mais aussi certains de ses paramètres aérodynamiques. Il existe en effet un rapport idéal (l'élancement) entre le maître-couple et la longueur d'un corps aérodynamique supersonique. En conséquence un diamètre de près d'un mètre non loin de la pointe avant implique un fuselage assez long et de forte section. C'est une chance, car il y a beaucoup de choses à loger dans ce fuselage.

Des moteurs au train d'atterrissage

Partons des éléments les plus volumineux : le ou les moteurs. Dans le cas du Super Mirage, il n'y avait guère de choix : le SNECMA M-53 développé pour le défunt programme G-8 à géométrie variable était de rigueur. Compte tenu

de la classe d'avion envisagée, deux réacteurs étaient indispensables. Ce point de départ conditionne beaucoup de choses. D'abord, la surface frontale des deux réacteurs. Ensuite, connaissant leur consommation dans différents régimes de vol, le volume de carburant à emporter pour pouvoir effectuer les missions. Ensuite, compte tenu de la poussée disponible (17 tonnes), le poids maximal permettant d'obtenir un rapport poids/poussée voisin de 1 en combat aérien.

La philosophie du bureau d'études de Dassault-Breguet est de toujours conserver la voilure aussi pure que possible. Il n'était donc pas question de suspendre les réacteurs sous les ailes. Les loger côte-à-côte dans le fuselage complique l'accessibilité pour l'entretien mais présente des avantages : diminution de la surface « mouillée » (surface en contact avec l'air) ; plus grande compacité des masses ; vol sur un moteur plus facile ; réduction de la longueur du circuit de combustible. Dans le cas qui nous occupe, la section importante représentée par les réacteurs jumelés était aisément absorbée par la forme du fuselage, conditionnée, nous l'avons vu, par le diamètre du radar.

Autre élément volumineux à loger dans le fuselage, le carburant. Traditionnellement, on utilisait les caissons de voilure comme réservoirs. Les ailes modernes, épaisses de quelques centimètres seulement, sont peu pratiques sur ce point. Un avion comme le Mirage F-1 emporte à peine 10 % de son carburant dans ses ailes. Il faut donc loger le kérosène dans le fuselage. Dans le cas du Super Mirage, ce sont près de cinq m³ qu'il fallait réserver à cet usage.

Et puis il y a toute l'électronique qui, même miniaturisée et transistorisée, représente plus d'un mètre-cube. Sans oublier naturellement le ou les pilotes, selon la mission.

Il y a aussi le train d'atterrissage qui, pour différentes raisons, doit s'articuler et se loger dans le fuselage. Sur le plan aérodynamique, c'est la meilleure solution. Elle évite de perturber l'écoulement autour de l'aile en position sortie. Sur le plan de la structure, le squelette de l'aile conserve son intégrité : à solidité égale, on obtient un poids plus faible. Enfin, l'expérience de Dassault-Breguet a démontré que la meilleure position pour une voilure fortement hypersustentée est haute ou mi-haute. Dans ces conditions, y loger le train, au moins partiellement, conduirait à des jambes très longues et très fines du fait de la faible épaisseur de l'aile. A ces échasses fragiles, on préfère en France un train plus court et plus trapu, donc beaucoup plus robuste. D'autre part, un fuselage se prête mieux au logement de pneus de bonne section, au lieu des « lames de scie » habituelles sur les avions américains.

La voilure et ses problèmes

Voilà donc un fuselage bien rempli. Parlons un peu de la voilure. On peut être surpris de ne pas trouver une voilure à flèche variable sur le Super Mirage alors que la série Mirage G/G-8

(1) Le matériel photo et les divers détecteurs se trouvent alors intégrés dans une sorte de conteneur amovible (pod) fixé à la demande.

a prouvé que la technique est parfaitement maîtrisée et que, d'autre part, elle connaît un certain succès à l'étranger (MRCA Tornado, Grumman F-14).

Sur le plan aérodynamique, une voilure à flèche variable offre bien des avantages. Repliée elle permet des accélérations brillantes et se prête bien à l'interception ; elle supporte aussi très bien les rafales rencontrées lors des pénétrations à basse altitude. Déployée tout ou partiellement, elle peut se montrer utile en combat aérien et diminue les vitesses de décollage et d'atterrissage, donc les longueurs de piste. Deux inconvénients majeurs toutefois : la géométrie variable coûte 5 à 10 % de plus en poids et 10 à 15 % en prix. Ce n'est pas négligeable. De son emploi découlent aussi de nombreuses complications mécaniques : vérins de variations de flèche, articulations sur les circuits passant de l'aile au fuselage, systèmes d'obturation des logements recevant la partie de l'aile s'escamotant dans le fuselage (tout le monde ne se contente pas d'un volet en caoutchouc comme sur le MRCA !), pivots articulés pour les charges sous voilure afin qu'elles se trouvent toujours dans le lit du vent... Et les événements du Moyen-Orient ont démontré que le rythme des guerres modernes est extrêmement rapide. La mise en œuvre d'un avion de combat au retour d'une mission doit se faire avec le minimum de temps d'immobilisation au sol. Pour ce faire, robustesse et simplicité sont deux atouts majeurs. D'un commun accord, l'Armée de l'Air et Dassault-Breguet ont donc renoncé à la géométrie variable pour le Super-Mirage.

L'expérimentation des Mirage G n'a pourtant pas été inutile. Etant les appareils les plus rapides d'Europe et par conséquent les plus proches du futur Super-Mirage, les G. 8 ont permis de nombreux essais dans le domaine des systèmes d'armes. D'autre part, la flèche variable a été un banc d'essais incomparable pour déterminer la flèche optimale à retenir. Car, là aussi,

il faut savoir pratiquer l'art du compromis. Pour avoir de bonnes qualités de décollage et d'atterrissage, une flèche moyenne est recommandée. Par contre, elle est peu favorable en régime supersonique. D'un autre côté, une flèche trop prononcée se révèle difficile à hypersustenter. Les Mirage G ont démontré l'efficacité d'une valeur moyenne : 55° au bord d'attaque. Par contre, pour rattraper en haut supersonique la perte de rendement par rapport à la voilure à 70° de flèche maximale des Mirage G, l'aile du Super Mirage a encore été amincie.

On imagine les difficultés qu'il y a à loger des tringleries de gouvernes et des servo-commandes développant plusieurs tonnes de poussée dans une épaisseur de quelques centimètres. Le problème de la transmission des ordres a été résolu par l'adoption de chaînes de pilotage électriques. Quant aux servo-commandes, il faut diminuer leur volume par deux...

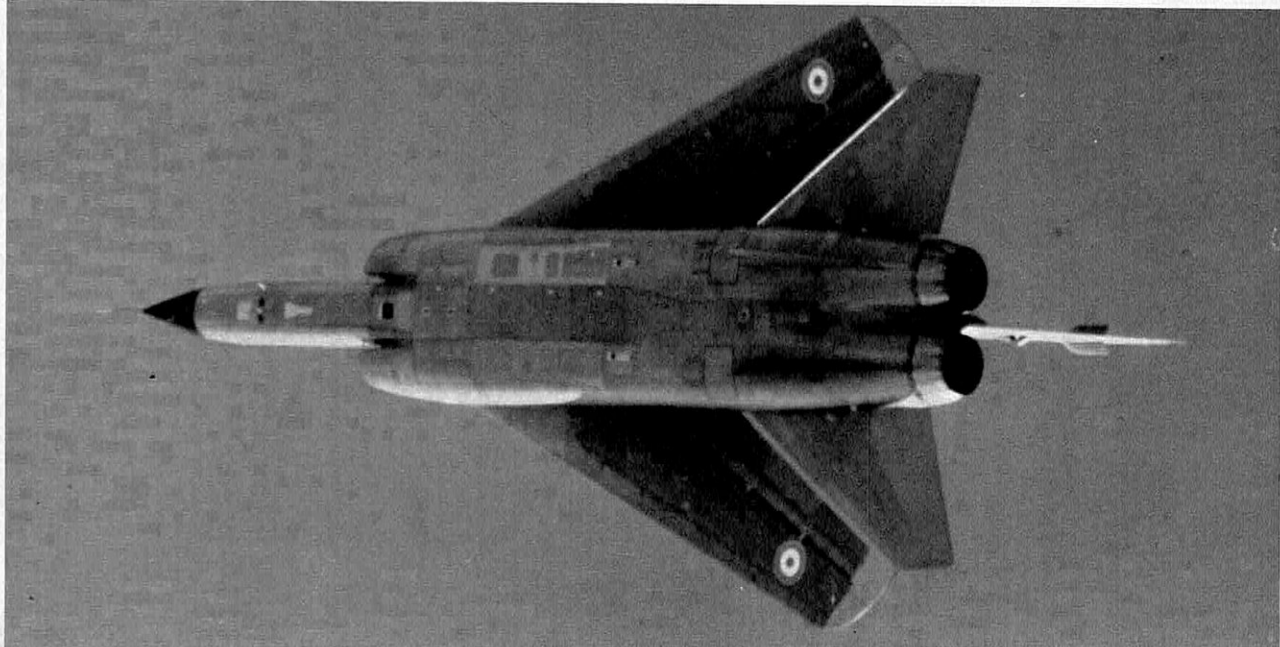
Il a aussi été nécessaire d'avoir recours à des matériaux nouveaux, capables de supporter les efforts gigantesques imposés à une voilure moderne ainsi que l'échauffement découlant du vol à Mach 2,5 (température d'arrêt 213 °C). On utilisera donc du titane pour les éléments les plus exposés et ceux supportant les plus gros efforts. En tout, 20 % de la structure.

Cette évocation des actions conduisant à la définition d'un avion moderne ne donne qu'une faible idée de la complexité de la tâche et de l'imbrication des différentes techniques. On comprend toutefois que tout cela ne peut être mené dans le désordre mais au contraire dans le cadre très strict d'un programme associant étroitement toutes les disciplines concernées.

Et la technique qui reste du domaine théorique est sans valeur ou presque si elle n'est pas fondée sur la rigueur du raisonnement et l'expérience. La force des ingénieurs de Dassault-Breguet, outre leurs qualités propres, est que l'on a su depuis 20 ans leur donner les moyens de pratiquer le progrès dans la continuité.

Roger VALADOT

Le Mirage G (géométrie variable) a largement servi la conception de l'A.C.F.

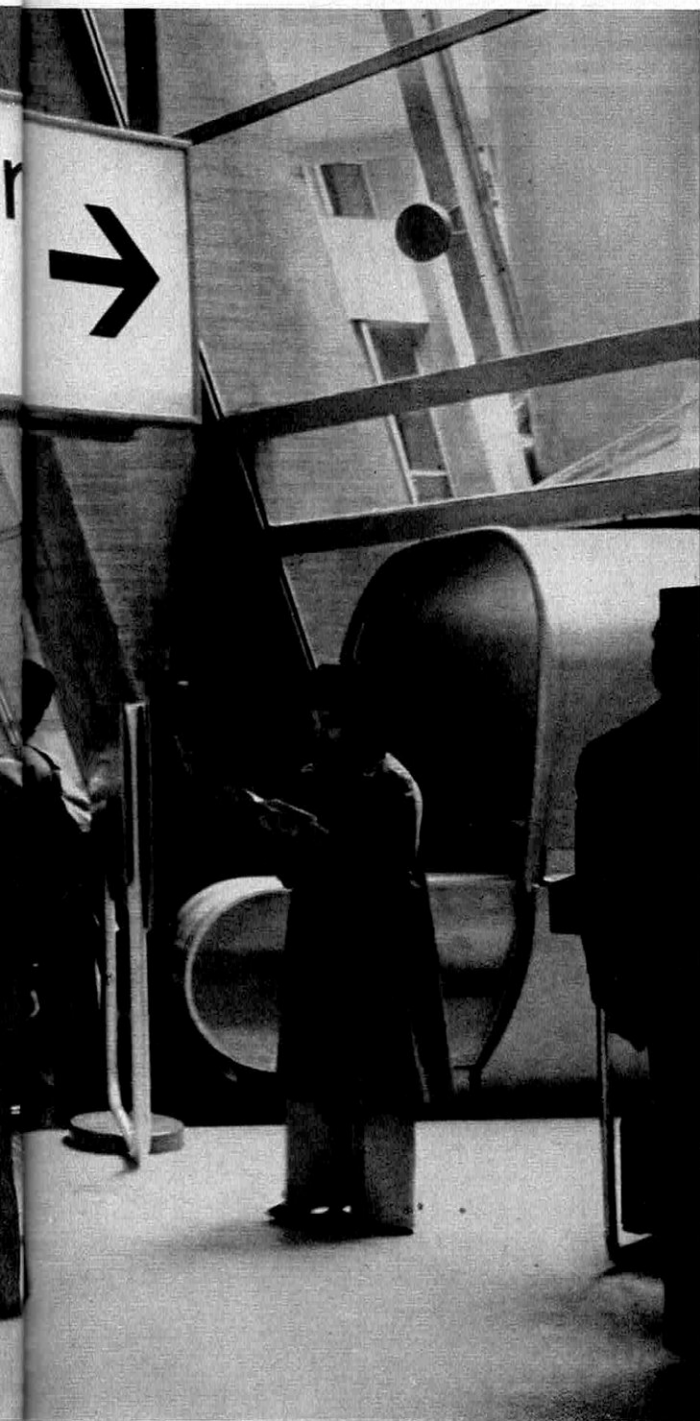


TRANSPORT AÉRIEN: LA VRAIE CRISE



Aux difficultés « traditionnelles » du transport aérien, dont nous avons eu à plusieurs reprises l'occasion de parler, sont venus s'ajouter de nouveaux tracassés au cours des derniers mois: pression de l'inflation mondiale, ralentissement d'une expansion jus-

que-là exceptionnelle, montée en flèche du prix du carburant. Les importantes augmentations de tarifs appliquées en 1974 ne suffiront probablement pas à redresser la situation. Une profonde remise en question des plans d'expansion s'impose.



A plusieurs reprises déjà, au cours des trois dernières décennies, on a parlé des « crises » que traversait le transport aérien. Aujourd'hui, force est de constater que ce terme n'avait pas été utilisé à bon escient et qu'il eût mieux valu se contenter de faire allusion à des incidents de parcours plus ou moins graves.

En effet, la crise, la vraie, correspond aux difficultés auxquelles se heurtent les compagnies aériennes du monde entier depuis un an et demi. Ses causes sont diverses (nous allons y revenir) et ses conséquences profondes. Et les fondements d'une industrie tout à fait particulière sont littéralement remis en question.

On avait déjà affirmé en d'autres circonstances que l'ère des pionniers était terminée, que l'âge d'or du transport aérien faisait partie du passé, que les compagnies étaient entrées dans leur véritable maturité. C'est exact. Mais les événements de ces derniers mois ont surtout prouvé que l'aviation commerciale n'est plus un secteur d'exception: comme les autres, elle peut être victime des aléas de la conjoncture économique internationale, sans nécessairement bénéficier des privilèges qui, en d'autres occasions, lui ont permis de faire cavalier seul et de sortir brillamment de l'ornière.

Croissance zéro

Cette crise, qui se traduit par des bilans financiers lourdement déficitaires, des millions de sièges vides, des licenciements souvent massifs et d'innombrables déclarations pessimistes, quelles en sont les causes ?

Malgré les apparences, il est encore difficile de répondre clairement. Des problèmes graves ne relèvent que bien rarement d'une cause unique. Et un diagnostic attentif révèle souvent l'existence d'un concours de circonstances extrêmement complexe.

Bien entendu, c'est la crise pétrolière qui a mis le feu aux poudres. En 1973, le carburant intervenait en moyenne pour 10 % dans les frais d'exploitation directs d'une compagnie aérienne. Dans des circonstances sur lesquelles il n'est certainement pas nécessaire de revenir, le prix du pétrole a monté en flèche et, soudainement,

le kérosène est devenu un produit cher.

Actuellement, le carburant intervient pour 25 % au moins dans les frais d'exploitation directs. Certes, ce n'est là qu'un élément parmi d'autres dans le total des dépenses des compagnies. Mais l'équilibre financier de ces dernières était déjà précaire, leur rentabilité marginale.

A elle seule, l'augmentation du prix du kérosène pourrait donc expliquer l'essentiel des problèmes qui se sont soudainement posés. Mais, faut-il le dire, la crise pétrolière a ébranlé l'économie mondiale toute entière et a largement contribué à accélérer le processus d'inflation dans des proportions alarmantes.

La conjoncture s'est dégradée. Et, pour les compagnies aériennes, un phénomène irréversible de réactions en chaîne s'est déclenché : fin de l'ère de l'énergie à bon marché, spirale des salaires (ces derniers comptent généralement pour 40 % des dépenses totales d'un transporteur aérien), passagers plus rares en raison du ralentissement des affaires, etc.

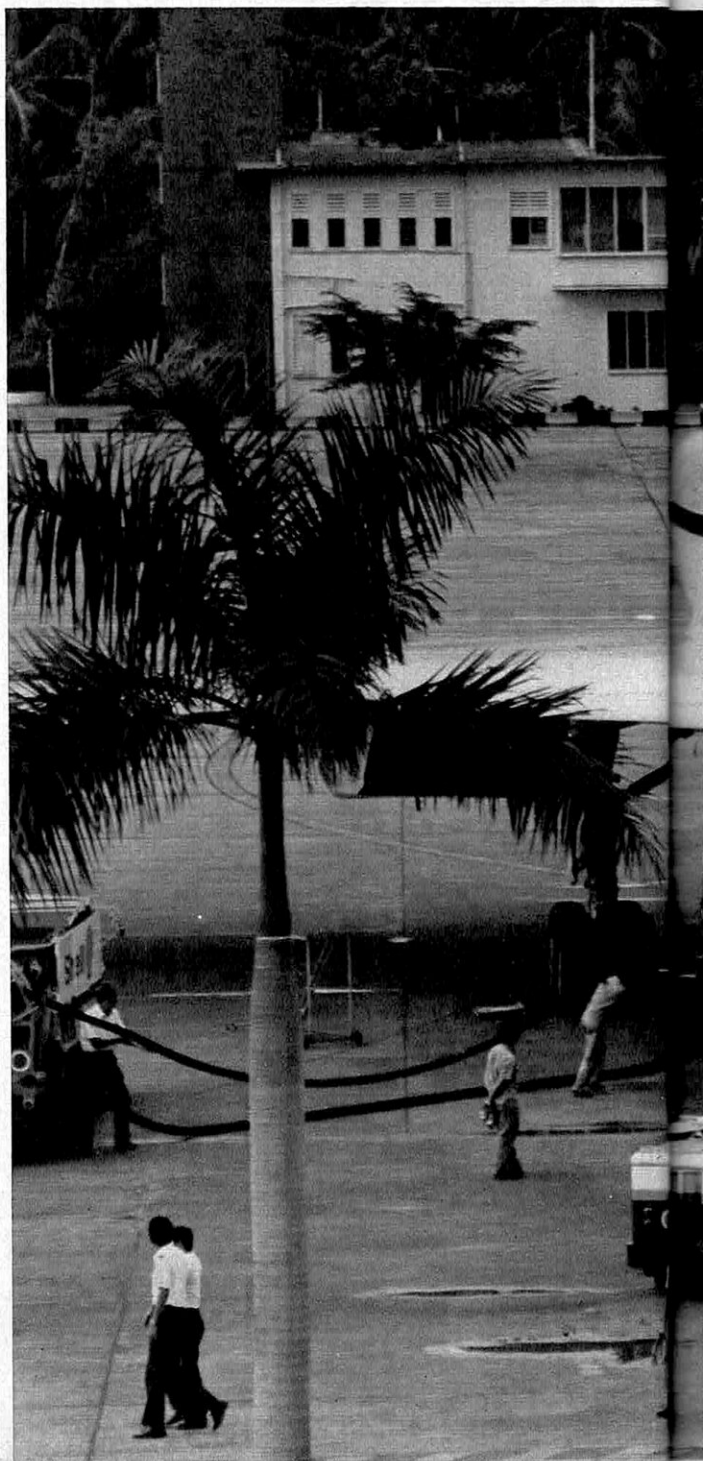
Du jour au lendemain, l'environnement économique du transport aérien a été entièrement modifié. Les réactions correctives n'ont pas tardé, mais elles ne pouvaient pas avoir des effets à très court terme : en raison même de ses particularités, l'aviation commerciale moderne présente une inertie certaine.

Il convient tout d'abord de faire remarquer qu'à l'opposé d'autres secteurs, le transport aérien n'est pas en mesure d'adapter son rythme de production aux fluctuations de la demande. Sa marge de manœuvre est extrêmement étroite.

Alors qu'une chaîne de fabrication d'un quelconque produit de grande consommation peut être ralentie ou accélérée dans des temps très brefs et qu'il est toujours possible, si nécessaire, de stocker les marchandises invendues, l'aviation produit une denrée essentiellement périssable : le siège (ou le m³ de soute à marchandises) qui n'est pas occupé à l'instant du décollage est définitivement perdu et le manque à gagner qui en résulte ne pourra pas être compensé d'une autre manière.

Car les unités de production sont évidemment indivisibles : un avion de ligne comporte un certain nombre de sièges, offre une capacité donnée. On peut y opposer, par exemple, la souplesse des transports ferroviaires qui peuvent envisager de réduire ou d'augmenter le nombre de wagons, au jour le jour, en fonction des fluctuations de la demande...

Seul rectificatif possible : sur les grands axes à forte densité de trafic (Atlantique Nord, lignes « chargées » comme Paris-Londres, etc.) réduire la fréquence des vols à certaines périodes de



Photographié à Singapour lors d'essais par temps chaud, le premier exemplaire de série de Concorde. L'entrée en service est prévue pour le début de 1976. En haut, un BAC One-Eleven de la compagnie charter Court Line, victime en 1974 de la rivalité entre transporteurs réguliers et non réguliers.





Les très modernes installations de Roissy ont été mises en service voici un peu plus d'un an, à une époque où les compagnies aériennes connaissaient de graves difficultés nouvelles. Les unes étaient liées à une conjoncture économique générale très peu favorable, les autres à une augmentation massive du prix des carburants. Ce prix intervient désormais pour 25 % dans les coûts d'exploitation, contre environ 10 % avant la guerre du Kippour. Les difficultés liées à la conjoncture générale se sont traduites, par exemple, par une régression de plus de 10 % du trafic passagers des compagnies transatlantiques membres de l'IATA (International Air Transport Association) en 1974. A d'autres points de vue encore le transport aérien connaît des temps ingrats. A Roissy comme ailleurs, on a dû multiplier contrôles et surveillances pour la protection des avions et des passagers.



l'année. Mais, alors, le matériel vole moins et faire faire « du béton » à un appareil coûte cher. Une bonne productivité signifie qu'un avion doit voler en moyenne de 8 à 12 heures par jour tout au long de l'année. Sans quoi, par le jeu des amortissements, les prix de revient deviennent prohibitifs.

Les gros-porteurs long-courriers (B-747 et DC-10, notamment) se prêtent à des configurations « mixtes », c'est-à-dire qu'ils peuvent emporter, dans des proportions variables, des passagers et du fret. Mais cette formule peut difficilement être généralisée.

Reste donc à adapter la flotte aux besoins réels. Et c'est là que l'on se heurte à des échéances qui ne laissent guère de place à une véritable souplesse.

Tout d'abord, un avion de ligne moderne doit être amorti en un minimum d'une douzaine d'années, voire davantage. Le revendre avant terme constitue généralement une très mauvaise affaire sur le plan financier. Encore faut-il trouver acquéreur, ce qui n'est pas simple : les mêmes problèmes frappent généralement l'ensemble de la profession et non l'une ou l'autre compagnie isolée.

Inversement, lorsqu'il s'agit de commander des appareils nouveaux, par exemple des modèles de conception récente susceptibles de permettre des économies de carburant substantielles, il faut tenir compte de délais de livraisons importants (deux ans en moyenne).

Dans un tel contexte, les compagnies aériennes ne sont pas en cause. La qualité et le dynamisme de leur gestion ne peuvent être critiqués. Mais une première conclusion s'impose : les événements montrent l'impérieuse nécessité d'un temps d'arrêt dans l'expansion, d'une refonte des structures. Pour y arriver, pour s'organiser sur la base de ce qu'on pourrait peut-être appeler la croissance zéro, l'industrie du transport aérien a besoin de temps. De plusieurs années.

Une simple extrapolation

Les divers problèmes auxquels se sont heurtées les compagnies montrent que le transport aérien s'appuie sur un marché fragile et qu'il est très sensible à des perturbations qui échappent entièrement à son contrôle. Mais on est en droit de se demander si les leçons du passé ont été utilisées comme elles le méritaient. Il faut bien admettre que le doute est permis.

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, l'aviation commerciale est engagée dans une véritable fuite en avant. Grâce aux progrès de la technique, elle a connu une expansion extraordinaire. Depuis l'époque héroïque des DC-4 et « Constellation », poussées par des constructeurs qui allaient fréquemment bien au-devant des besoins, les compagnies ont successivement profité des atouts considérables des premiers jets (1960) puis, une dizaine d'années plus tard, de la génération des gros-porteurs. « Concorde » ouvre la voie de l'ère supersonique.

Mais on constate aussi que les programmes futurs ont été imperturbablement construits sur une simple extrapolation du passé. C'est-à-dire sur la poursuite d'une croissance du trafic de l'ordre de 15 % par an, davantage même dans certains secteurs privilégiés.

En continuant aveuglément dans cette voie, et sans même tenir compte de la crise pétrolière qui n'était peut-être pas prévisible, ne risquait-on pas, tôt ou tard, de déboucher sur des difficultés insurmontables ? Le moment est bien choisi pour repenser la question. Sous la contrainte, les compagnies doivent soudain admettre que leur taux de croissance du passé n'est plus de mise.

C'est là une deuxième conclusion de la crise : non seulement l'ère de l'énergie à bon marché est terminée, mais la profession doit se réorganiser en fonction d'une demande stabilisée. Lorsqu'elle reprendra, l'expansion du trafic obéira à des règles entièrement nouvelles.

Aussi peut-on estimer que l'euphorie des trente dernières années a empêché la plupart des experts d'entrevoir l'approche d'un tournant décisif qui se serait de toute manière présenté sur leur route, tôt ou tard.

Les chiffres sont éloquentes : l'année dernière, les compagnies aériennes du monde libre ont transporté 505 millions de passagers. C'est un total imposant qui résume éloquentement les résultats d'une expansion rapide. Mais, par rapport aux statistiques de 1973, on constate aussi que la progression n'a été que de 5 %. Sur certains grands axes, un mouvement de recul très net a été enregistré.

Le fret, par contre, a encore augmenté de 12 % et il représente maintenant près du quart du chiffre d'affaires global des compagnies aériennes régulières.

Pour tenter de concrétiser le rapide survol auquel nous venons de procéder, il est indispensable d'évoquer un certain nombre de points qui constituent les éléments de base de la crise et, en même temps, l'amorce des solutions qui sont envisagées ou en cours d'application.

■ **Les tarifs.** Puisque les prix de revient augmentent, l'aviation commerciale a-t-elle augmenté ses prix de vente comme l'aurait fait tout autre secteur de l'économie ? Bien entendu, la réponse est affirmative, mais elle est aussi très complexe. Pratiquement toutes les compagnies régulières (110 environ) sont membres de l'Association internationale du transport aérien (IATA) dont l'un des rôles principaux consiste à fixer les tarifs, lesquels sont ensuite approuvés par les autorités gouvernementales de chacun des pays concernés.

Les difficultés actuelles n'empêchent pas la naissance de nouvelles compagnies, par exemple, et bien que son cas soit un peu particulier, celle de la Chine populaire, qui fait voler des Trident 2 (en haut). Quant à l'Airbus européen, il n'a pas encore séduit beaucoup de compagnies.



En théorie, cette formule est simple et se justifie entièrement. Elle évite une guerre fratricide des tarifs, permet une coopération efficace et sert largement les passagers. Pour se rendre d'un pays à un autre, on choisit l'une ou l'autre compagnie en fonction des horaires, des correspondances, d'une image de marque, mais en sachant que le prix du billet sera identique. Un même titre de transport peut être endossé par un transporteur qui n'avait pas été choisi au départ et une chambre de compensation, qui brasse chaque année des dizaines de milliards de francs, donne à une telle opération un caractère anodin. L'IATA, indubitablement, est indispensable au bon fonctionnement de l'aviation commerciale.

Par contre, en raison de la diversité des préoccupations de ses membres, ses rouages sont lourds. Et les décisions tarifaires s'appuient sur la règle inébranlable de l'unanimité.

Lorsqu'a éclaté la crise pétrolière, il a d'abord fallu que chaque compagnie en apprécie avec exactitude les conséquences pratiques. Puis s'est déroulée une vaste confrontation des points de vue en présence. Là encore, il fallait rompre avec le passé : depuis 1946, compte tenu de l'érosion monétaire, de l'évolution du pouvoir d'achat, voire même en monnaie constante, les tarifs aériens n'avaient cessé de décroître. Ceci grâce à l'augmentation soutenue du trafic et aux progrès sans cesse renouvelés de la technique.

Admettre la fin de cette ère a été difficile. Mais il a fallu se rendre à l'évidence pour éviter la catastrophe. Plusieurs augmentations se sont succédées de manière rapprochée tout au long de l'année dernière, pour arriver, en moyenne, à un total de l'ordre de 30 %. C'était peu, proportionnellement, par rapport aux augmentations du prix du carburant et aux méfaits de l'inflation, mais beaucoup par rapport à ce que pouvait admettre le passager moyen, homme d'affaires ou touriste. Et là encore, chacun a réalisé l'étroitesse de la marge de manœuvre qui lui était laissée.

Déjà la conjoncture économique avait réduit l'expansion du trafic. L'augmentation des tarifs, surtout en tenant compte des retards avec lesquels elle a été appliquée, ne compensait que très imparfaitement le gouffre financier qui s'était soudain ouvert. Il aurait fallu aller plus loin.

Mais, à ce moment, l'équilibre précaire entre l'offre et la demande aurait été entièrement rompu. Faute d'expansion, il fallait au moins conserver la clientèle acquise et ne lui imposer que des augmentations tarifaires acceptables. Au moment où seront connus les bilans financiers définitifs de 1974 et, surtout, ceux de 1975, nous saurons si cette opération délicate a été réussie, entièrement ou partiellement.

affaibli leurs positions et remis en cause leur équilibre financier ? Là encore, on doit répondre affirmativement. Et rechercher les causes de cette politique.

En un premier temps, les compagnies régulières ont diminué leurs tarifs de leur plein gré, estimant qu'il fallait tirer le meilleur parti de l'augmentation sensible de la productivité des avions à réaction pour attirer de nouvelles couches de clientèle susceptibles de permettre la poursuite de l'expansion du trafic. Mais, en un deuxième temps, ce mouvement de diminution des tarifs a été poursuivi pour répondre à la concurrence de plus en plus sévère des compagnies non-régulières dites charters.

Ces dernières, en grande partie grâce à la libéralité de certains gouvernements, ont pris une importance considérable sur certains marchés-clé comme l'Atlantique Nord. En principe, elles devaient être complémentaires par rapport aux compagnies assurant des vols réguliers, mais la frontière trop floue de leur zone naturelle d'action a fréquemment été violée. Ce qui a justifié un transfert de clientèle important des unes vers les autres.

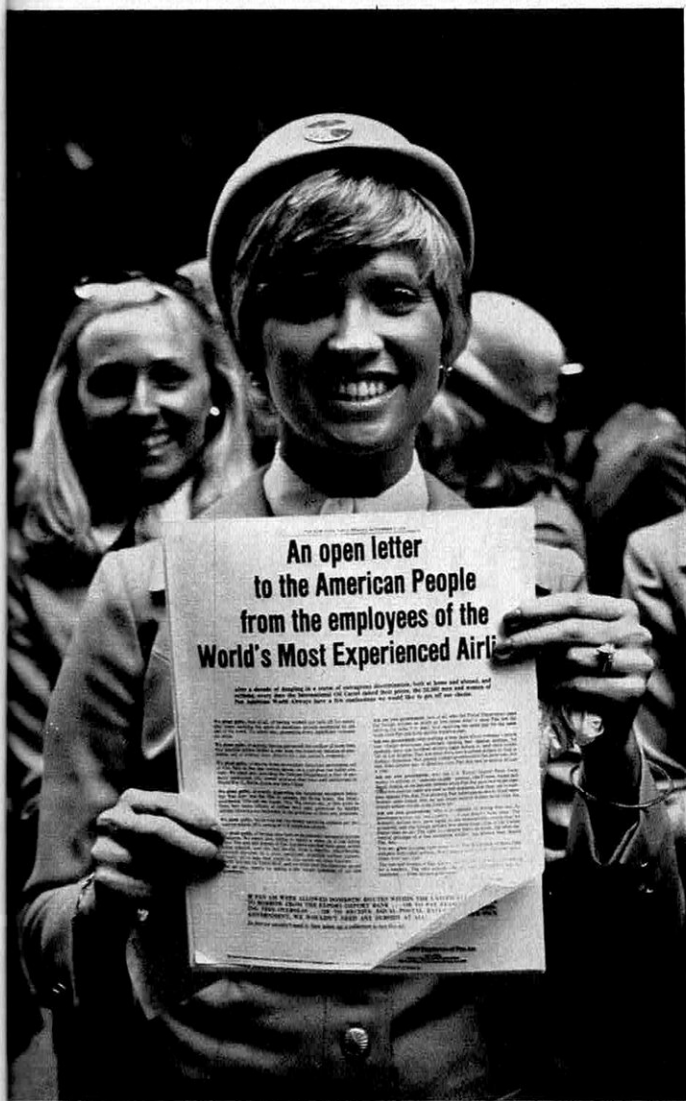
Par définition, une compagnie charter peut limiter ses frais généraux à un strict minimum puisqu'elle ne doit pas entretenir un vaste réseau commercial. Elle ne compte en effet que quelques clients, généralement des « tours operators », grossistes des agences de voyages. Elle vend la totalité de la capacité de chacun de ses vols à un prix forfaitaire, souvent calculé à l'heure de vol. Dans ces conditions, il est évidemment possible d'offrir à des passagers voyageant en groupe des conditions plus avantageuses que celles des compagnies régulières.

Cette situation correspond en réalité à un problème mal posé, résultat d'une attitude de laissez-faire des autorités de tutelle de l'aviation civile. La formule charter couplée au principe des I.T., Inclusive Tours ou voyages à forfait, est à la base d'un tourisme social qui a toutes raisons d'être encouragé. Par contre, il est anormal que cette formule, souvent profondément déformée, conduise à une concurrence sévère entre deux types de transport aérien.

En l'absence d'accords internationaux ad hoc, les compagnies régulières, pour préserver leur marché, ont donc été amenées à multiplier les tarifs dits promotionnels. Mais la recette unitaire moyenne a diminué, contribuant effectivement à l'affaiblissement des finances de nombreux transporteurs et les préparant mal à résister à la crise actuelle.

Les charters, pour leur part, n'ont pas hésité à glisser sur le terrain de la surenchère. A court terme, le public était gagnant. Mais la liste des victimes s'allonge : de nombreuses compagnies charters ont déposé leur bilan au fil des mois : Court Line et plusieurs autres en Grande-Bretagne, Pomair en Belgique, Phoenix en Suisse, etc.

■ **Les charters.** Depuis le début des années soixante-dix, les tarifs aériens n'étaient-ils pas descendus à un niveau trop bas ? Et, dans ce cas, les compagnies n'ont-elles pas imperceptiblement



Avec la crise pétrolière, la compagnie Panam a vu ses jours menacés. Son personnel est descendu dans la rue pour réclamer la survie de l'entreprise.

■ **Les matériels.** Les avions de ligne actuels sont-ils bien adaptés à un environnement économique nouveau ? Non, dans la grande majorité des cas. En effet, les modèles qui forment l'essentiel des flottes en service ont été conçus il y a une quinzaine d'années, à une époque où personne n'envisageait une hausse importante du prix du pétrole.

Des progrès considérables ont été enregistrés avec l'apparition des turbo-réacteurs à double flux offrant une consommation moindre. Une nouvelle étape sera franchie lors de l'entrée en service des moteurs en cours de développement. Mais c'est finalement dans le secteur des gros-porteurs long-moyen-courriers que la situation est actuellement la plus favorable. Trois modèles dominent : le Boeing 747, le Lockheed L-1011 « TriStar » et le McDonnell Douglas DC-10. Mais il s'agit d'avions de très grande capacité (250 à 450 sièges) qu'il est souvent difficile de remplir. Ainsi, le B-747 a déjà fait son apparition

sur le marché des occasions, de grandes compagnies comme TWA n'hésitant plus à revendre une partie de leur flotte pour en revenir à des modèles de capacité nettement moindre.

Dans le domaine des court-courriers, un nouvel avion particulièrement économique retient l'attention, l'airbus européen A-300. Mais c'est également un gros-porteur. A court terme, les compagnies préfèrent mettre en œuvre des avions qui soient à la fois économiques et qui offrent une capacité plus raisonnable.

Il n'est pas nécessaire de dresser un inventaire complet des différents types d'avions de ligne en cours de production, avec plus ou moins de succès, pour tirer une conclusion évidente : l'euphorie qui a trop longtemps régné chez les dirigeants de la plupart des compagnies, à propos de la poursuite de l'expansion, a laissé le champ libre, au-delà du raisonnable, aux constructeurs aéronautiques.

La concertation entre vendeurs et acheteurs a longtemps été insuffisante. Les bureaux d'études concevaient un nouveau modèle sur la base de leurs propres prévisions, puis le présentaient aux compagnies. Cette époque est certes révolue, mais il est curieux de constater qu'il aura fallu attendre plusieurs décennies avant que ne débute un dialogue indispensable à la bonne marche du transport aérien.

■ **L'écologie.** La protection de l'environnement est au premier plan de l'actualité depuis quelques années. L'aviation civile est directement visée par les écologistes qui s'en prennent régulièrement au niveau sonore exagéré des avions de ligne et à la pollution atmosphérique (plus spectaculaire que réelle) engendrée par les turbo-réacteurs de conception ancienne.

Là encore, des efforts considérables ont été consentis et des progrès notoires obtenus. Mais, nous l'avons vu, un avion moderne, qui représente un investissement de 50 à 150 millions de francs, s'amortit sur de nombreuses années puis termine sa carrière dans la flotte de l'une ou l'autre de ces compagnies charter qui ne peuvent se permettre l'achat de matériel neuf.

L'alternative est simple : faut-il attendre patiemment la disparition progressive des matériels anciens, en sachant que les avions de nouvelle génération sont moins bruyants et utilisent des moteurs « propres » ? Ou, au contraire, faut-il obliger les compagnies à transformer sans tarder tous les avions qui ne répondent pas à certains critères écologiques ?

En considérant uniquement les compagnies aériennes membres de l'IATA, on constate que 2 500 appareils devraient subir des modifications plus ou moins importantes représentant une dépense globale de deux milliards et demi de dollars ! Dans les conditions actuelles, les compagnies estiment que cette solution est inacceptable.

Entre-temps, les compromis se sont multipliés. En ce qui concerne le trafic de nuit, la notion



*Si le trafic passagers
a connu une diminution notable
au cours de l'année écoulée,
il n'en a pas été de même
pour le transport de fret.
On peut, au contraire,
remarquer une progression en tonnage
de 5,5 % pour
les compagnies transatlantiques
membres de l'IATA.*

*Des compagnies comme Air France,
Lufthansa, Japan Air Lines,
se dotent d'ailleurs de Boeing 747 tout cargo,
pouvant transporter 90 tonnes
de fret « palettisé » sur 7 000 km.*





Photos J.-P. Bonnin

de couvre-feu se généralise sur les aéroports. Les uns y trouvent enfin le sommeil ; les autres se demandent comment conserver malgré tout la productivité de leurs flottes.

Là encore, on constate l'absence de vision à long-terme. Partout dans le monde, à proximité des grands aéroports, la spéculation immobilière l'a emporté sur le bon sens. Et les réglementations sont insuffisantes, imparfaitement respectées ou complètement dépassées.

Les perspectives à terme, heureusement, sont encourageantes : les avions de ligne deviennent nettement moins bruyants que dans le passé. Mais force est de constater, une fois de plus, qu'en aéronautique, les échéances sont fréquemment trop longues.

■ **La piraterie aérienne.** Un autre problème délicat auquel doit faire face le transport aérien est celui de la piraterie aérienne. Le phénomène a, au cours de ces dernières années, pris des proportions inquiétantes. Et ceci malgré les mesures préventives qui ont été décidées et (généralement) appliquées avec sérieux et bonne volonté.

Sur le plan économique, la piraterie coûte cher aux compagnies. Non que la clientèle soit découragée, mais parce que la fouille des bagages et autres mesures de protection à présent généralisées vont à l'encontre d'une rotation régulière des matériels et remettent constamment en question le respect des horaires.

■ **La sécurité.** Dans les milieux du transport aérien, on ne parle pas volontiers de statistiques qui, pourtant, confirment que l'avion est un mode de transport sûr. Traduite en chiffres, cette notion signifie qu'il y a 0,05 accident par 100 000 heures de vol et que les pertes de vies humaines, en diminution constante, sont de 0,32 par 100 millions de passagers-kilomètre.

Par contre, précisément parce que la capacité des avions civils a été multipliée par 100 depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, il est évident qu'un accident risque de prendre des allures de catastrophe. L'exemple d'Ermenonville est dans toutes les mémoires.

Les progrès accomplis sont considérables et se poursuivent sans désespérer. De toute évidence, les passagers l'ont maintenant parfaitement bien compris.

■ **Des libertés illusoires.** Nous l'avons vu, les compagnies aériennes évoluent dans un environnement économique et technique extrêmement complexe et, plus particulièrement cette année, elles doivent tenter de résoudre simultanément un grand nombre de problèmes dont dépend leur survie. Sur le plan commercial, comme le prouve l'exemple des relations difficiles entre transporteurs réguliers et charters, les contraintes sont nombreuses et l'encadrement réglementaire encore imparfait.

En réalité, la liberté d'action des compagnies



Si leur coût d'exploitation est relativement faible, les

aériennes est souvent illusoire. Elles ne peuvent fixer librement leurs prix de vente mais, par contre, elles doivent respecter de multiples obligations ou endosser des charges fixées unilatéralement (redevances de vol et taxes d'atterrissage, par exemple). De plus, il ne leur suffit pas de déceler l'existence de flux de trafic nouveaux pour être en mesure de créer de nouvelles lignes. Les droits de trafic sont négociés par les autorités gouvernementales, parfois à l'intérieur de discussions plus vastes où le transport aérien a peu à faire.

■ **L'Europe du transport aérien.** Compte tenu de l'ampleur des problèmes qui se posent, et dont nous venons d'évoquer quelques aspects, on est en droit de se demander si une plus grande cohésion ne devrait pas s'instaurer. Cette remarque s'applique en tout cas à l'Europe qui offre une curieuse mosaïque de compagnies, actuellement très affaiblies, qui, toutes, tentent de résoudre les mêmes problèmes dans un environnement hostile et avec des moyens souvent très limités.



Les grands courriers de la nouvelle génération, comme le DC-10-30, offrent une capacité parfois trop élevée.

L'idée n'est pas neuve. Il y a quinze ans déjà, quelques esprits éclairés avaient tenté de créer Air Union, entreprise internationale qui aurait regroupé les compagnies nationales des pays du Marché commun. Les nationalismes l'ont emporté sur le bon sens. D'autant plus facilement que le Traité de Rome ne prend pas en considération les transports aériens.

Depuis lors, des progrès ont néanmoins été accomplis, mais au seul niveau de la coopération technique (groupements Atlas, dont fait partie Air France, et KSSU où figure UTA, pour la mise en commun des moyens de support technique des types de matériels utilisés simultanément par les différents partenaires). Autre exemple, plutôt que de créer ses propres installations électroniques de réservation automatique, la Sabena a conclu un accord lui permettant de partager les installations d'Air France.

Mais, sur le plan commercial, que l'on parle de l'Europe géographique ou de l'Europe communautaire, chaque pays conserve une volonté d'indépendance totale. Le contraste est frappant avec les Etats-Unis, qui ne comptent

que deux compagnies internationales à part entière.

De même, c'est en vain qu'à l'intérieur des frontières de la CEE, on cherche les traces d'une aviation commerciale européenne qui tiendrait véritablement compte des exigences de la clientèle plutôt que de l'existence des frontières.

Au-delà de ses formidables succès, l'aviation commerciale semble donc encore mal assurée de son avenir. Elle traverse la crise la plus grave de son histoire, ce qui lui permet aussi de justifier une position d'attente vis-à-vis de certains problèmes latents qui intéressent davantage les passagers que les économistes.

Une conclusion empreinte d'optimisme s'impose néanmoins : il est certain que les problèmes que nous avons brièvement évoqués seront résolus. L'industrie du transport aérien devrait en sortir grandie, avec une caractéristique qui lui faisait peut-être défaut jusqu'à présent, la vraie maturité d'esprit.

Pierre SPARACO



SPÉCIAL PARACHUTISME

Il est né avant l'avion, en France, sous la Révolution. Son inventeur, Jacques Garnerin, qui l'utilisa pour la première fois, l'appela «parachute». Il fut de toutes les conquêtes de l'air. C'est grâce à lui que les astronautes de retour de l'Espace freinent leur descente avant de se poser sur terre ou sur mer. C'est encore lui que l'on trouve à la queue des chasseurs



rapides ou du Concorde pour ralentir la vitesse à l'atterrissage. Et c'est encore grâce à lui que nos modernes hommes-oiseaux peuvent pratiquer ces jeux de mains que l'on appelle «étoiles», fugitives couronnes humaines réalisées en chute libre. Mais il s'agit alors d'un sport de grande maîtrise et de technique précise que l'on appelle le parachutisme sportif.

Les premiers engins destinés à ralentir la chute des ambitieux de l'aventure verticale furent des parasols. Les historiens de la Chine ancienne rapportent d'audacieux exploits. Celui-ci se jette du haut d'une grange en flammes, tenant à bout de bras deux vastes chapeaux de roseaux. Ceux-là, grimpés au haut de tours élevées, se lancent suspendus à de grands parasols.

Du Siam, l'actuelle Thaïland, Simon de la Loubière, ambassadeur de France en 1687, conte les exploits à lui rapportés d'un acrobate monté au sommet de quatre longues perches mises bout à bout et se jetant de là, retenu par deux larges parasols aux hampes passées dans sa ceinture.

En l'an 1502, Léonard de Vinci dessine le parachute. Newton, en 1710, par ses recherches sur la suspension des « graves » dans l'air, établit les bases de la théorie mathématique du parachute. En 1783, Jean-Pierre Blanchard fait construire un ballon de soie vernie auquel il suspend un « appareil d'aviation ». La nacelle est équipée d'un petit gouvernail et de deux parties d'ailes articulées à mouvements alternatifs. Un parachute disposé entre la nacelle et le ballon sert à ralentir la descente.

« Le 1^{er} Brumaire de l'an 6 (22 octobre 1797) à 5 h 28 mn du soir, le citoyen Garnerin s'élève à ballon perdu au parc de Monceau. Un énorme silence règne dans l'assemblée. L'intérêt et l'inquiétude sont peints sur les visages. Ayant dépassé la hauteur de 350 toises (700 m environ), l'astronaute coupe la corde qui unit son parachute et son char à l'aérostat. Ce dernier explose et le parachute sous lequel Garnerin est placé descend très rapidement ; il prend un mouvement d'oscillation si effrayant qu'un cri d'effroi échappe aux spectateurs et les femmes sensibles se trouvent mal. Cependant Garnerin descend dans la plaine de Monceau au milieu d'une foule immense qui marque son admiration pour le talent et le courage de ce jeune aéronaute. Le citoyen Garnerin est le premier qui ait osé entreprendre cette expérience hasardeuse. Il en avait conçu le projet dans les prisons de Bude en Hongrie où il fut longtemps prisonnier d'Etat à la suite du sanglant combat de Marchienne, en 1793. »

Un homme a osé. La dimension verticale est violée. La première descente en parachute en air libre appartient à l'histoire.

Par la suite, l'Américain Baldwin invente le harnais qui libère le parachutiste de l'encombrante nacelle. L'Allemande Käthe Paulus, en 1850, invente le pliage et saute d'une nacelle de ballon avec succès. Aux Etats-Unis, en mars 1912, à St-Louis, le capitaine Berry saute d'un avion biplan. Le 28 avril 1919, le jeune inventeur américain Leslie Irving saute de 600 m d'altitude et actionne sa commande d'ouverture de parachute après 200 m de chute libre. En 1935, aux manœuvres de Kiev, les Soviétiques larguent 600 parachutistes et font la première démonstration d'infanterie militaire aéroportée.

La Seconde Guerre mondiale, puis celles d'Indochine et de Corée, font la preuve de l'effi-

cacité du parachute en zone d'insécurité, partout où l'avion ne peut se poser, où l'hélicoptère est exposé au feu adverse, où l'intervention rapide, massive ou singulière, est souhaitable. Militairement, le parachutiste n'est qu'un fantassin d'élite souvent en infériorité numérique par rapport à ses adversaires, mais galvanisé à ses propres yeux et à ceux de ses ennemis par cet acte qu'est le saut. Un acte, pourtant, qui est le plus simple du monde.

Un exploit à ne pas imiter

Sauter d'un avion en vol à 5 000 m d'altitude revêtu d'une combinaison et d'un harnais nu, sans parachute, c'est à première vue, de la folie suicidaire. Parvenir dans cet équipement à rejoindre en chute libre un autre parachutiste qui vous tend à bout de bras un parachute plié dans son sac, l'accrocher à son propre harnais, tirer la poignée d'ouverture et se retrouver à 2 000 m, suspendu confortablement sous une coupole pour descendre doucement rejoindre la terre de Californie, c'est un exploit. Un exploit extraordinaire que réalisa en janvier 1965 l'Américain Rod Pack, cascadeur professionnel et parachutiste sportif, qui fut interdit de saut à vie et pénalisé d'une sévère amende ! Un exploit techniquement réalisable par de nombreux parachutistes au monde, mais pour lequel il faut « un cœur gros comme ça » et une ceinture de plomb pour compenser la différence de poids par rap-



Le parachutiste sportif est toujours équipé de deux parachutes. Ici un ensemble français EFA Match.

port aux autres parachutistes en chute libre afin de ne pas se trouver toujours plus haut qu'eux. Exploit qui témoigne d'une technique parfaite, précise, « pointue », mais dont les conséquences malheureuses pour son auteur font ressortir qu'il existe une réelle organisation de ce sport dont on ne doit pas violer les règles. Autant dire qu'il faut dissuader des milliers de pratiquants de prendre pour exemple une telle folie audacieuse.

Les techniques du parachutisme sportif, précision d'atterrissage, voltige, travail relatif, sont heureusement par elles-mêmes suffisamment intéressantes pour que le pratiquant y trouve son compte sans risquer de se faire interdire à vie.

Avant d'être capable d'une performance ou d'un exploit, le parachutiste aura beaucoup à apprendre. Au sol d'abord, puis en vol, car la progression est plus pratique que théorique et la participation individuelle essentielle à l'assimilation. Il s'agit d'une technique sportive accessible à tous, moins difficile et moins dangereuse que beaucoup d'autres, mais handicapée de légendes tenaces autant qu'absurdes. Un parachutiste tombant en chute libre respire aussi bien qu'un homme marchant dans la rue ; il n'est même pas essoufflé, le saut n'étant pas un exercice musculaire. La vitesse en l'air s'accroît jusqu'à une vitesse limite où s'opposent et s'équilibrent la pesanteur et la résistance de l'air. A ce stade, le parachutiste est porté et trouve ses appuis. L'impression dominante des premiers sauts est le silence et la petitesse des choses d'en bas. Toute référence de l'œil à des objets proches étant supprimée, le relief se trouve gommé. Quant à la « peur », nous y reviendrons.

Le parachute

Un parachute se compose d'un harnais, d'un sac, d'un cône de suspension qui, par des suspentes, lie le parachutiste saigné dans le harnais à la voile, coupole de tissu de forme variable selon les constructeurs, enfin d'un dispositif d'ouverture combiné au système de fermeture du sac.

Le harnais est constitué par une sangle principale en « U », dans laquelle l'utilisateur est assis comme sur une balançoire. Pour qu'il ne puisse pas basculer en avant ou en arrière, il est retenu par des sangles secondaires qui le maintiennent aux jambes (les cuissardes), au dos par un croisillon et devant par une sangle de poitrine. Le parachutiste se boucle dans ce harnais par trois mousquetons à dégrafage rapide ou par un dispositif central qui lui permet de se libérer instantanément.

Le cône de suspension est constitué par vingt-quatre suspentes de nylon assurant la liaison entre le harnais et la voile. Chaque suspente mesure environ 6,75 m et sa résistance est de l'ordre de 250 kg. Elles sont groupées en quatre points sur des manilles qui permettent leur fixation au harnais, le « U » se prolongeant en quatre élévateurs.

La voile est en tissu de nylon, de forme variable selon le type de parachute : hémisphé-

Dans le dispositif d'ouverture automatique, une sangle reliée à l'avion extrait le parachute. L'utilisateur dispose de deux commandes de direction.



QUE COUTE LE PARACHUTISME?

Équipement individuel :

- combinaison ;
- casque ;
- bottes.

De 200 à 400 F.

Licence fédérale + assurance :

150 F à 210 F (avec indemnité journalière).

Cotisation club :

De 100 à 200 F.

Les sauts :

Leur prix est calculé en fonction de l'altitude de largage. Nous indiquons ici une moyenne, les prix variant d'un centre école à un autre.

Jusqu'à 1 500 m	25 F
2 000 m	30 F
au-delà, par 500 m	+ 5 F

Certains centres perçoivent en outre un droit annuel d'inscription de 30 à 50 F pour l'entretien de leur infrastructure et de leur matériel.

Logement :

Il est assuré dans la plupart des centres en bâtiments collectifs, parfois en chambres à deux lits. Les centres demandent une participation qui va de la location de draps (5 F) à la nuit (5 F), jusqu'au séjour à la semaine.

Les repas peuvent être pris sur les terrains ou à proximité pour un coût d'environ 10 F l'un.

Parachutes :

Ils sont mis à disposition gratuitement par les centres ou par les clubs. Un équipement personnel de compétition coûte 5 900 F, un Para Plane Silver Cloud 7 500 F. La vie d'un parachute est de 10 ans, il peut être utilisé 500 à 1 000 fois.

rique, à fentes, à tuyères, ronde, carrée, triangulaire, trapézoïdale, etc. Sa surface varie également selon son type. Ronde, elle mesure 60 m², partagée en 24 fuseaux comme une demi-orange, chaque fuseau étant encore divisé en 5 panneaux dont l'assemblage par couture assure une meilleure résistance et évite qu'une déchirure accidentelle se prolonge sur toute la hauteur. Cette même voilure a un diamètre de 6,80 m au bord d'attaque, circonférence inférieure la plus large, pour 0,30 m au bord de fuite, partie polaire où est ménagée une *cheminée* qui, en laissant échapper l'air, stabilise le parachute. Celui-ci descend ouvert à 6 m/s de vitesse verticale pour un poids au harnais de 80 kg. L'ensemble pèse 11,5 kg.

Le parachute de secours est conçu sur le même principe : sac, voile et système d'ouverture commandée. Il ne comporte pas de harnais, venant s'accrocher par quatre points au harnais principal. Il est plus petit, 45 m² de voile, 20 fuseaux, 20 suspentes de 6 m de longueur chacune, 2 élé-

vateurs courts, pour un diamètre au bord d'attaque de 5,90 m. Son poids est de 5,8 kg.

L'entraînement commence au sol

Quelque 30 nations au monde réunissent des milliers de parachutistes sportifs et ont leurs grandes Olympiades, tous les deux ans, avec un Championnat du monde confrontant plus de 200 compétiteurs. En France, on dénombre 10 000 à 12 000 licenciés qui se renouvellent chaque année dans la proportion des deux tiers grâce à de nouveaux adeptes, garçons ou filles de tous âges à partir de 17 ans, limite d'âge inférieure. Il n'est pas de limite supérieure, et l'on compte quelques dizaines de pratiquants ayant sauté à plus de 60 ans et même à plus de 70 ans.

En 1975, il existe quelque 200 para-clubs, sections d'aéro-clubs, de comités d'entreprise ou d'associations sportives municipales. Vingt-six centres-écoles ou clubs agréés ont réalisé en 1974 un total de 230 000 sauts, plus que n'en réalisent les parachutistes militaires. La Fédération française de parachutisme (1), qui dépend du Secrétariat d'Etat à la Jeunesse et aux Sports, organise, gère et contrôle toute l'activité, à travers les dirigeants élus, les instructeurs professionnels ou bénévoles, les brevets de progression. Elle établit chaque année un calendrier des compétitions régionales, nationales, internationales et se charge du Championnat de France qui se déroule depuis 9 ans à Vichy.

Jusqu'à l'acquisition d'un minimum de connaissances et la réalisation de certaines performances pratiques, les parachutistes sautent dans le cadre et sous le contrôle des écoles. Au-delà du brevet n° 6, ils n'ont plus besoin d'un instructeur pour sauter, mais restent assujettis à des conditions générales de sauts.

Le candidat parachutiste doit d'abord subir un examen médical auprès d'un médecin agréé. Il renouvellera cet examen tous les ans. Il entreprend ensuite un entraînement au sol portant sur l'utilisation des matériels et les conditions physiques du saut. Il apprend à plier son parachute, ayant toujours la responsabilité des équipements qu'il utilise, sous contrôle bien entendu.

Il doit savoir s'équiper, régler son harnais, monter dans l'avion et s'y placer correctement, quitter l'appareil par la porte ouverte et avoir après le départ, avant et pendant l'ouverture du parachute, une position correcte, en croix, face au sol. Il suffit d'un cadre figurant la porte pour apprendre à sortir et de quelques matelas usagés superposés pour apprendre à se lancer bras et jambes écartés, corps cambré. Au harnais de suspension, l'élève apprend les manœuvres élémentaires pour se diriger à l'approche du sol et se préparer à atterrir. Il doit enfin assimiler la flexion-roulé-boulé, mouvement qui lui permettra de se poser sans dommage. Le principe en est simple : au lieu de rester droit, tendu et blo-

(1) F.F.P. 35, rue Saint-Georges, 75009 Paris.



*Les sauts sur neige
permettent aux
amateurs
une initiation sans
contrainte puisque
l'atterrissage
ne présente pas
de risque.
Mais l'hiver
et la montagne
donnent
encore prétexte
à compétitions
de précision
d'atterrissage.*



qué pour encaisser le choc, le parachutiste serre les jambes, plante des pieds parallèle au sol, pointes relevées, les genoux légèrement fléchis, dos arrondi, tête rentrée, menton à la poitrine, les bras, coudes au corps, effectuant une traction sur les sangles de suspension. Ainsi, il pliera et roulera au contact avec le sol, les jambes amortissant le choc comme un ressort en « z », l'arrondi de la trajectoire étant encaissé en roulant sur le dos en diagonale... et s'il a bien exécuté le mouvement, il se retrouve debout.

Enfin, il faudra à notre candidat au saut passer des tests d'aptitude physique : grimper de corde, appuis avant tendu, exercices abdominaux. Au demeurant, rien que ne puisse exécuter un garçon ou une fille normaux.

Cet entraînement peut être suivi dans les clubs, en soirée et en week-end. Il y faut un à trois mois d'assiduité, ou bien encore on procède en période bloquée de deux à trois jours dans un centre école. Un examen sanctionne l'aptitude du candidat. Vient alors le premier saut.

Le saut à ouverture automatique

Le saut d'entraînement s'effectue toujours avec un équipement comportant deux parachutes. L'un principal, dorsal, l'autre de secours, ventral (ou même placé sur la nuque comme dans certains équipements américains). Le parachute de secours, à ouverture commandée, est utilisé uniquement en cas d'incident.

Le saut en parachute peut mettre en effet en jeu deux dispositifs d'ouverture, qui partagent en deux genres les activités des parachutistes, selon que le système est automatique ou commandé.

Dans le saut avec ouverture automatique, l'utilisateur n'a qu'à sortir de l'appareil en vol pour que, sans qu'il ait à faire quoi que ce soit, il se retrouve suspendu sous la coupole déployée. C'est le parachute « moyen de transport », celui des troupes aéroportées qui l'utilisent pour parvenir rapidement sur le champ des opérations.

Pour le sportif, cette phase est uniquement de mise en condition. D'accoutumance pour le pratiquant, de contrôle de ses réflexes pour son instructeur. Le sportif vise plus loin. Il vise à la maîtrise dans l'air. Sauter en parachute pour la première fois, c'est prendre contact avec un autre élément, une autre dimension.

Le dispositif d'ouverture automatique est constitué par une sangle d'environ 4,50 m, munie à l'une de ses extrémités d'un mousqueton métallique qui restera fixé dans l'avion. L'autre extrémité est liée à la fermeture du sac dorsal et accrochée par une « ficelle à casser » à la partie polaire de la voile, la « cheminée ». C'est la sangle d'ouverture automatique ou SOA.

Ayant fixé le mousqueton de sa sangle dans l'avion, le parachutiste saute en vol lorsque le largueur l'invite à passer la porte. La sangle se délove, se tend, arrache la fermeture du sac, déplie par traction la voile puis les suspentes.

Lorsque l'ensemble est tendu, la « ficelle à casser », de 80 kg de résistance, se rompt, séparant la SOA, qui reste accrochée dans l'avion, du parachute dont la voile s'épanouit sous la pression de l'air.

L'ouverture d'un parachute s'effectue en deux à trois secondes. Il se produit vers la fin de cette ouverture un choc violent répercuté sur l'utilisateur sanglé dans son harnais. Ce dernier répartit l'effort sur les endroits les moins sensibles du corps. La voile et les suspentes subissent aussi ce choc dynamique qui est de l'ordre de 400 à 600 kg, mais peut atteindre parfois 1 000 kg. La vitesse de l'avion largueur intervient dans l'effort du choc à l'ouverture. L'altitude, si elle est élevée, augmente aussi ces efforts.

On a cherché à atténuer ce choc et utilisé d'abord un dispositif d'amortisseurs entre les suspentes et l'utilisateur, entre autres en cousant les sangles de suspension sur elles-mêmes, la déchirure de la couture absorbant une partie du choc. Puis on a adopté un dispositif de pliage avec système d'ouverture dit « à suspentes d'abord ».

Dans ce cas, la coupole est pliée dans une gaine-fourreau conique ayant la hauteur de la voile tendue, sur laquelle sont lovées les suspentes. Le tout est contenu dans le sac principal dorsal. La SOA, en se tendant dès la sortie de l'avion, ouvre le sac principal, libérant un petit parachute extracteur qui provoque le délovage des suspentes, le délovage de la voile et enfin son épanouissement. On parvient ainsi à un étalement du choc à l'ouverture, infiniment plus supportable par l'organisme humain.

L'ouverture commandée

Le dispositif d'ouverture commandée est très différent dans sa conception. Si le parachutiste ayant sauté de l'avion ne fait rien pour ouvrir lui-même son parachute, ou s'il le fait trop tard alors qu'il tombe à 180 km/h, il s'écrasera au sol. Le système qui provoque l'ouverture rationnelle du parachute est constitué par un éjecteur-extracteur, petit parachute à ressort qui jaillit du sac dès que l'on déverrouille sa fermeture. La résistance à l'air de l'extracteur réalise une traction qui délove et tend suspentes et voile afin de permettre leur déploiement.

La commande d'ouverture du sac est une poignée disposée sur le devant du harnais. On la trouve généralement à gauche sur la poitrine, ou à droite, mais elle fut aussi placée à la ceinture,

suite page 74

En tirant sur une poignée, le parachutiste en chute libre ouvre le sac principal dorsal, libérant l'extracteur éjecteur qui tire le parachute dont la voile est maintenue dans une gaine tandis que se délovent les suspentes. Le « chuteur » doit rester stable face au sol.





J. Dubourg.



En championnats du monde de précision d'atterrissage, chaque concurrent tente d'atteindre le centre d'une cible, prenant souvent beaucoup de risques et écoutant ensuite les critiques des juges et entraîneurs.



LES HOMMES-OISEAUX

L'orgueil porta Icare vers le soleil. D'autres ambitieux ont écrit une histoire des hommes-oiseaux. En 1910, le tailleur autrichien Reichelt essaye un vêtement parachute de dimensions insuffisantes. Le 6 février 1912, devant les badauds accourus en foule à l'annonce de la tentative, il se jette du 1^{er} étage de la Tour Eiffel et se tue.

En 1937, l'Américain Clem Sohn présente à Vincennes, au cours d'un meeting aérien, un numéro d'homme-oiseau. Sa combinaison se prolonge sous les bras d'ailes de toile, articulées et armées, et entre les jambes d'une pièce de tissu qui, jambes écartées, lui fait une queue de pigeon. Devant une foule considérable, le 27 avril, sur le terrain du Polygone, l'une de ses ailes s'arrache, entrave l'ouverture du parachute dorsal qui se met en torche, puis celle du ventral, et l'homme s'écrase au sol.

En 1953, à Augsburg, c'est le Suisse Rudolph Böhlen qui se tue en exhibition.

En 1956, en Angleterre, Léo Valentin, homme-oiseau français et parachutiste fort connu, saute avec des ailes rigides. A la sortie de l'avion, il heurte le fuselage, faussant l'articulation et le corset de ses ailes. Il tombe en vrille. Gêné par des « plumes » hors d'usage, le parachute ne s'ouvre pas et l'homme s'écrase prisonnier d'un amas de contreplaqué et de nylon inutile.

En 1961, puis en 1963, les frères Guy et Gérard Masselin se tuent pour avoir voulu, eux aussi, étonner le public.

Jamais aucun homme-oiseau n'a volé, n'a tenu l'air. Ils ne sont parvenus qu'à freiner de quelques secondes leur vitesse de descente verticale. Un parachutiste obtient aujourd'hui le même résultat en sautant avec une combinaison ample en tissu épais et raide sur laquelle l'air ne glisse pas.

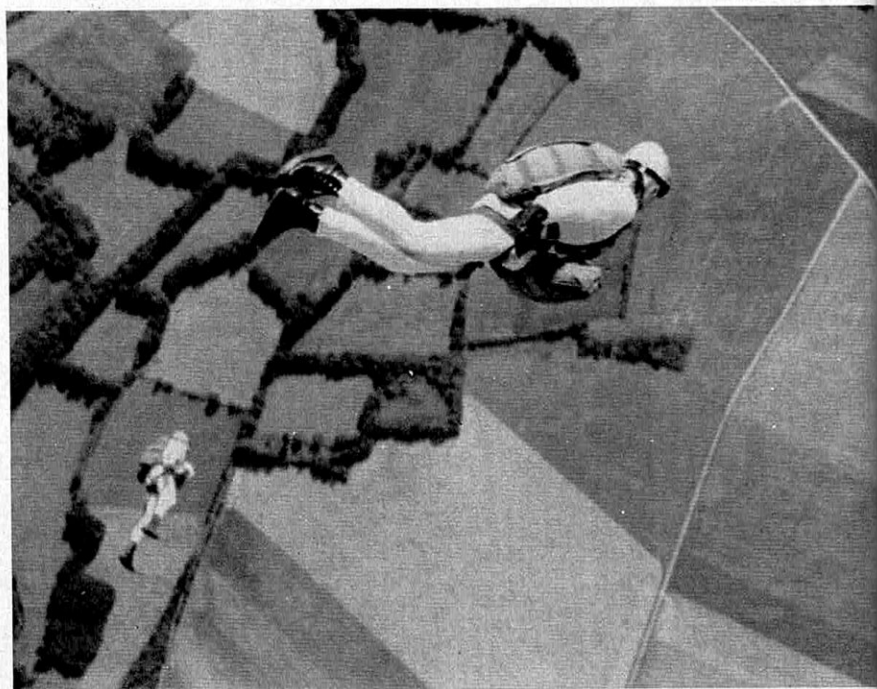
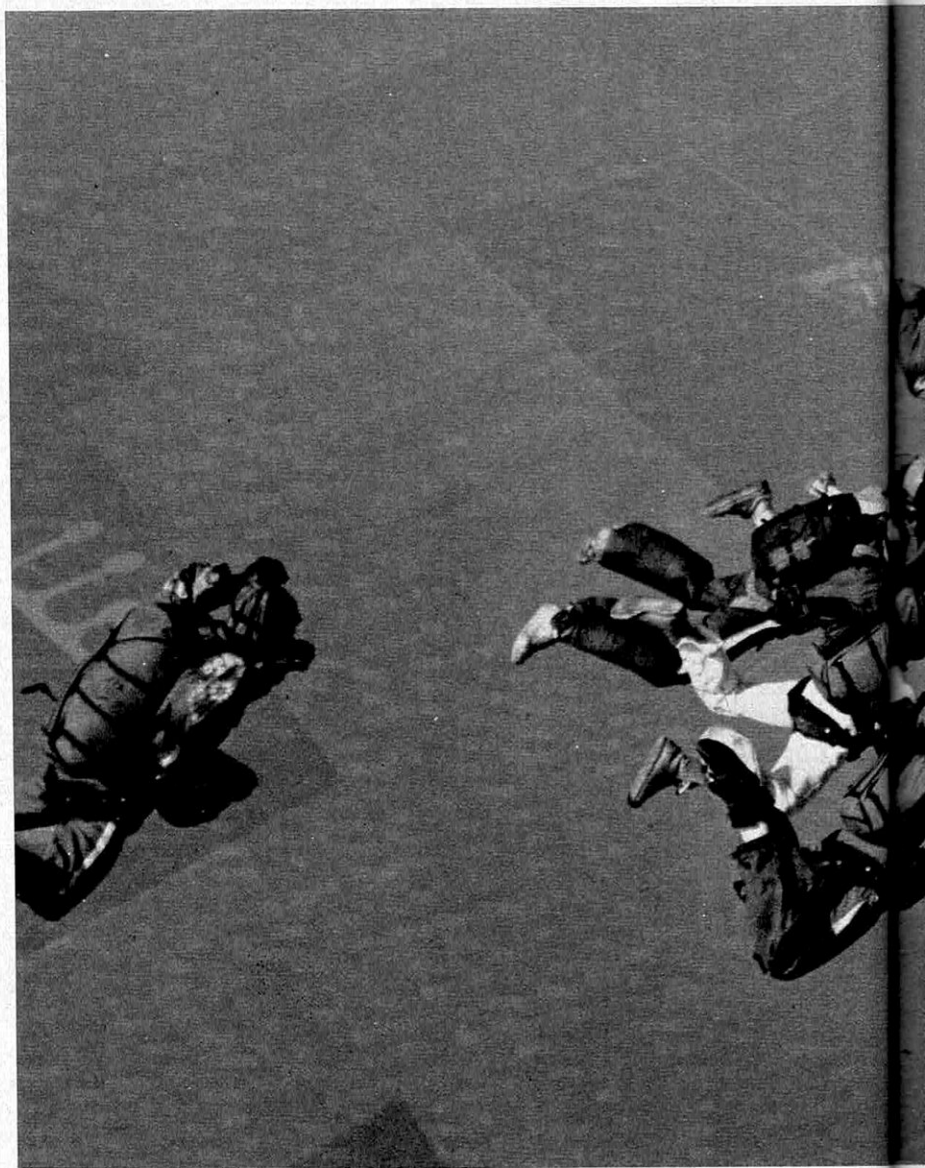


Photo KRI



Photo J.-P. BOUÏF



La technique de conduite du corps humain en chute libre dans l'air atteint une telle perfection que les parachutistes travaillent en groupe pour former des figures en s'accrochant par les mains à leurs combinaisons.

Selon la position des bras et des jambes, le parachutiste dérive, avançant horizontalement (en bas à gauche), ou se tient parfaitement stable, descendant verticalement (en bas à droite).

C'est l'utilisation de ces variations de « régime », de taux de chute, qui permet de venir rejoindre un autre parachutiste. On atteint parfois une vitesse de déplacement horizontal de 30 km/h.





Le parachutiste militaire s'entraîne d'abord à la tour de sauts, au stop-chute et au harnais. Les meilleurs, rigoureusement sélectionnés, deviendront chuteurs opérationnels capables de sauter en chute libre, de jour comme de nuit, avec armes et bagages.



au centre ou latéralement. Cette poignée est prolongée par un câble métallique fin dont l'extrémité porte des aiguilles venant verrouiller la fermeture du sac. Une traction sur la poignée ouvre le sac, libérant l'éjecteur-extracteur.

On a d'abord fixé l'éjecteur-extracteur au bout d'une drisse attachée au sommet de la voile, à la cheminée. On a ensuite adopté le système de gaine-fourreau de type « suspentes d'abord », plus rationnel, moins violent à l'ouverture, plus supportable par l'utilisateur et qui prolonge la vie du matériel.

Le parachute de secours est un « commandé » actionné par une poignée que tire le parachutiste en cas d'incident grave. D'autres systèmes d'ouverture ont été mis au point visant à pallier la défaillance humaine. Dispositifs automatiques, ils consistent à déclencher une action pyrotechnique ou un ressort si les limites de sécurité d'altitude ont été franchies par l'utilisateur. Ils utilisent un mécanisme de référence soit chronométrique, un temps « affiché », soit barométrique, une altitude de sécurité. Ils sont mis en fonction dès la sortie de l'avion, automatiquement, et se déclenchent si le parachutiste ne tire pas lui-même sa poignée.

Après quelque dix à vingt sauts en « automatique » le parachutiste sportif passera donc en « commandé », ouvrant lui-même son parachute après la sortie de l'avion, en « instantané », c'est-à-dire dans les trois à cinq secondes après son départ. Il subira alors la dépression de l'avion largueur, ses remous, sa traînée, et il lui faudra avoir une position parfaite, face au sol, en croix, et tirer sa poignée de commande ni trop tôt ni trop tard. Il aura subi auparavant des tests simulant cette ouverture volontaire, alors qu'il saute encore en automatique.

L'ouverture retardée

Le débutant en chute libre apprend à compter à la cadence précise de la seconde et compte mentalement son temps de chute dès le départ de l'avion. Il connaît théoriquement la perte d'altitude par seconde et son altitude de départ est fixée en fonction du nombre de secondes de chute libre à réaliser. Au-delà du saut à ouverture commandée instantanée, le parachutiste sera donc largué de plus en plus haut pour « chuter » de plus en plus longtemps. Il emportera alors, fixé sur son « ventral », un tableau de bord avec altimètre et chronomètre, ou l'un ou l'autre seulement de ces instruments.

Pour des raisons de sécurité, l'altitude d'ouverture d'un parachute, conditionnée par la marge qui reste pour réagir en cas d'incident, est fixée dans les centres et écoles à 600 m pour un automatique, à 800 m pour un commandé. Un parachutiste perdant quelque 70 m pendant l'ouverture de son parachute, on pourrait larguer plus bas, comme ce fut le cas autrefois où la barre était fixée à 400 m pour un commandé. L'expérience a démontré qu'un surcroît de sécurité permettait de sauver quelques vies tous les ans.

Croyant que la « force » de l'air les empêche-

suite page 78



Du parachute rond aujourd'hui encore utilisé par les militaires (1), on a cherché à faire une machine de sport en y aménageant des fentes permettant de le diriger. D'abord timide sur le



3



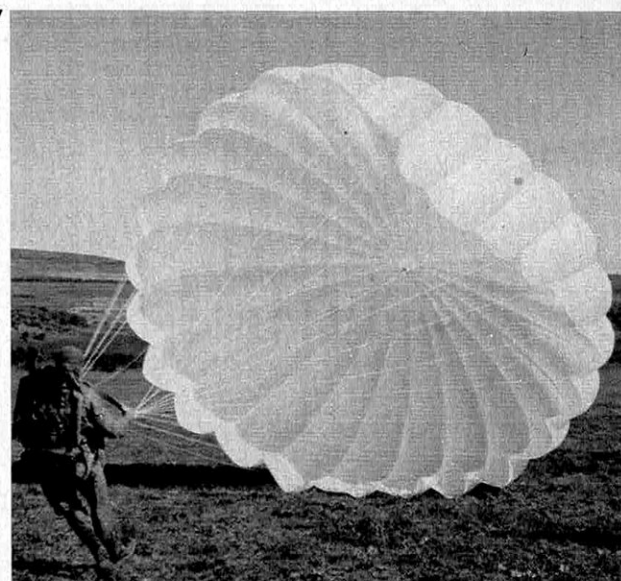
4



5



6



7

parachute français EFA 653 (1), cette découpe fut plus franche sur les voiles américaines Conquistador (2) imitées à l'Est (3). Puis vint une voile à hypersustentation inventée par l'ingé-

nieur français Pierre Lemoigne, copiée par les Soviétiques (4 et 5) et perfectionnée dans sa version française Papillon (6), la voile de compétition actuellement la plus répandue en occident.



*Couronne en plein ciel:
les figures
de travail relatif en groupe
exigent
de chaque parachutiste
une maîtrise parfaite alors
qu'il tombe en chute libre
à 180 km/h
et vient s'accrocher
à ses camarades.*



rait de ramener la main sur la poignée du parachute s'ils ne sautaient pas en tenant celle-ci, les premiers parachutistes en « commandé » restaient crispés sur leur commande et sautaient les membres groupés au corps, presque « en boule ». Il fallut beaucoup de courage à l'inconnu qui, le premier, osa se jeter comme l'on saute d'un plongeur, bras écartés, jambes serrées. Bientôt imité puis dépassé par ceux qui constatèrent qu'avec les jambes écartées en croix, on était encore plus stable dans l'air et que la poignée restait accessible sans aucun effort. Le débutant ne passe plus aujourd'hui par cette progression qui fut imposée longtemps par routine : les anciens étant passés par là, pourquoi les nouveaux ne s'y plieraient-ils pas ? Conceptions d'un autre âge... qui n'est pas éloigné d'une décade !

La conduite du corps humain dans l'air obéit aux lois de l'aérodynamique et de l'équilibre. A cette nuance près que, par rapport aux machines volantes, nous sommes des pantins vite désarticulés. Dans le vide, un corps accélère sa vitesse constamment. Dans l'air, la vitesse s'accélère jusqu'au moment où la résistance de l'air équilibre la poussée du corps soumis à l'attraction terrestre. Le parachutiste tombe alors à une vitesse limite de l'ordre de 55 m/s pour une atmosphère standard à 1 000 m, le corps en « I ». On compte une moyenne pratique de 50 m/s pour un corps étalé en « X », encore que quelques autres facteurs interviennent : une combinaison moulante qui a une bonne « glisse », un parachutiste tout

en longueur pour le même poids qu'un autre très court, une combinaison ample en tissu râpeux qui « accroche »...

Figures en chute libre

La trajectoire dans la masse d'air est fonction de la position du corps. La symétrie des bras par rapport à la ligne des épaules, l'écartement des jambes par rapport à l'axe longitudinal du corps, la cambrure ou la cassure aux reins font des positions stables mais différentes. Cambré, on reste face au sol ; cassé au bassin, on passe sur le dos. Le parachutiste a tendance à tomber la tête en bas, mais son inclinaison peut varier de la verticale à l'horizontale selon la position qu'il adopte et il peut progresser dans la masse d'air en piqué ou voler à plat, ou bien avoir un déplacement horizontal propre plus ou moins important selon son attaque à l'air. En une minute, sur 3 000 m de chute verticale, un parachutiste en chute libre peut dériver volontairement de 1 km.

Bras croisés sur la poitrine ou le long du corps, jambes jointes et tendues, tête dans l'axe de la colonne vertébrale, cambrure des reins effacée, le parachutiste tombe tête en bas, verticalement, en « I ». Sa chute très rapide est à la limite de la stabilité. Si, de cette position, il écarte les jambes, tendues, elles lui serviront de gouvernail, augmentant sa stabilité sans réduire sensiblement sa vitesse de chute. La position en « I », corps cambré, est dite en « banane ».

Photo KRIP.



Le choc à l'atterrissage que subit un parachutiste en championnat du monde, faisant voler le gravier pour atteindre le centre de la cible, est brutal.



Des juges internationaux qualifiés assistent aux compétitions. Ils suivent aux binoculaires chacun des concurrents et notent ses fautes.

Bras écartés symétriquement par rapport à la ligne des épaules, jambes jointes et tendues, reins cambrés, le parachutiste est en position en « T ». En écartant les jambes symétriquement, il passe en « X », puis « en trident » s'il casse bras et jambes pour acquérir une meilleure assiette dans l'air.

La position de dérive, qui a pour but d'avancer dans le plan horizontal en attaquant la masse d'air sous un angle qui n'augmente pas sensiblement la vitesse verticale, est très « pointue ». Le corps est très tendu dans son axe longitudinal, les bras et jambes sont écartés, formant un angle assez fermé avec cet axe et offrant une portance sans contrarier l'avancement.

Toutes ces positions sont reproductibles sur le dos, en cassant le corps au bassin.

La stabilité et l'équilibre étant acquis, le parachutiste apprend à évoluer, à faire des figures en chute libre. La première est le *tour*. Si la symétrie d'une position fixe dans une direction, la dissymétrie crée une évolution. En baissant un bras, en levant une jambe, comme un gosse sur le trottoir joue à l'avion, le parachutiste en chute libre parvient à tourner. Il s'arrête en créant une dissymétrie dans le sens opposé et en se replaçant en symétrie dès que le mouvement est bloqué. Il fait ainsi des demi-tours et quarts de tours, des tours alternés arrêtés sur axe, des spirales et des vrilles qu'il doit toujours contrôler et être capable d'arrêter instantanément. Exercices de répétition en vol auxquels sont soumis tous

suite page 81



Même les femmes participent aux compétitions, disputant les mêmes épreuves que les hommes, comme ici la championne américaine Suzie Joerns.



A vouloir toucher le « carreau » au centre de la cible, les concurrents prennent des positions fantastiques, impraticables à un débutant (en haut).



**La coupole
hémisphérique qui,
depuis 1797,
fut dénommée
parachute
est supplantée en
compétition de
précision d'atterrissage
par l'aile volante,
structure à caissons
non rigide qui atteint
en vitesse propre
horizontale
45 km/h et se pilote
comme un planeur.**

les élèves avant de se voir délivrer leur brevet de parachutiste n° 6.

On y ajoutera les « tonneaux », mouvement roulant autour de l'axe du corps, et les « saltos », boucles avant ou arrière qu'on appelle loopings en aviation et sauts périlleux en gymnastique.

Les figures qui s'apparentent à l'acrobatie, nécessitant une maîtrise parfaite, constituent les épreuves de voltige des compétitions. Chaque concurrent en chute libre se place, après le départ de l'avion, selon un axe matérialisé au sol et, par rapport à cet axe, exécute deux tours alternés, un salto arrière, deux autres tours alternés dans un ordre différent, et un dernier salto arrière. Son temps d'exécution est compté du démarrage du premier tour à la fin du dernier salto, avec pénalisations pour dépassement ou non-alignement sur l'axe, figure incomplète ou imparfaite. Dans cette discipline rigoureuse, le Français Jean-Claude Armaing, qui tourne ses enchaînements en 6 secondes, est Champion du monde 1972 et 1974.

Plus de cinquante descentes en parachute sont nécessaires pour assimiler le programme complet de la méthode. Un candidat persévérant y parvient en une saison avec une centaine de sauts.

Figures de groupe

Jacques Chalom et Jean-Louis Potron, qui réussirent en juillet 1956 pour la première fois au monde à se passer de la main à la main un bâton-témoin alors qu'ils tombaient à 180 km/h, ignoraient que ce jeu qui les excitait particulièrement deviendrait une fabuleuse technique. Ils n'auraient pu imaginer que 18 ans plus tard 30 parachutistes parviendraient aux Etats-Unis à se rejoindre en chute libre pour former une extraordinaire couronne en se tenant par la main. Record que Rod Pack lui-même, parachutiste sans parachute, n'envisageait pas voici dix ans, sinon il aurait voulu en être...

Un parachutiste confirmé parvient très facilement à une aisance technique qui lui permet de rejoindre en chute libre un autre parachutiste. Il utilise la variation de positions. Si son partenaire est plus bas que lui, il réduit sa prise à l'air pour accélérer sa vitesse verticale ; partenaire plus haut que lui, il s'étale de toute sa surface, sans cambrer ni relever la tête pour rétablir le niveau. Chacun fait une part du chemin pour rattraper l'autre. Séparés de plusieurs mètres et dizaines de mètres, plusieurs centaines même, ils utiliseront les ressources de la dérive, l'allongement des jambes, le coup de rein comme un marsouin dans l'eau, le cabré en final pour casser la vitesse et ne pas heurter l'autre brutalement. Une nage, un ballet aérien, éphémère, loin du sol.

Et ce qui se fait d'abord à deux se réalise à trois, à dix, puis à vingt. Le record mondial était de vingt-six voici trois ans aux Etats-Unis à Tahlequah, Oklahoma. Beaucoup d'équipes l'ont approché depuis. Mais il faut un sévère entraînement en groupe. Il faut d'ailleurs trouver des

appareils de capacité suffisante pour sauter au moins à dix, les uns derrière les autres, avec une porte pas trop étroite et une vitesse au largage qui ne disperse pas exagérément les partenaires. Ceux-ci doivent former une base à partir de deux hommes, sur lesquels viennent s'accrocher les autres dans un ordre précis, sans se gêner mutuellement et sans perdre une seconde. Sans non plus qu'une faute d'un seul compromette ou détruise le travail de tous.

Cette technique de groupe est complexe. Tout le problème de la réunion en chute libre, à 10 par exemple, est conditionné par l'ordre de départ, la direction de vol de l'avion, la dispersion à la sortie. Si les deux premiers parachutistes hors de l'avion forment la base sur laquelle les autres se regroupent, les derniers ou ceux du centre seront obligés de faire le tour de cette base pour « apponter » sur l'étoile. Car si tout le monde « rentre » du même côté, il y aura instabilité et perte de temps, les partenaires se gênant les uns les autres.

Une méthode consiste à faire partir d'abord trois parachutistes « flotteurs » qui ne constituent pas la base mais sont déjà placés par rapport à celle-ci dans le sens du vol de l'avion largueur. La base est constituée par les parachutistes ayant dans l'ordre de départ les numéros 4 et 5, qui s'accrochent sitôt sortis, exécutent un quart de tour par rapport à l'axe de largage, permettant les appontages rapides des trois parachutistes qui les suivent et des trois « flotteurs » légers qui les ont précédés.

Une équipe américaine réputée procède différemment. Sortis très vite, ils se groupent autour des deux hommes de base qui se sont saisis aux mains et équilibrent leur vitesse verticale, ce qui permet aux huit autres, tout proches, de régler la leur. Et puis tous ensemble qui se sont placés à moins de deux mètres, « entrent » d'un seul élan. Un synchronisme parfait, une efficacité qui n'autorise pas de bavure. A dix, ils détiennent le record du monde, une étoile constituée en 12,4 secondes.

Au niveau de l'entraînement, la réussite implique la perfection d'exécution individuelle. Le contact se prépare en attendant légèrement plus haut et décalé horizontalement par rapport à la base qui se forme, chacun freinant sa trajectoire à l'instant où il touche deux parachutistes déjà accrochés. A ce moment, il saisit les combinaisons de l'un et l'autre aux avant-bras, les secouant dès que sa prise est assurée, afin qu'ils se lâchent et écartent la couronne augmentée d'une nouvelle unité. Un « appontage » brutal est un coup de boutoir ressenti par l'ensemble de la formation, la déplaçant ou même la basculant. Un parachutiste qui croise une couronne en formation à quelques mètres au-dessous ou au-dessus la « dévente » ou se dévente, car un corps en chute s'accompagne d'une trainée turbulente sur laquelle on ne peut s'appuyer pour être en équilibre.

Le danger de ce travail relatif à plusieurs parachutistes en chute libre est la collision, lorsqu'un

partenaire arrive trop vite sur un ou plusieurs autres et ne freine pas sa vitesse à leur contact. Par ailleurs, avant d'ouvrir leurs parachutes, nos « chuteurs » devront se séparer à 1 000 m du sol, chacun dérivant de son côté pour ne pas se gêner mutuellement.

Parachutes directionnels

D'abord hémisphérique pleine, la voile du parachute, qui se manœuvrait « à bras » en tirant sur les élévateurs et sans grande efficacité, devint dirigeable lorsque l'on y découpa des fentes. L'air s'échappant par une ou plusieurs fentes fait avancer la voile dans le sens opposé à l'échappement, phénomène physique d'action-réaction. Deux drisses cousues aux bords de la fente principale, à gauche et à droite, et prolongées jusqu'à l'utilisateur qui a en mains deux cabillots, lui permettent de modifier, s'il tire sur l'une d'elles, l'échappement de l'air sous pression dans la voile. En faisant tourner son parachute, l'utilisateur peut prendre l'orientation de son choix pour utiliser cette vitesse horizontale. Il peut négocier sa trajectoire en descente, freiner ou accélérer dans le vent ou contre lui, déborder à gauche ou à droite et se préparer dans la meilleure configuration pour atterrir.

En inventant les tuyères qui appliquent aux voiles en forme, à circulation d'air, non rigides, les principes de l'hypersustentation, l'ingénieur français Pierre Lemoigne (père du parachute ascensionnel tracté, du Para Commander US et de l'Olympic français) apportait encore une amélioration importante. En plus d'un déplacement horizontal propre dans la masse d'air, qui lui permet de préciser son atterrissage, le parachutiste dispose d'un véritable frein l'autorisant à se poser en annulant son déplacement horizontal propre, sans avoir à tourner pour se mettre contre le vent.

De tels équipements, qui sont perfectionnés à l'extrême, permettent des compétitions où les concurrents visent une cible et tentent d'atterrir au centre. Les championnats ne manquent pas où les premiers parviennent à toucher exactement le centre plusieurs fois consécutives. On a même vu disputer la place de premier par élimination en faisant faire d'autres sauts.

Un nouveau parachute venu des U.S.A. et fabriqué en France par EFA a bouleversé voici trois ans la conception du saut, l'utilisation de l'espace aérien, les notions de trajectoires et d'atterrissage. Il s'agit non plus d'une coupole, mais d'une aile volante aux performances exceptionnelles.

Le Para Plane (c'est son nom) est un parachute à lobes, véritable planeur souple en tissu, à raidissement aérodynamique, très « pointu », avec une finesse de 3 environ. C'est une structure multicellulaire qui, gonflée, constitue une aile semi-rigide, sous pression, avec extradors et intradors. Les lobes ou caissons sont formés par quinze cloisons qui contribuent à maintenir en vol la cambrure correcte de l'aile. Ces cloisons suppor-

tent la charge par l'intermédiaire des suspentes et couples de suspentes (fixées à la paroi inférieure de la voile) et la répartissent le long de la corde de l'aile, sans que les lobes soient déformés.

La progression de ce « tapis » dans l'air engendre une force de poussée due à la dispersion des filets d'air le long de l'extrados galbé. Son assiette est conservée grâce aux longueurs relatives des suspentes qui maintiennent le bord d'attaque de la voile légèrement plus bas que le bord de fuite. La pression intérieure maintient une zone stationnaire au bord d'attaque, défléchissant le vent au-dessus et en dessous des surfaces de la structure lobée. La pesanteur et la résultante des forces aérodynamiques à la partie supérieure de la voile contribuent à « tirer » cette aile dans l'air et à aplatir ainsi l'angle de plané.

En plané, la vitesse horizontale du Para Plane est de 40 à 50 km/h, selon la charge au harnais et le réglage. Sa vitesse de descente est de 4, 25 à 5, 50 m/s. En freinage à 100 %, la vitesse horizontale est réduite de 0 à 8 km/h pour une vitesse de descente augmentée mais supportable de 6 à 6,70 m/s. En plané intégral avec atterrissage cabré, l'utilisateur atterrit entre 0,60 et 1,50 m/s. Il faut, bien sûr, une technique particulière. Dans une masse d'air en déplacement à 40 km/h, s'il ajoute sa force de poussée à celle du vent, le Para Plane parvient à atteindre une vitesse par rapport au sol de 80 km/h. En opposition, il réalisera une vitesse-sol de zéro.

L'utilisateur dispose de deux commandes de manœuvre, gauche et droite, reliées au bord de fuite où elles se répartissent sur quatre points. Sur les élévateurs avant, un réglage permet d'équilibrer la charge ou d'augmenter l'angle de pénétration dans la masse d'air.

Le parachutiste compose son vol en descente en actionnant ses commandes : bras levés, il sera en plané intégral, bras à hauteur des épaules, il parvient au semi-freinage ; les bras plus bas que les épaules, il est en freinage total. En dessous de cette position, l'aile est en décrochage et vol instable, la pression à l'intérieur de la structure n'étant plus constante et certains caissons pouvant se dégonfler. Il faut donc à l'utilisateur se familiariser avec les différents points de pilotage de sa voile en fonction de son action sur les commandes et de la position de ses bras. En tirant sur une seule commande, il déséquilibre la traînée au bord de fuite, engendrant un virage en lacet du côté de la plus forte traînée, le côté le plus lent tendant à s'enfoncer comme pour un virage incliné en avion.

C'est à Domina Jalbert que l'on doit les premiers travaux théoriques sur les structures textiles gonflées par coussin d'air. Deux études de la Para Flite SA sont parvenues ensuite à une définition acceptable de ce type d'équipement. Les recherches se sont heurtées au problème complexe de l'ouverture, aujourd'hui résolu par le système à déploiement contrôlé par parachute extracteur conçu par Steve Snyder. Il consiste en un transfert de traînée du parachute extracteur

pendant le déploiement, pour retarder progressivement la vitesse de gonflement de la voile, laquelle, sans ce système, serait explosive. Cette temporisation a rendu le choc supportable pour l'organisme humain. Mais l'engin ne peut encore être mis entre toutes les mains car le retardement de l'ouverture augmente les risques d'incident pour lesquels il faut larguer la voile, à l'aide de deux dégrafeurs placés aux épaules, et ouvrir le parachute de secours. Le pliage est aussi très particulier, infiniment plus complexe qu'avec une voile classique. Quant à l'atterrissage, si le cabré permet un contact « en danseuse », une erreur d'appréciation engendre des accidents graves, l'aile décrochant et ne portant plus son utilisateur.

Le Para Plane, et sa version améliorée Silver Cloud, ne sont pas les seuls équipements de ce type. On cherche constamment à perfectionner le système, à le rendre plus fiable, à obtenir, aux deux extrémités de la gamme, une aile volante plus « porteuse », une autre plus « pointue ». On retiendra les ParaFoil et ParaSled qui ont des performances comparables à partir de démarches parallèles. Une concurrence profitable à la technique comme au commerce.

La peur ou le trac ?

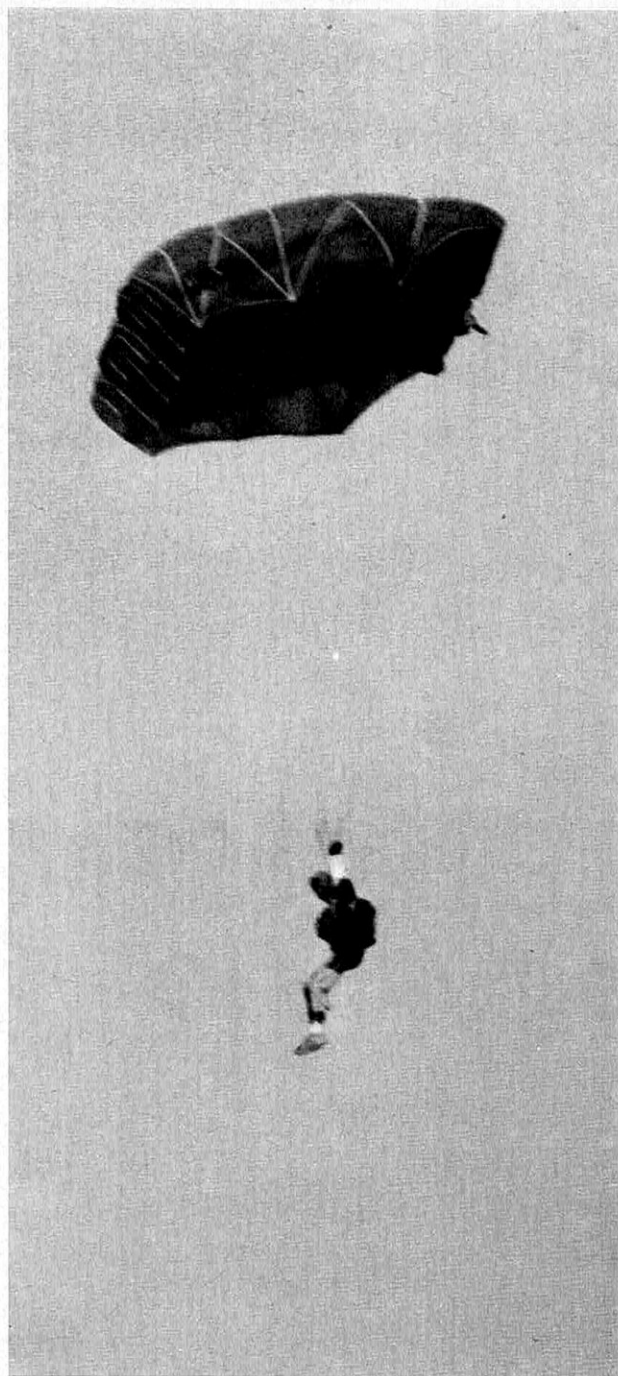
Pour beaucoup, le saut en parachute évoque la peur. Improprement, on veut par là rendre compte d'un ensemble de réactions parfaitement naturelles. Chez un acteur, on parlera de « trac ». Les phénomènes ne sont pas différents.

Dans un avion (comme l'acteur dans la coulisse) le parachutiste se trouve en situation d'attente, souvent inconfortablement installé, avec en plus un bruit de moteurs qui lui hurle aux oreilles. Il sait qu'il va avoir à se jeter brusquement dans une action qui exigera de lui une participation totale, une irréflexion absolue. Il est comme le fauve qui va bondir, comme l'athlète sur la ligne de départ, comme l'étudiant devant la copie d'examen.

Le rythme respiratoire s'accélère, nervosité et sensibilité sont décuplées et les sécrétions glandulaires s'accroissent. En particulier la sécrétion d'adrénaline, hormone de l'action. Phénomènes parfaitement naturels, qui ont plus ou moins d'ampleur selon le tempérament de chacun. Mais l'homme dispose par rapport à l'animal de l'imagination et, chez certains individus, celle-ci peut déborder les phénomènes physiologiques et occasionner la panique aux mouvements désordonnés ou la paralysie momentanée.

Les parachutistes débutants ont le trac, ce qui est fort naturel. Il serait anormal qu'il ne se manifeste pas. De là à la peur, il y a loin, et elle s'observe rarement, car les parachutistes sont tous des volontaires. Ce trac du début disparaît d'ailleurs très vite, avec l'expérience du saut. Il ne réapparaît plus tard que chez les compétiteurs, sous une autre forme, lorsqu'on les voit avec « les nerfs à fleur de peau », pour gagner cette

Jacques DUBOURG

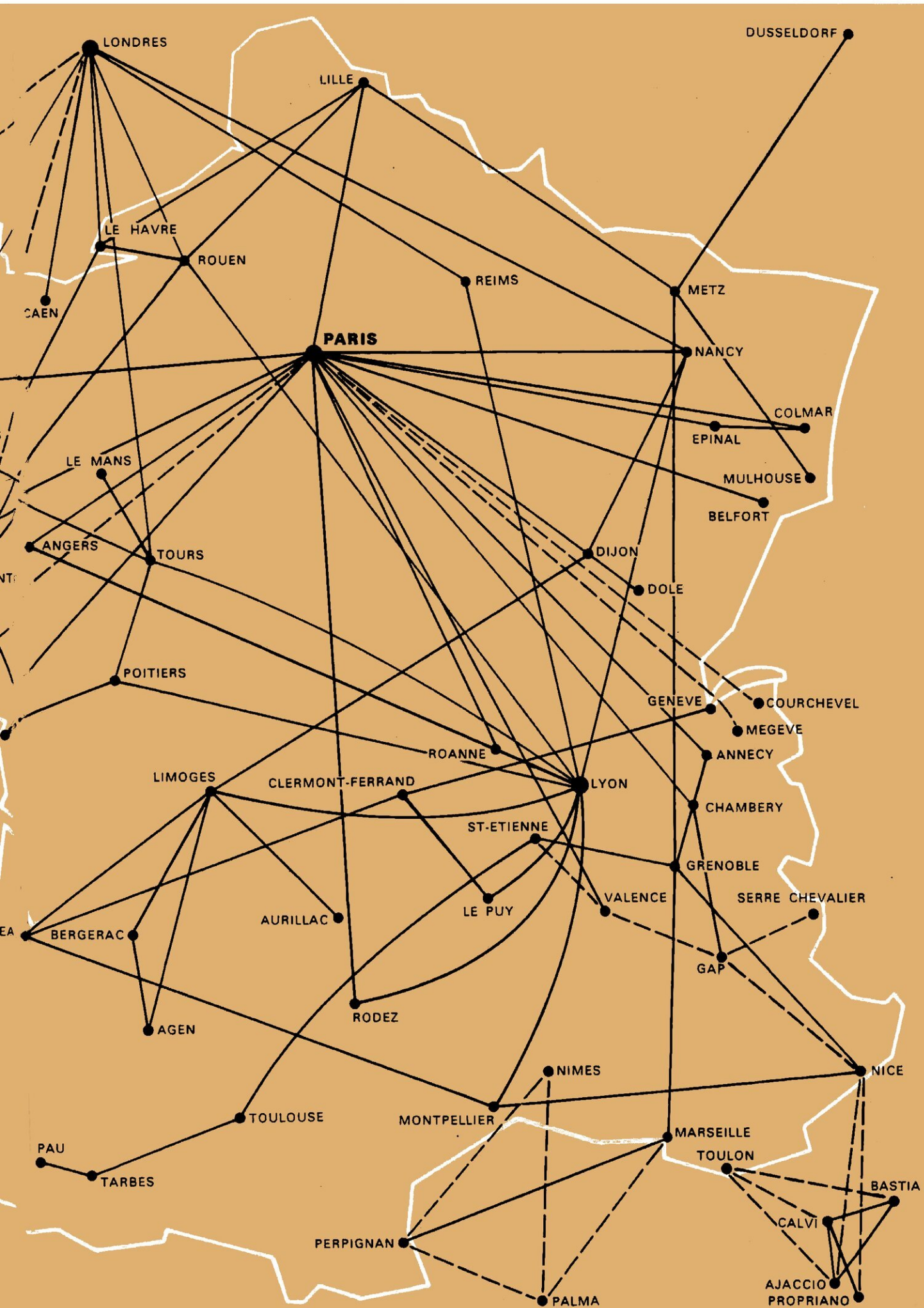


Dernière-née de la technique des voiles, l'aile volante. Il s'agit ici d'un Para Sled, véritable tapis volant qui atteint une vitesse horizontale permettant un voyage en descente sur plusieurs kilomètres.

OÙ EN EST LE TROISIÈME NIVEAU?

Pour les compagnies aériennes à vocation régionale (leur zone d'activité est en fait aujourd'hui souvent beaucoup plus large), le paradoxe veut que la crise du transport aérien mondial prenne parfois figure d'aubaine. Des accords passés avec Air France ou Air Inter leur ont en effet permis de reprendre à leur compte certaines lignes exploitées jusque-là par les "gros" transporteurs. Les structures du transport aérien complémentaire ont d'ailleurs subi de profondes transformations. Deux grands groupes dominent aujourd'hui.





Pendant cinq ans, on l'a appelé « troisième niveau », parce qu'on n'avait pas trouvé mieux alors que de traduire l'expression américaine « third level carrier » pour désigner le transport aérien régional naissant. 1969 fut la véritable année de naissance du transport aérien régional en France, celle où il acquit droit de cité dans notre pays, avec l'ouverture des lignes Chambéry-Paris par Air-Alpes, Tours-Lyon par Touraine-Air-Transport, Dijon-Orly par Air-Paris, bientôt suivies de nombreuses autres, pour constituer un véritable réseau.

1971, autre année-clé pour le transport régional qui s'organise au sein de l'ATAR (Association des Transporteurs Aériens Régionaux), dont Michel Ziegler, Directeur Général d'Air-Alpes, prend la présidence. Deux fois pionnier (dans le domaine de l'aviation de montagne et dans celui du transport aérien régional) Michel Ziegler est depuis lors toujours président de l'ATAR, qui s'est donnée pour but aussi bien la défense des droits des compagnies membres qu'une meilleure concertation commerciale et technique.

A l'origine des compagnies régionales, on trouve des hommes. Le ci-devant « troisième niveau » n'aurait jamais existé sans un Claude Rousseau, un Michel Ziegler, un Michel Marchais. Ensuite, les chambres de commerce sont entrées dans la ronde, et leur aide est devenue indispensable pour garantir et soutenir le démarrage de nouvelles lignes. Les rapports entre les collectivités locales et les compagnies ont été normalisés par une série de contrats-types signés en 1972 entre l'ATAR et l'UCCEGA (Union des Chambres de Commerce et Etablissements Gestionnaires d'Aéroports).

Le rôle des Chambres de commerce consiste généralement (avec des modulations diverses) à assurer la subvention des lignes pour leur démarrage, lorsqu'elles sont encore déficitaires, et à combler totalement ou partiellement ce déficit. Ceci, en garantissant l'équivalent d'un certain nombre de sièges, afin d'arriver, pour la compagnie, à l'équilibre d'exploitation.

Au départ, l'ATAR comprenait 11 membres : Air-Alpes ; Air-Paris ; Touraine-Air-Transport ; Europe-Aéro-Service ; Rousseau-Aviation ; Air-Périgord ; Air-Limousin ; Air-Champagne-Ardenne ; Uni-Air-Rouergue ; Air-Vosges ; Avia-Taxi-France.

A présent, le schéma est quelque peu différent. Air-Alsace, Air-Aquitaine, Air-Languedoc, ont rejoint l'ATAR, dont ont disparu Europe-Aéro-Service et le groupe TAT, démissionnaires. Des regroupements se sont dessinés autour de deux grands pôles : Air-Alpes et Touraine-Air-Transport (TAT). Air-Alpes a acquis une participation au capital d'Air-Limousin qui, à son tour, s'est associée à Uni-Air-Rouergue (devenue Air-Rouergue) et à Pyrénair, qui rejoignait l'ATAR quelques mois après sa création. D'un autre côté, Touraine-Air-Transport prenait le contrôle de Rousseau-Aviation (contrôlée par le Groupe Fraissinet), alors en difficultés, et d'Avia-Taxi-France (devenue Taxi-Avia-France, ou



Avec le biréacteur Corvette, construit par la SNIAS, les cor

TAF). Tout récemment, TAT prenait le contrôle d'Air-Paris, dont le réseau et la flotte s'intégraient à ceux du groupe. Ainsi se sont formés deux groupes puissants dont les racines s'étendent bien au-delà de la région originelle de la compagnie-mère.

Air-Périgord disparaissait quelques mois plus tard, et Air-Vosges (émanation de la Chambre de Commerce d'Epinal pour la création puis l'exploitation de la ligne Epinal-Paris) vient cette année de fusionner avec Air-Alsace, nouvelle compagnie ayant connu un spectaculaire développement en 1974, sur lequel nous reviendrons.

Air-Alpes et TAT

Les deux grands du transport aérien régional demeurent le groupe Air-Alpes et le groupe TAT. Le premier emploie à l'heure actuelle 258 personnes dont 99 pilotes, et une flotte de trente



Les compagnies de troisième niveau, telles Air Alsace ou Air Alpes, sont maintenant à l'heure des « jets ».

avions dont deux biréacteurs Corvette, les premiers avions de ce type mis en service régulier, l'un en septembre 1974 sur la ligne Lyon-Bruxelles (exploitée pour le compte d'Air France) l'autre sur la ligne Chambéry-Paris. Le reste de la flotte se compose de 12 Beech 99, 7 « Twin-Otter » et 8 appareils divers, dont des Pilatus. Le réseau des quatre compagnies du groupe comprend 37 escales desservies par 34 lignes régulières, à raison de 144 vols par jour.

Le groupe TAT a pris une orientation différente : alors que Michel Ziegler a choisi de ne pas augmenter ses capacités mais de multiplier les fréquences de ses vols et de diminuer les temps de vol avec la mise en service de biréacteurs Corvette, Michel Marchais s'est orienté dès la fin de 1972 vers l'achat d'avions de plus grande capacité : des Fokker F-27 acquis auprès de la compagnie intérieure japonaise All Nippon Airways. Passant des 15 places du Beech 99 aux

44 places du F-27, TAT s'est rapprochée des compagnies du « deuxième niveau », à savoir Air Inter, tout en conservant la souplesse des compagnies de « troisième niveau ». A présent, le groupe TAT représente 500 personnes et 23 avions dont 2 biréacteurs Fokker F-28 de 65 places avec lesquels sont exploitées des lignes sous contrat avec Air France. Le groupe exploite en outre, par l'intermédiaire de la société sœur SASMAT, deux importantes stations techniques à Tours et à Dinard.

L'ascension d'Air Alsace

Une troisième compagnie s'est placée en 1973 juste derrière les deux grands groupes que nous venons de décrire. Il s'agit d'Air-Alsace. Depuis plusieurs années, elle existait en tant que compagnie d'avions taxis, proposant plusieurs bimoteurs Piper Aztec et Navajo en transport à la

GNEMENTS

AEROPORT

ARRIVEE

	PROVENANCE	HEURE PREVUE	PORTE
201	ANNECY	08*40	8
401	AMSTERDAM	09*10	A L'HEURE
227	VARSOVIE - BERLIN	11*00	11*15
074	COLMAR	11*15	8
961	STOCKHOLM	11*25	11*30
211	BUCAREST	11*30	12*30
901	ALPES	11*45	13*10 8
103	AIR ALPES	11*50	A L'HEURE 8
921		12*00	11*50 8

AIR	VOL
AIR ROUERGUE	R
AIR ALPES	A
AIR ALPES	CH
S.A.S.	O
K.L.M.	A
AER LINGUS	
LUXAIR	L
AIR ALPES	SA
K.L.M.	A



Les compagnies de troisième niveau ont conquis leurs lettres de noblesse aux côtés des « grandes ».





Elles exploitent des appareils bien adaptés à leur trafic.



Résultats 1974 de quelques compagnies

Air-Limousin: 4 962 heures de vol, 29 245 passagers.

Air-Alsace: 3 400 heures de vol, 7 800 passagers.

Air-Rouergue: 3 400 heures de vol, 17 000 passagers.

Air-Vosges (disparue en 1975): 1 086 heures de vol, 2 916 passagers.

Air-Paris: 3 300 heures de vol, 14 533 passagers.

Air-Alpes: 22 256 heures de vol, 110 565 passagers sur lignes Air-Alpes, 28 357 passagers sur lignes Air-France.

Europe-Aero-Service: 7 470 heures de vol, 78 255 passagers, 15 803 tonnes de fret.

demande aux industriels de la région de Colmar où elle est basée. En juin 1974, Air-Alsace ouvrait une ligne Colmar-Paris, non pas avec un avion du type Beech 99 d'une quinzaine de places, mais avec un Nord-262 fourni en location par l'Aérospatiale. Dès le démarrage, Colmar-Paris connut le succès auprès de la clientèle, et l'on apprenait alors que la compagnie avait elle aussi commandé deux biréacteurs Corvette. Ils sont aujourd'hui en service, l'un sur la ligne Colmar-Paris, l'autre sur une ligne Strasbourg-Mulhouse-Roissy exploitée pour le compte d'Air France. Air-Alsace, qui maintient son « quartier général » dans des baraquements provisoires sur l'aérodrome de Colmar, ne manque pas pour autant d'idées. La clientèle apprécie notamment le service des repas à bord de ses avions.

A plusieurs reprises, nous avons évoqué les lignes internationales desservies par des avions des compagnies régionales pour le compte de la compagnie nationale Air France. Ces affrètements contribuent largement à la vitalité des compagnies régionales pour lesquelles ils représentent un risque réduit; pour la compagnie nationale, ils représentent un meilleur service rendu à la clientèle (et un risque financier moindre) grâce aux capacités réduites mieux adaptées à certains trafics. Cette coopération résulte d'un accord passé en 1972 entre les compagnies régionales et Air France. Air-Alpes, TAT, Air-Alsace exploitent déjà plusieurs lignes pour le compte d'Air France. Quant à Europe-Aero-Service, elle assure depuis plusieurs années le transport nocturne de la presse parisienne et plusieurs services de fret pour le compte de la compagnie nationale.

Le transport régional et la crise

Alors que le transport aérien entre dans une ère d'austérité, on peut se demander quelles seront les conséquences de la crise sur les petites compagnies.

Les premières incidences ont été quelque peu inattendues puisqu'il s'est agi d'un surcroît d'activité, avec la « récupération » de trois

lignes dont l'abandon par Air-Inter entraînait dans le plan d'austérité de la grande compagnie intérieure française.

La ligne Paris-Lille constituait un service apprécié de la clientèle. Intéressant environ 40 000 passagers par an, elle était exploitée par un Fokker F-27/200. Depuis le mois de décembre 1974, elle a été reprise par Touraine-Air-Transport sans que les passagers aient eu à souffrir d'une interruption dans le service. Or, par ses structures plus souples et par la mise en service d'un F-27 plus petit, de 44 places seulement, TAT est en mesure d'assurer l'exploitation d'une ligne qui s'avérait dangereusement déficitaire pour Air-Inter. La compagnie régionale a même réussi à assurer une rotation supplémentaire, et on peut maintenant se rendre de Paris à Lille (ou de Lille à Paris) trois fois par jour.

La ligne Paris-La Rochelle présentait un problème légèrement différent. Depuis 1971, elle était assurée par Air-Inter au moyen d'un Beech 99 affrété à Touraine-Air-Transport ; le service a donc été repris par Touraine-Air-Transport le 15 novembre dernier, avec le même avion et dans les mêmes conditions, si bien que le passager peu averti n'a aucune raison de s'apercevoir d'un quelconque changement. D'autant plus qu'Air-Inter assure la continuité commerciale de la ligne pour les réservations et la vente de billets.

Quant à la ligne Belfort-Paris, elle a échoué à Air-Alsace, qui a pris le relais d'Air-Inter également en novembre, et exploite la ligne avec un Nord-262, à la grande satisfaction de la clientèle qui y a gagné la possibilité de prendre le petit déjeuner à bord...

Les matériels : plus vite et plus grand

Le marché ayant évolué, le réseau ayant évolué, il était normal que les flottes évoluent aussi. On est maintenant loin, en matière de transport aérien régional, des « lignes d'apport » des années 60, qui amenaient, à bord d'avions de six ou huit places, des passagers aux têtes de ligne d'Air-Inter.

Avec Touraine-Air-Transport sont apparus les premiers avions de plus grande capacité — et aussi les premières hôtesses à bord (on sait que la présence d'une hôtesse est obligatoire à partir de 20 passagers). TAT est maintenant passé à une capacité encore supérieure à celle des biturbopropulseurs F-27, avec les biréacteurs F-28 de 65 places.

Des matériels plus gros, mais aussi plus rapides. Les flottes des compagnies régionales s'orientent maintenant vers les biréacteurs. Il faut dire que ceux-ci sont particulièrement appréciés de la clientèle. Sur la ligne Paris-Chambéry d'Air-Alpes, Corvette gagne 40 minutes de vol par rapport au Beechcraft 99, mais présente surtout le double avantage d'être pressurisé, et de pouvoir voler plus haut que le Beech 99, donc

en atmosphère plus calme. Moyennant quoi, le passager paie un léger supplément pour emprunter Corvette.

Lorsqu'elle confie l'exploitation de lignes à des compagnies régionales, Air France choisit de préférence celles équipées de biréacteurs afin d'offrir à sa clientèle un service le plus proche possible de celui offert par ses propres avions. D'ailleurs, la Corvette qui effectue le vol Lyon-Bruxelles est dotée de douze places seulement alors que celle qui effectue la ligne Chambéry-Paris (elles appartiennent cependant toutes deux à Air-Alpes...) a quatorze sièges. Et sur la Corvette aux couleurs d'Air-France, une hôtesse est à bord.

A part TAT, Air-Alpes et Air-Alsace, les autres compagnies continuent l'exploitation des matériels classiques : Beech 99 et « Twin-Otter », tous deux biturbopropulseurs équipés des mêmes moteurs PT 6, l'un plus rapide (le Beech), l'autre capable de décollages et atterrissages très courts. Ces avions sont encore très bien adaptés aux lignes de courte et moyenne distance telles que celles d'Air-Limousin, Air-Paris, etc. Il s'agit, ne l'oublions pas, de matériels modernes spécialement conçus pour les besoins du « troisième niveau ».

Il faut encore mentionner, à propos de Corvette, l'initiative d'un nouveau venu dans le transport aérien régional, Air-Languedoc, qui a commandé deux biréacteurs dont le premier a été livré en mars. Cette nouvelle compagnie s'est installée à Béziers et se propose d'ouvrir cet été une ligne Béziers-Paris. S'agira-t-il d'un « outsider » avec lequel il faudra compter en matière de transport aérien régional ? Ce n'est pas improbable, si l'on en juge par les investissements réalisés pour équiper l'aéroport de Béziers-Vias.

Et le quatrième niveau ?

Il n'y a plus de troisième niveau, disions-nous. Alors pourquoi parler d'un quatrième ? Parce qu'il faut tenir compte des quelque 70 sociétés de transport à la demande, ou avions-taxi, ayant reçu une autorisation ministérielle pour mettre en service des avions dont le poids total au décollage est inférieur à 5 700 kg. Ces sociétés proposent à la clientèle l'utilisation d'appareils de types très variés, allant du bimoteur Piper « Aztec » (2 moteurs de 250 ch) de 6 places et volant à 300 km/h, aux biréacteurs Falcon 10 et Falcon 20 emportant jusqu'à 12 passagers à la vitesse des avions de ligne.

Nous avons choisi là deux exemples extrêmes, mais il est vrai que ces sociétés sont tellement disséminées et diversifiées qu'il apparaît souhaitable qu'elles s'organisent comme l'ont fait leurs aînées, les compagnies régionales, au sein de l'ATAR. Une meilleure connaissance des possibilités de l'avion-taxi dans les milieux d'affaires et une centrale de réservation commune sont très souhaitables. Mais qui en prendra l'initiative ?

Claudine SOBOL

SCIENCE & VIE par les timbres

DANS LE CADRE DE SES COLLECTIONS
DE TIMBRES-POSTE THÉMATIQUES,
SCIENCE ET VIE
A FAIT PARAÎTRE :

L'ÉPOPÉE DE L'AVIATION

En l'espace de deux générations, l'homme s'est arraché de la Terre. A ses débuts, l'aviation a eu le rare privilège pour une technique nouvelle de passionner les foules, et de coïncider avec les débuts de la photographie d'amateur. Il a donc été possible d'avoir de très nombreux documents sur tous les types d'avions construits et essayés par les « vieilles tiges ». On a ainsi pu disposer de documents uniques sur la genèse de l'aviation, documents à partir desquels les timbres que nous vous proposons ont été réalisés.

**6 TIMBRES PARMI
LES 50 COMPOSANT LA COLLECTION**

BON DE COMMANDE

A découper ou recopier, et à adresser accompagné de son règlement à Science et Vie, 5, rue de la Baume, 75008 Paris
Veuillez m'adresser votre collection.

- | | |
|--|---|
| ☐ N° 1 Les Moyens de Transport | ☐ N° 11 Sports et techniques |
| ☐ N° 2 Les Grandes Energies | ☐ N° 12 Les chemins de fer |
| ☐ N° 3 On a marché sur la lune | ☐ N° 13 Les armes |
| ☐ N° 4 Télécommunications | ☐ N° 14 Agriculture (1) |
| ☐ N° 5 L'épopée de l'aviation | ☐ N° 15 Les Savants |
| ☐ N° 6 L'aviation moderne | ☐ N° 16 Les ressources agricoles (2) |
| ☐ N° 7 La Médecine | ☐ N° 17 L'épopée de l'automobile |
| ☐ N° 8 Espace : Les Cosmonautes | ☐ N° 18 Agriculture (3) |
| ☐ N° 9 La marine d'autrefois | ☐ N° 19 L'Astronomie |
| ☐ N° 10 La marine contemporaine | ☐ N° 20 Minéralogie - Paléontologie |

Je vous règle la somme de 12 F par collection (Etranger 14 F).

☐ C.C.P. 3 volets (sans indiquer le N° de compte)

☐ Chèque bancaire ☐ Mandat poste
A l'ordre de Science et Vie

NOM

ADRESSE

CODE VILLE

**50 TIMBRES
DE COLLECTION
POUR
12 F SEULEMENT**



LA CONSTRUCTION AMATEUR

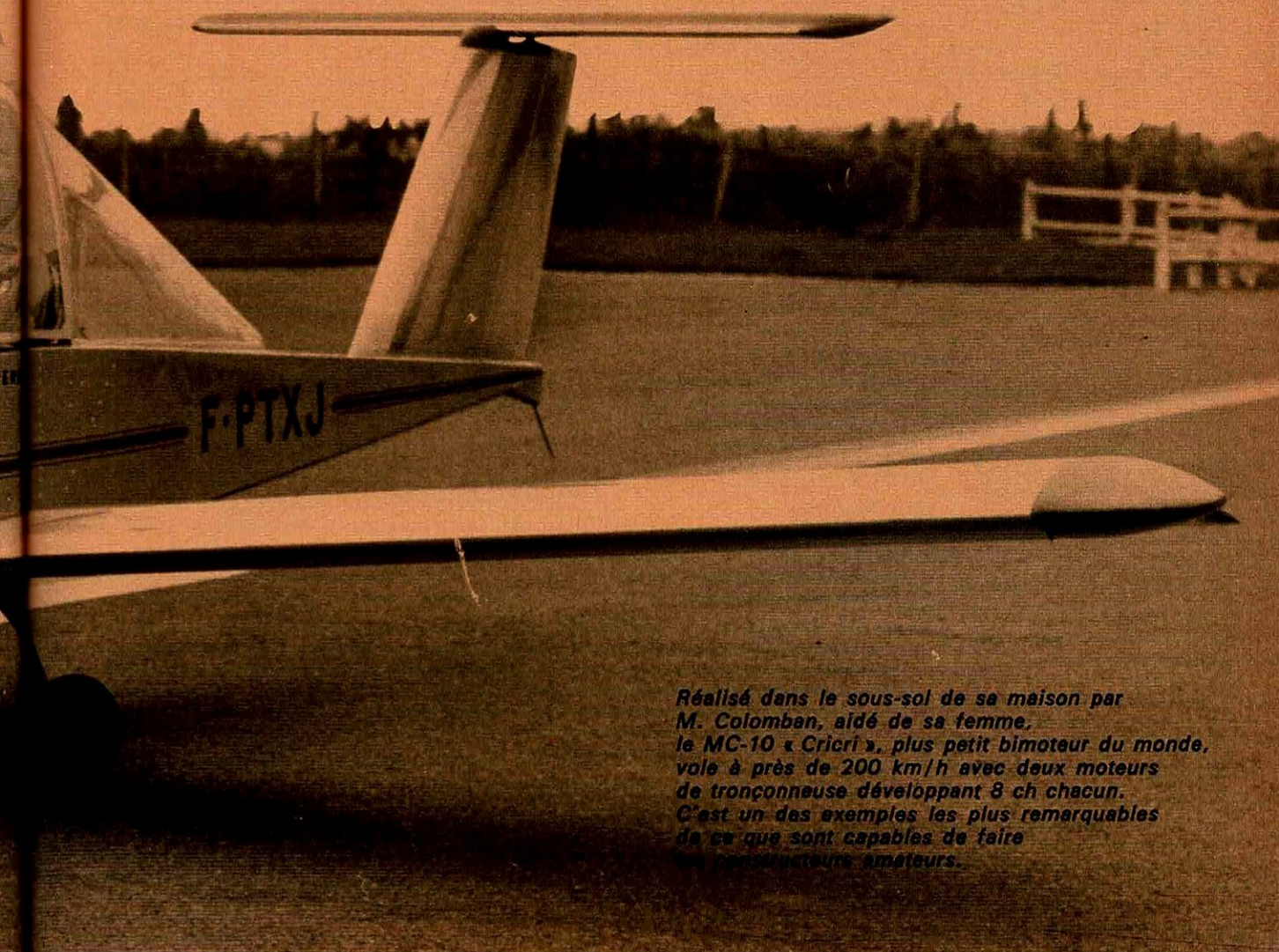


*A une époque où les avions
construits par l'industrie
étaient vraiment
trop rares et trop chers,
l'idée naissait, en France,
d'une construction
« amateur ». Après la vogue
éphémère des
« Poux-du-Ciel », celle-ci
allait connaître
des hauts et des bas.
Elle est aujourd'hui
en plein essor
et 15 % des avions légers
immatriculés en France
à titre civil sont sortis
des mains d'amateurs.
Il s'agit d'ailleurs
assez souvent
de créations originales.*

Chaque année, au cœur de l'été, se déroule sur un aérodrome français (ce sera Laval en 1975, dans les premiers jours d'août) un rassemblement d'avions légers qui diffère quelque peu des classiques rallyes touristique-gastronomiques organisés par divers aéro-clubs durant la belle saison. Ce rassemblement, c'est celui du RSA, le « Réseau du Sport de l'Air » ; il réunit couramment de 200 à 250 appareils — plus que toute autre manifestation aéronautique européenne.

La manifestation présente une autre particularité : c'est que les avions qui y participent se trouvent répartis en deux catégories bien distinctes. Les uns, portant l'immatriculation nationale F-B... suivie de trois lettres, sont des modèles de série, produits par des entreprises de construction aéronautique. Pour les autres, le « B » a laissé place à un « P » signifiant qu'ils ont été réalisés de façon ni industrielle, ni même artisanale, par des amateurs, groupés au sein d'un club ou travaillant en isolés dans un atelier privé, voire dans leur garage, ou même dans leur appartement...

Ces avions de construction amateur sont loin de constituer des exceptions. On en compte actuellement, en France, près de 550, soit environ 15 % des avions légers appartenant à des clubs ou des particuliers. Aux USA, il y en a plusieurs milliers. Dans divers autres pays (Canada, Grande-Bretagne, Suisse surtout) ils



*Réalisé dans le sous-sol de sa maison par
M. Colombar, aidé de sa femme,
le MC-10 « Cricri », plus petit bimoteur du monde,
vole à près de 200 km/h avec deux moteurs
de tronçonneuse développant 8 ch chacun.
C'est un des exemples les plus remarquables
de ce que sont capables de faire
les constructeurs amateurs.*

représentent encore une proportion non négligeable du parc d'avions privés. Ailleurs, par contre, ils sont très rares, ou même pratiquement inexistants.

D'où proviennent ces différences ? Question de réglementation, essentiellement. Dans toutes les nations industrialisées, la construction aéronautique est soumise dans son ensemble, tant au niveau de l'étude que de la fabrication et des essais, à des règles très strictes, à des contrôles officiels très contraignants, visant à garantir la solidité et les qualités de vol de matériels destinés à entrer dans le circuit commercial. Une telle construction est, de ce fait, pratiquement hors de portée des amateurs.

Le certificat de navigabilité restreint

Dans un nombre de pays qui s'accroît progressivement, les amateurs ont cependant obtenu que leur soit laissée la possibilité de construire des avions pour leur propre usage, dans des conditions devenant plus libérales et compatibles avec leurs moyens.

Cet assouplissement de la réglementation en faveur des constructeurs privés s'est traduit notamment, en France, par la création, au lendemain de la dernière guerre, du « Certificat de Navigabilité Restreint d'Aéronef » (CNRA), dont l'appellation signifie que des limitations sont apportées aux caractéristiques et au domaine d'utilisation des appareils ainsi certifiés, mais aussi aux exigences techniques imposées à leurs constructeurs.

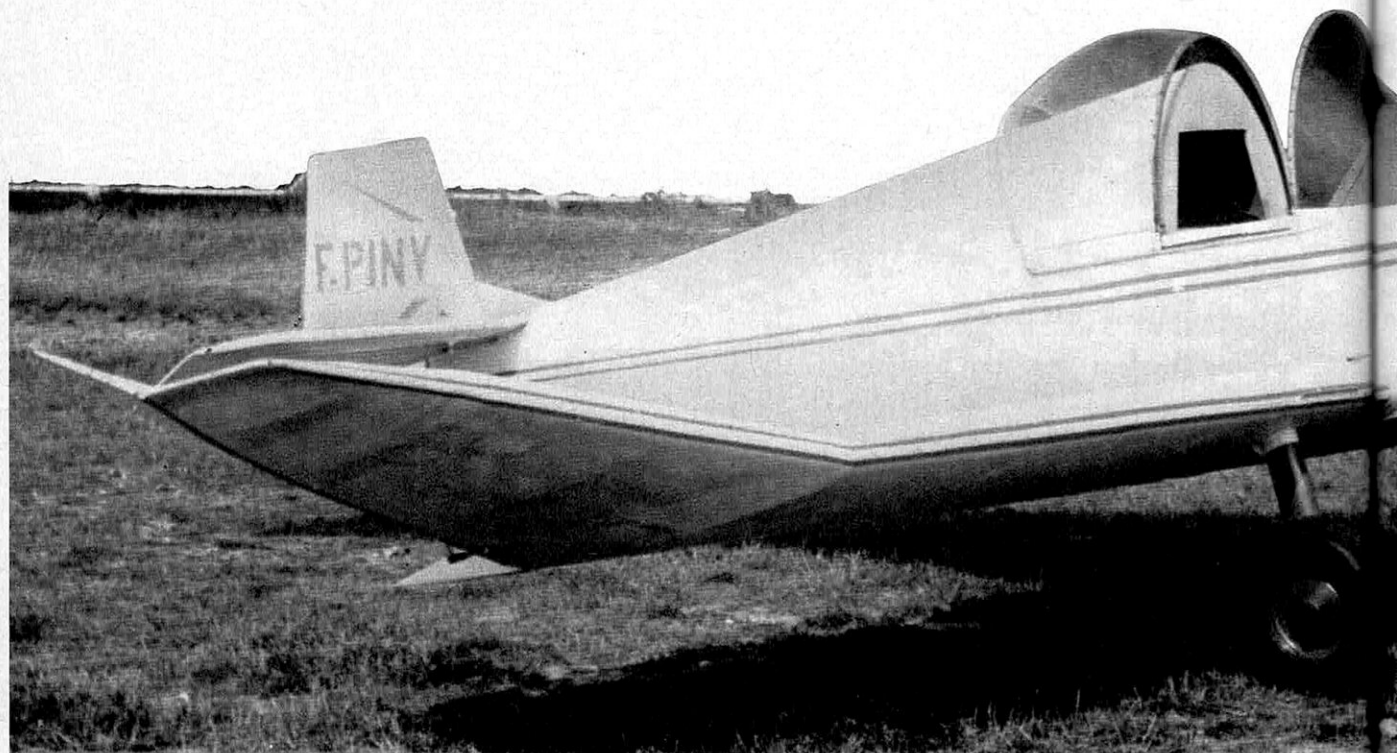
Ainsi, le CNRA ne peut être attribué qu'à des avions (ou planeurs) réalisés de façon ni industrielle, ni même artisanale, et qui ne devront être utilisés à aucune fin commerciale, telle que location, transport ou travail aérien. Le nombre de

places de ces appareils est limité à trois pour les avions, et une seule pour les planeurs. Le ou les moteurs installés ne doivent pas dépasser une puissance totale de 70 ch (ou 3,5 l de cylindrée) pour les avions monoplaces, et de 140 ch (ou 7 l de cylindrée) pour les bi- et triplaces. Quant aux planeurs non motorisés, l'allongement de leur aile doit être inférieur ou égal à 15, sauf dérogation pour laquelle il est exigé que soit justifiée, par un dossier de calcul, la robustesse de la voilure.

Ce dossier de calcul, qui est à la base des formalités de certification complète des aéronefs, n'est pas demandé normalement au constructeur d'un avion en CNRA, qui doit simplement indiquer aux services officiels (Secrétariat Général à l'Aviation Civile) les caractéristiques générales de son appareil. Celui-ci sera ensuite soumis à la visite d'un expert du Bureau Véritas, une première fois en cours de construction, avant la pose du revêtement, pour examen technique de la structure, puis avant le début des essais en vol.

Les épreuves en vol préalables à la délivrance du certificat sont elles aussi très réduites : 15 heures de vol et 50 atterrissages pour les prototypes, 5 heures de vol et 15 atterrissages pour les avions reproduits d'après les plans d'un modèle titulaire d'un certificat de navigabilité normal. Pour ce qui est des performances, une seule exigence : que les distances de décollage et d'atterrissage, avec franchissement d'un obstacle de 15 m, ne soient pas supérieures à 600 m pour l'appareil à pleine charge.

Ajoutons que le CNRA, contrairement au CDN complet, donne au constructeur la possibilité d'utiliser certains matériaux et équipements non homologués « aviation », tels, par exemple, que des moteurs provenant de l'industrie auto-



mobile, beaucoup moins coûteux que les moteurs d'avions classiques, ou même, pour les appareils les plus légers, des deux-temps de faible cylindrée.

Mille heures de travail

Malgré cette attitude libérale de l'Administration à l'égard de ceux qui entendent assumer eux-mêmes une bonne part des responsabilités dans la réalisation de leur propre avion, celle-ci reste une entreprise difficile pour un amateur qui ne possède pas, le plus souvent, les connaissances techniques et l'outillage dont peut disposer un constructeur industriel ; une entreprise de longue haleine, aussi, pour les mêmes raisons, ajoutées au fait que le constructeur amateur ne peut utiliser que ses moments de loisirs, parfois assez limités. La construction d'un avion, même très simple, exige rarement moins de 1 000 heures de travail, et souvent beaucoup plus ; dans ces conditions, il n'est pas rare qu'elle s'étale sur plusieurs années et constitue une réelle épreuve de patience.

Pourtant, de plus en plus nombreux sont ceux qui s'engagent dans cette voie. Actuellement plus de 350 appareils de tous types : avions, planeurs, autogires... sont en cours de construction en France, dans des aéro-clubs ou chez des particuliers. Jamais encore un tel chiffre n'avait été atteint. On assiste d'autre part, depuis quelques années, à un accroissement rapide du nombre des adhérents au RSA ⁽¹⁾, l'association qui groupe les adeptes de la construction d'avions en amateur.

Les motivations pouvant inciter un pilote privé, ou même parfois un futur pilote, à créer

de ses propres mains sa machine volante, ont quelque peu évolué dans le temps.

Au début du siècle, les pionniers de l'aviation naissante furent, bien sûr, par la force des choses, des constructeurs-amateurs, avant de créer l'embryon de ce qui allait devenir, à l'occasion de la première guerre mondiale, une véritable industrie. Mais en fait, l'apparition du concept d'« amateurisme » (par opposition au « professionnalisme ») en matière de construction d'avions peut être située vers la fin des années 20 ; époque où l'industrie aéronautique, bien que partiellement reconvertie aux productions civiles, ne sortait encore qu'un nombre très réduit d'avions de « tourisme » fort coûteux, à l'atten-

Simple et économique, le « Bébé-Jodel » (en bas à gauche) a fait beaucoup pour le démarrage de la construction amateur en France après la dernière guerre. Ci-dessous, quelques-uns des modèles qui lui ont succédé. De haut en bas, le « Poussin » Gatard, à gouvernes interconnectées ; le biplace Jodel D-11 ; le planeur motorisé Fournier RF-1. Les deux derniers appareils devaient donner le jour à une brillante lignée de productions industrielles.



(1) Réseau du Sport de l'Air, 39, rue Sauffroy, 75019 Paris. Tél. 228.25.54.

tion des quelques privilégiés qui pouvaient en payer le prix.

Du « Pou-du-Ciel » au Jodel

C'est alors qu'un certain Henri Mignet, constructeur ingénieux et surtout propagandiste à l'enthousiasme extraordinairement communicatif, lança l'idée d'une « autre » aviation, mise à la portée du plus grand nombre grâce à la création d'appareils plus faciles à piloter et plus économiques, car d'une conception très simplifiée devant permettre leur construction par tout bricoleur un peu expérimenté.

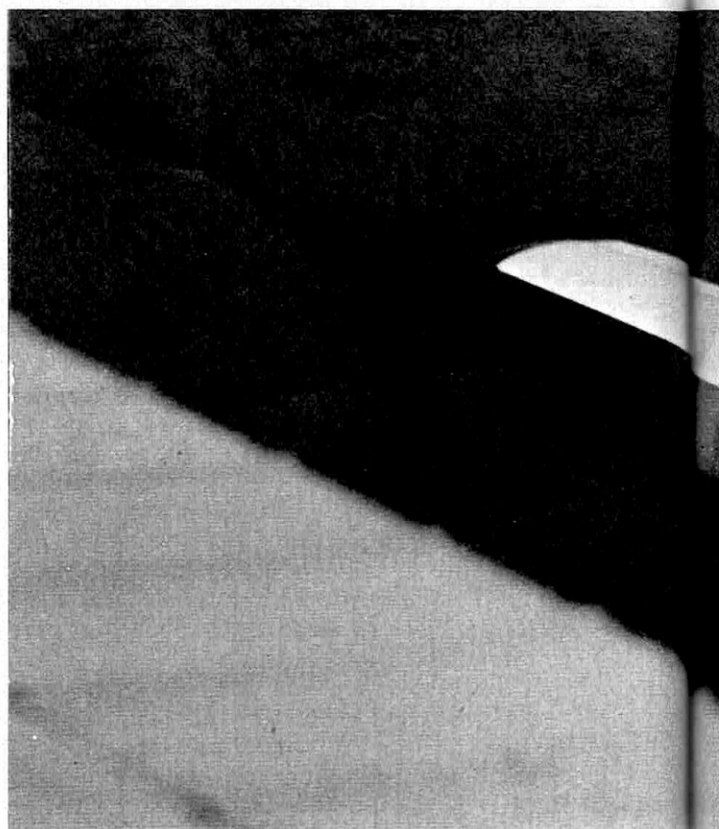
Ces appareils, ce furent les « Poux-du-Ciel », qui connurent une popularité considérable, mais malheureusement éphémère ; une série d'accidents dus à des défauts de conception et aussi parfois à une fabrication défectueuse (il n'était pas question, alors, de contrôle technique officiel), entraîna leur interdiction de vol. La formule Mignet, si elle ne disparut pas, fut au moins mise en sommeil pour un temps. Une fois guérie de ses « maladies de jeunesse », elle devait donner lieu à de nouvelles réalisations, de plus en plus perfectionnées, mais elle ne connut plus l'engouement qu'elle avait suscité à ses débuts.

Le mouvement, en tout cas, était lancé. On savait maintenant que la construction d'un avion léger était à la portée de nombreux amateurs, tant sur le plan technique que financier.

L'avènement de l'« Aviation Populaire » dans les années précédant la dernière guerre, et la relance après la Libération d'une politique assez semblable sous la forme de fourniture par l'Etat d'avions-école aux aéro-clubs, provoquèrent un afflux de nouveaux pilotes et de matériels disponibles. Mais ceux-ci, destinés essentiellement à l'instruction, ne correspondaient pas à tous les besoins des utilisateurs ; et, hors du circuit des clubs, les particuliers désireux d'acquérir un avion ne se voyaient toujours proposer par l'industrie que des machines d'un prix trop élevé pour la plupart.

C'est à ces premières années de l'après-guerre que remonte le démarrage réel de la construction-amateur, qui apparaissait à de nombreux

Le « Sirrocco » de Marcel Jurca » un biplace de sport et d'entraînement à la voltige, en bois.



Les créateurs du monoplace de vitesse « Impala » ont été les premiers en France à utiliser pour la

pilotes peu argentés comme le seul moyen de voler dans des conditions compatibles avec leurs moyens. Un facteur favorable à son essor fut la disposition, en assez grand nombre et à bon compte, de moteurs d'automobile Volkswagen, faciles à adapter « air » et d'une puissance suffisante pour propulser des monoplaces légers.

Ces monoplaces (« Bébé-Jodel », « Turbulent », surtout) connurent une certaine vogue, mais pas autant que les biplaces qui en furent dérivés, et en particulier le Jodel D-11, rapidement devenu le plus populaire des avions de tourisme et d'école, dans ses diverses versions, équipées de moteurs de 65 à 90 ch.

L'« Emeraude », le « Minicab » et quelques

Conçu en vue de participer à des courses de vitesse, le Taylor « Titch » de J. Carlier, 90 ch.





construction d'un avion la technique des coques sandwich en plastique mise au point par les cons-

tructeurs de planeurs allemands. Ils ont obtenu ainsi des formes parfaitement profilées.

autres types de biplaces légers de mêmes puissances apparurent à sa suite et, bien que moins répandus que le Jodel, furent eux aussi reproduits, sur plans, en assez grand nombre. De toutes les productions d'amateurs, c'est certainement cette catégorie d'appareils qui aura été, de loin, la plus importante.

Une expansion certaine

Aujourd'hui, la situation est un peu différente. La production des constructeurs industriels et artisanaux (portant d'ailleurs souvent sur des modèles dérivés de ceux qui viennent d'être cités) a atteint un niveau suffisant pour alimenter

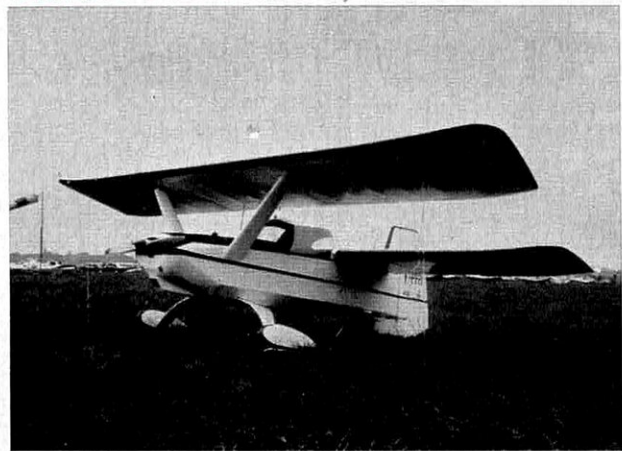
un marché de l'occasion assez développé. Il est ainsi possible de se procurer un bi, tri ou quadriplace en bon état et pouvant assurer encore un long usage, pour un prix non supérieur, voire inférieur, au coût de construction d'une machine de catégorie équivalente par un amateur.

Par contre, le régime du CNRA applicable à ce genre de construction est moins exigeant en ce qui concerne les révisions périodiques et les limites de potentiel moteur, ce qui se traduit par une certaine réduction des frais annexes en utilisation. Mais, malgré cela, l'argument « économie » n'est plus aussi déterminant qu'il l'a été dans le passé ; c'est ailleurs qu'il faut chercher les raisons principales de l'essor que

Après le Jodel, l'« Émeraude » a été le biplace le plus construit par les amateurs français.



Lointain descendant des « Poux-du-Ciel », le Croses EC-6 a une aile avant mobile en incidence.



connaît depuis quelques années la construction amateur.

Il importe de distinguer deux cas, qui reflètent des préoccupations différentes.

- Ou bien l'appareil mis en chantier est un prototype (ce qui n'est pas à la portée de tout le monde, car l'étude d'un avion exige de solides connaissances en aérodynamique et en résistance des matériaux) et le mobile principal est évidemment le plaisir de la création, auquel s'ajoute le plus souvent, soit le souci d'expérimenter une formule nouvelle, ou tout au moins peu couramment appliquée, soit plus simplement le désir de posséder une machine « pas comme les autres », seule de son espèce, soit encore l'ambition de voir ultérieurement l'appareil reproduit par d'autres amateurs.

- Ou bien (cas plus fréquent), il s'agit d'un appareil de type connu, construit sur plans. Sa réalisation même est encore de nature à procurer de grandes satisfactions, car une copie reste une création ; mais il s'y ajoute généralement des considérations plus utilitaires. Les bi et triplaces de tourisme, que l'on pourrait appeler « traditionnels », ont encore la faveur d'un certain nombre de constructeurs ; mais on note une tendance de plus en plus marquée vers des catégories de matériels moins courants, qui ne font pas l'objet de production de série, et donc ne sont que rarement disponibles d'occasion. Par exemple, les monoplaces de vitesse pour courses de « racers » ; les avions de voltige de puissance modérée et, d'une façon plus générale, tous les appareils à caractère sportif ; les monoplaces ultra-légers orientés avant tout vers l'économie ; enfin, les machines appartenant à des formules spéciales, donc chacune a ses partisans convaincus : autogires, planeurs purs ou motorisés, formule Mignet, ailes volantes...

Un cas particulier est celui des avions anciens restaurés ou reconstitués. C'est là une spécialité peu courante, qui présente certainement plus de difficultés que la fabrication d'avions neufs.

Bois, métal ou plastique?

Une évolution s'est également manifestée sur le plan des méthodes de construction les plus couramment utilisées par les amateurs. Il y a quelques années encore, la quasi-totalité des avions titulaires d'un CNRA étaient à structure en bois, matériau considéré depuis toujours comme étant le plus facile à travailler, et le seul à la portée d'un constructeur peu expérimenté.

Il n'existait que quelques rares avions d'amateurs métalliques, mais conçus suivant les principes en usage dans l'industrie, avec une structure complexe, des éléments en tôle formée, et une multitude de revêts. La situation a changé, avec l'apparition de modèles beaucoup plus simples, comme le « Zénith » de Ch. Heintz, qui n'utilise que des tôles planes ou simplement pliées, assez épaisses pour ne nécessiter que peu de raidisseurs, des profils standards et des rivets « pop » pour la fixation de ces tôles.



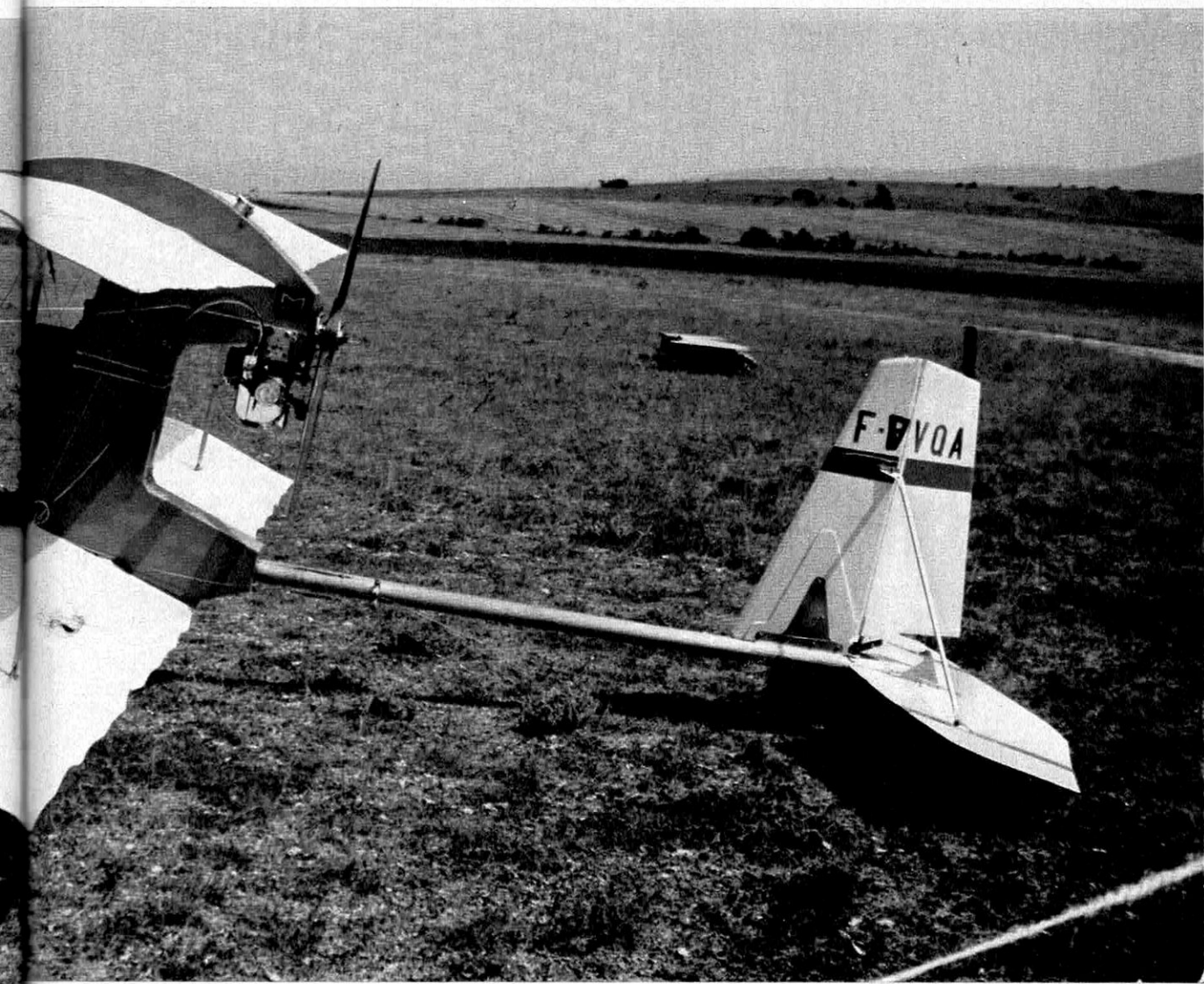
Certains amateurs s'efforcent de voler avec la plus faible puissance possible. Les 15 ch d'un

L'expérience a prouvé qu'une telle construction ne présentait pas plus de difficultés et n'exigeait ni plus de temps ni plus d'outillage que le « bois et toile » classique.

D'autres constructeurs, comme Colomban pour son mini-bimoteur « Cricri », ont préféré faire appel à des tôles très minces, raidies par des nervures et lisses en plastique expansé de faible densité, collées à l'araldite ; les résultats obtenus, en matière de légèreté et d'état de surface des revêtements, sont assez spectaculaires.

Les matières plastiques, utilisées depuis longtemps déjà pour des éléments non travaillants (capot-moteur, carénages divers) ont vu elles aussi leur emploi s'étendre à des pièces plus essentielles, comme les jambes de train d'atterrissage, auxquelles la fibre de verre donne une souplesse et une résistance équivalentes à celles de l'acier, pour un poids bien inférieur. On en fait même maintenant des cellules complètes, constituées de coques en sandwich moulé, suivant les procédés mis au point par les constructeurs de planeurs allemands.

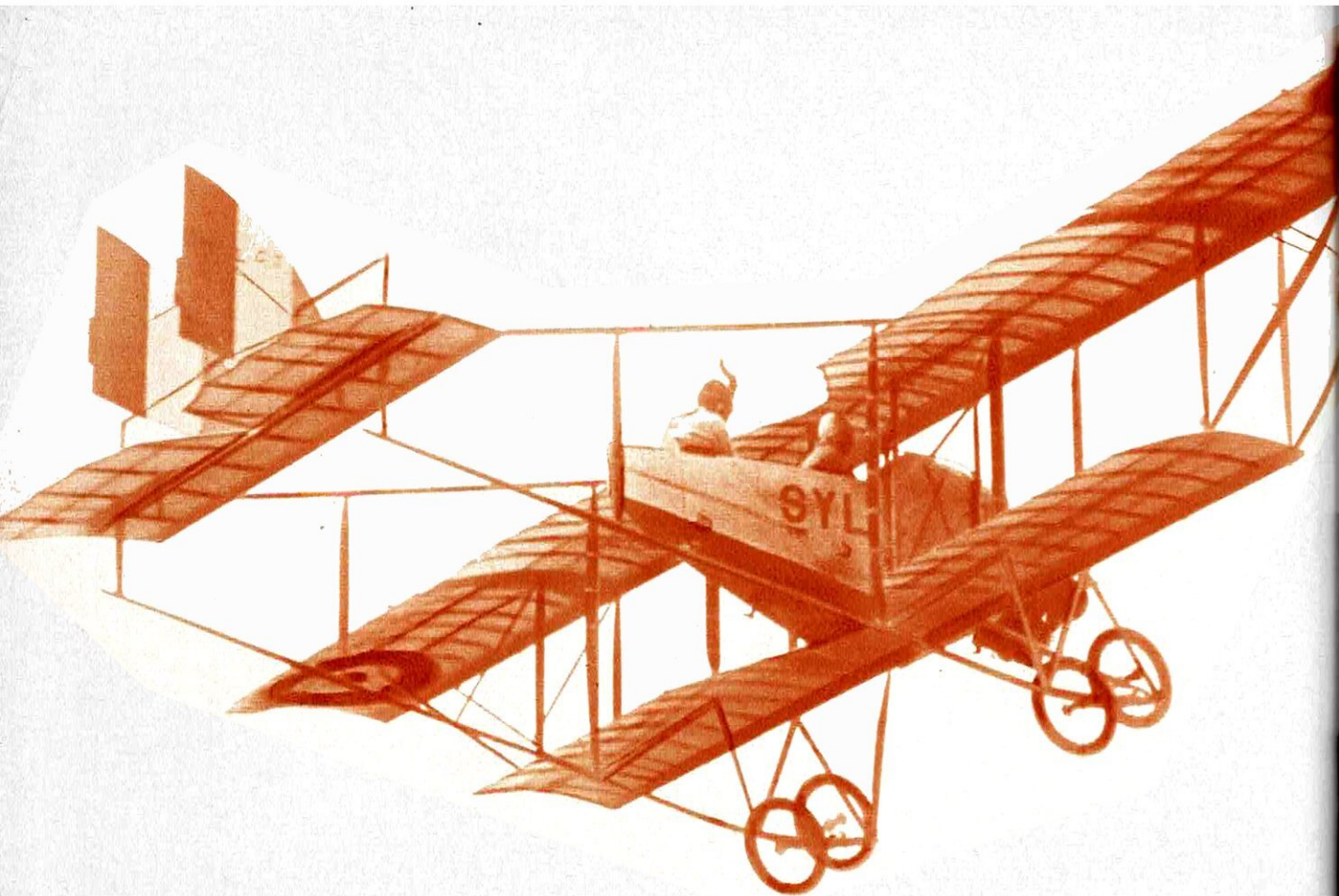
Ces matériaux sont particulièrement bien



moteur monocylindre Mc Culloch suffisent au biplan « Wing Ding », ci-dessus. Mais le moteur

le plus utilisé par les constructeurs d'avions monoplaces reste le Volkswagen, ci-dessous.





adaptés aux appareils (avions de vitesse, planeurs) exigeant le meilleur rendement aérodynamique possible, en raison des formes impeccablement profilées et du fini de surface qu'ils permettent d'obtenir. Mais ils ne présentent pas que des avantages : le poids des structures ainsi réalisées est généralement un peu supérieur à ce que donnent les autres modes de construction ; l'utilisation des résines demande beaucoup de soins et une climatisation assez stricte de l'atelier ; et surtout, la fabrication préalable des moules (ou le ponçage des coques elles-mêmes, si elles sont faites sans moule), représente un travail très long et fastidieux. Le plastique ne semble donc pas près de détrôner le bois ni le métal, qui continueront sans doute longtemps encore à être les matériaux préférés de la plupart des amateurs.

La construction « semi-amateur »

On voit se manifester actuellement, en France comme ailleurs, un intérêt croissant pour un genre de construction à base d'éléments plus ou moins complètement préfabriqués, fournis aux amateurs par une firme industrielle avec les plans de l'appareil. Mais ce procédé s'il est devenu assez courant aux USA, n'a encore connu que des applications très rares et limitées dans notre pays, où sur ce point, les règles de certification sont moins libérales.

La certification « restreinte » est en effet basée sur le principe que le constructeur est capable

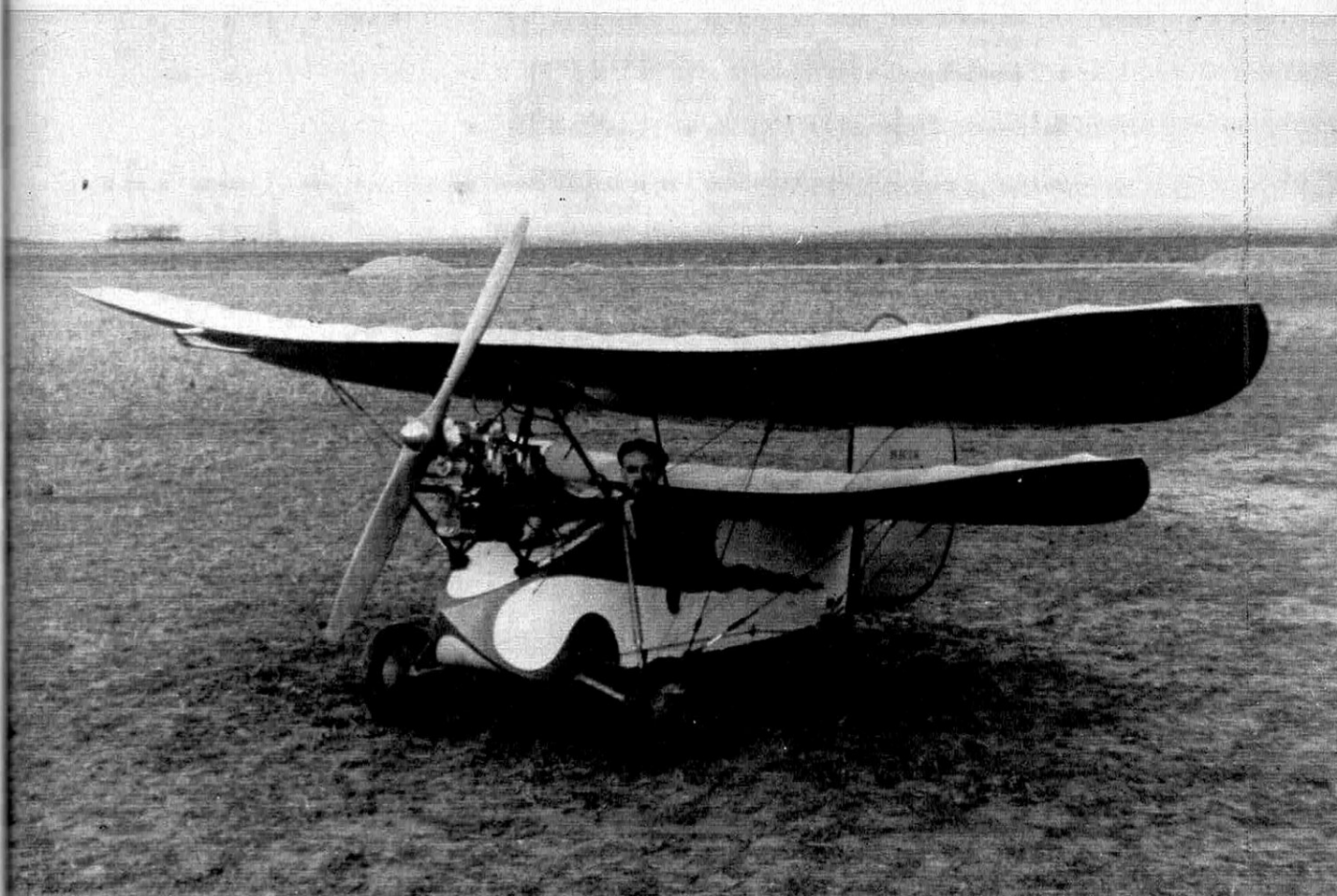
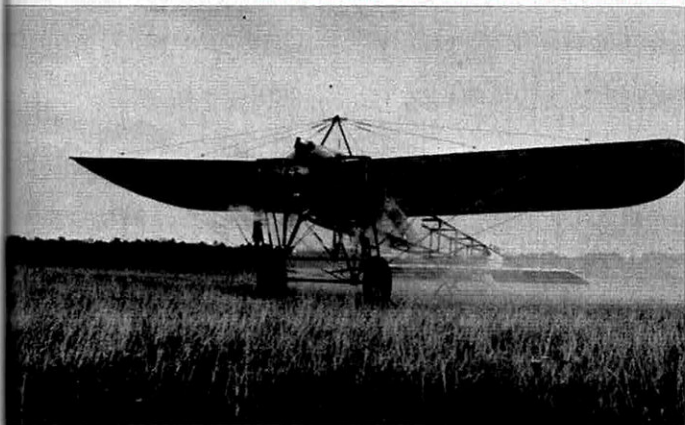
de juger par lui-même de la sécurité qu'offre sa construction, ce qui ne sera plus le cas s'il achète, tout faits, des éléments importants de la structure sur la qualité desquels il n'aura aucun contrôle. La procédure de certification complète est donc exigée dans ce cas, la responsabilité de la construction étant supportée par le fournisseur des pièces. Celui-ci devra se charger de frais d'étude et de développement aussi importants que pour un avion destiné à une production de série, frais qui se répercuteront sur le prix de vente des « kits ».

Il semble pourtant que ce soit là une solution promise à un appréciable développement. Car le coût de fabrication des avions ainsi réalisés restera encore nettement inférieur à ce qu'il serait pour des appareils identiques construits entièrement en usine. D'autre part, la réduction et la simplification du travail restant à accomplir par l'acquéreur du kit sont de nature à séduire bien des amateurs insuffisamment expérimentés ou patients pour oser se lancer dans la réalisation complète d'un avion en partant de matériaux bruts.

Mais que les puristes se rassurent. Même si le « pré-fabriqués » acquiert droit de cité chez nous, il restera toujours des constructeurs 100 % amateurs ; de ceux qui éprouvent autant, et même parfois plus de plaisir à créer eux-mêmes leur avion, pièce par pièce, qu'ils n'en éprouveront ensuite à le faire voler.

Michel BATTAREL

La reconstitution d'avions anciens (ici, le Caudron G-3 et le Blériot XI de la collection Salis) est une tâche extrêmement difficile à laquelle bien peu osent s'attaquer. La voilure tournante a aussi ses adeptes, avec des autogires ultra-légers, le plus souvent monoplaces et démunis de tout carénage protecteur. En bas de page, le père de la construction amateur, Henri Mignet, à bord d'un de ses « Poux-du-Ciel ».



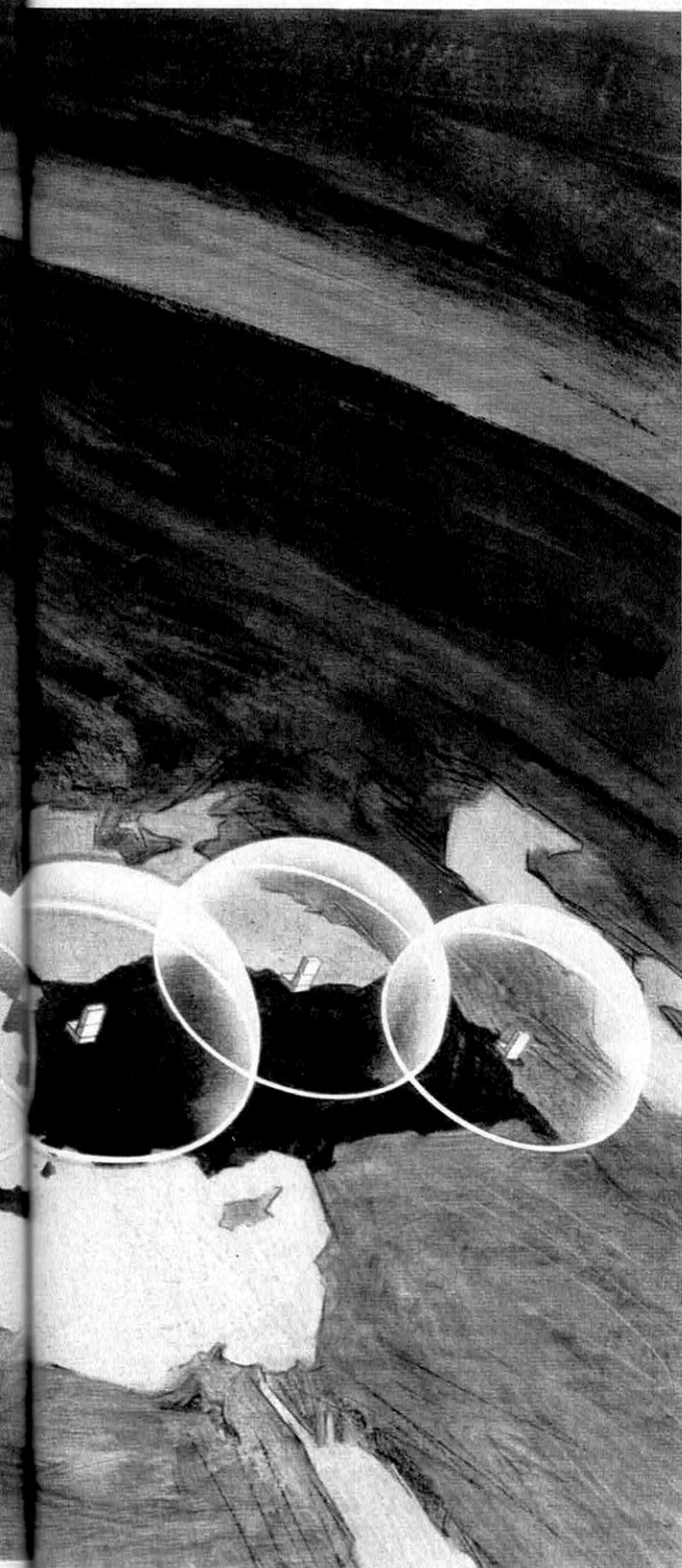
LES RÉSEAUX RADAR



Doc. Hugues Aircraft.

Le réseau NADGE s'étend de la Norvège septentrionale aux frontières orientales de la Turquie.

R D'ALERTE



Un bombardier volant à haute altitude peut traverser la France de Strasbourg à Brest en moins d'une demi-heure. Le même temps suffit à un missile stratégique pour franchir l'Atlantique.

La vitesse foudroyante à laquelle une menace aérienne peut se concrétiser a amené le développement de réseaux d'alerte mettant en œuvre des radars de plus en plus puissants et des systèmes informatiques de plus en plus complexes afin de préserver un délai de réaction compatible avec les moyens de riposte dont disposent les autorités politiques et militaires.

Une grande part de la crédibilité des dispositifs de défense et de dissuasion repose sur la valeur de ces réseaux qui tissent une vaste toile autour de la Terre.

A peine les premiers radars avaient-ils été mis au point que fut créé, en Grande-Bretagne, le premier réseau d'alerte, la « home chain », qui reste encore aujourd'hui le seul dispositif national à avoir subi l'épreuve d'un conflit majeur. C'est à l'efficacité de ce dispositif que revient pour une bonne part la victoire de la Royal Air Force lors de la fameuse « bataille d'Angleterre » en août et septembre 1940.

Malgré son caractère primitif, la « home chain » regroupait tous les éléments des systèmes modernes. Une véritable barrière de radars

Les installations de détection sont obligatoirement complétées par des réseaux complexes de transmission de données. Ainsi, en France, les stations du système d'alerte aérienne STRIDA sont reliées par voie hertzienne au commandement de la défense aérienne du territoire. Celui-ci est installé dans le P.C. souterrain de Taverny.



L.C. Armeus.

dont les avant-postes étaient implantés, en vue des côtes de France, sur les falaises de Douvres, était dressée sur le flanc Est de l'Angleterre. Les renseignements recueillis par ces radars étaient transmis par téléphone vers un centre des opérations où, sur une gigantesque carte, des auxiliaires féminines de la RAF disposaient au fur et à mesure des symboles tactiques présentant l'importance des effectifs engagés, leur position et leur direction de vol. Monté sur une estrade, de façon à embrasser d'un seul regard l'ensemble de la situation, l'officier directeur devait évaluer les menaces, juger des priorités d'engagement, et faire décoller les « Spitfire » et les « Hurricane » à la minute exacte, vers des objectifs sûrs. Derrière l'officier directeur se tenaient les transmetteurs d'ordres prêts à contacter les bases.

En première approximation, l'architecture des systèmes actuels est analogue, mais la technologie a suivi une évolution parallèle à celle des capacités offensives. Des radars capables de fournir avec précision le nombre des assaillants, leur position, leur altitude et leur vitesse ont remplacé les monstrueuses tours, semblables à des derricks, qui flanquaient la campagne britannique en 1940. Des systèmes automatiques de transmission de données à grande vitesse ont remplacé les téléphones. La carte géante et les auxiliaires féminines ont été supplantées par les écrans cathodiques. Enfin, l'officier directeur, devenu incapable de venir seul à bout, dans les délais extrêmement brefs disponibles, de tous les problèmes, est maintenant assisté par des ordinateurs.

C'est évidemment cette intrusion des ordinateurs qui a constitué le moteur le plus puissant de la création de nouveaux systèmes de surveillance. Le flot des renseignements qui sont centralisés ne servirait en effet à rien s'il n'avait pas été trouvé un moyen de le traiter quasi instantanément.

Un cas limite : la Suisse

C'est durant la dernière décennie qu'ont été mis en place les réseaux qui constituent le fondement de la défense aérienne des pays occidentaux. Ces ensembles, dont certains ne sont pas complètement achevés, ont été conçus dans des perspectives politiques différentes et se distinguent plus par les rôles qui leur sont confiés que par les technologies. Le problème est en effet différent s'il s'agit d'assurer la défense d'un pays ou celle d'un continent et les structures générales s'en ressentent. Les systèmes britannique, japonais, suisse et français sont représentatifs de dispositifs établis à l'échelle nationale. En revanche, le réseau général de l'OTAN en Europe est typique d'une philosophie continentale.

Petit pays montagneux, politiquement neutre, la Suisse représente l'un des cas les plus délicats en matière de défense aérienne. L'aviation et les forces anti-aériennes suisses ne disposent d'aucun recul. Le système de défense, entré en service opérationnel en 1970, est donc fondé sur l'emploi de radars à longue portée, capables de surveiller l'espace aérien très au-delà des frontières, et sur l'automatisme presque totale des centres de radar, de la transmission, du traitement et de la diffusion des informations et des ordres. Seule la décision reste le privilège des hommes.

Le dispositif suisse a été réalisé sous la maîtrise d'œuvre de la société américaine Hughes Aircraft. Baptisé « Florida », il est constitué de plusieurs radars à mesure tri-dimensionnelle — c'est-à-dire capable de fournir en même temps la position et l'altitude des avions détectés — reliés à un centre d'opérations chargé de coordonner l'action des unités d'intercepteurs et de missiles sol-air. Contrairement à ce qui s'est produit dans d'autres pays, le « Florida » n'a pas été greffé sur des équipements anciens mais constitué directement comme un tout réunissant radars, ordinateurs et équipements de communications très récents. A ce titre également le système est exemplaire.

Les radars du système « Florida » ont été installés sur des sommets de façon à ce que leur portée ne soit en pratique limitée que par la courbure terrestre. Les sites choisis eussent exigé la construction de refuges pour le personnel d'exploitation si l'on s'en était tenu à une conception conventionnelle. A cette solution coûteuse a été préférée l'automatisation complète des stations radars.

Les informations radars brutes sont traitées sur place par un extracteur automatique qui calcule la vitesse et l'altitude des cibles détectées.

Codées sous forme numérique, ces données sont transmises automatiquement vers le centre d'opérations où un ordinateur, qui reçoit également d'autres informations telles que les identifications *ami* ou *ennemi* obtenues au moyen de radars secondaires, établit un tableau de la situation générale.

De cette façon, il suffit de quelques secondes pour qu'un appareil, détecté par un radar situé sur un sommet isolé, soit présenté sur l'écran de la console de l'officier de service au centre des opérations. Cette console, outre l'écran de visualisation, comporte tous les éléments permettant à l'opérateur de dialoguer avec l'ensemble du système.

L'ordinateur, qui constitue le cœur du dispositif, est alimenté, outre les informations radars, à partir des différentes bases d'interception et batteries de missiles, avec toutes les données tactiques nécessaires au choix des moyens d'engagement : coordonnées des aérodromes, état de préparation des intercepteurs, consommation de carburant en fonction des régimes de vol, etc.

En France, du vieux et du neuf

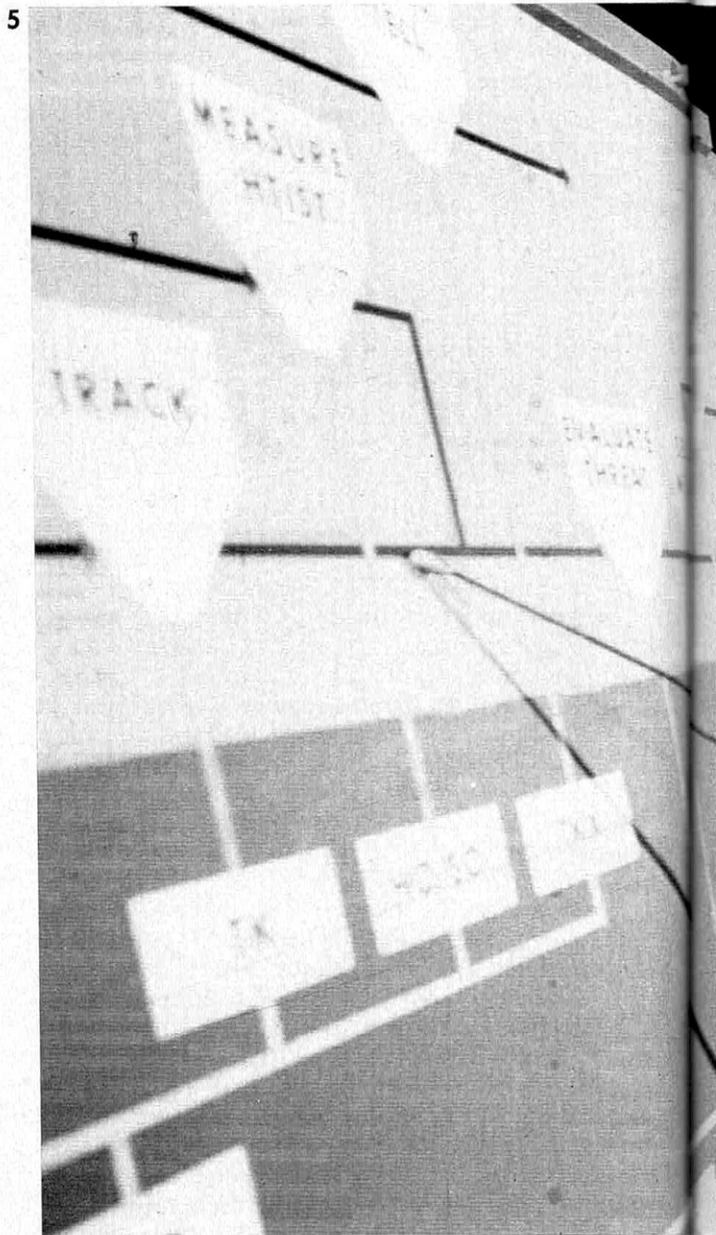
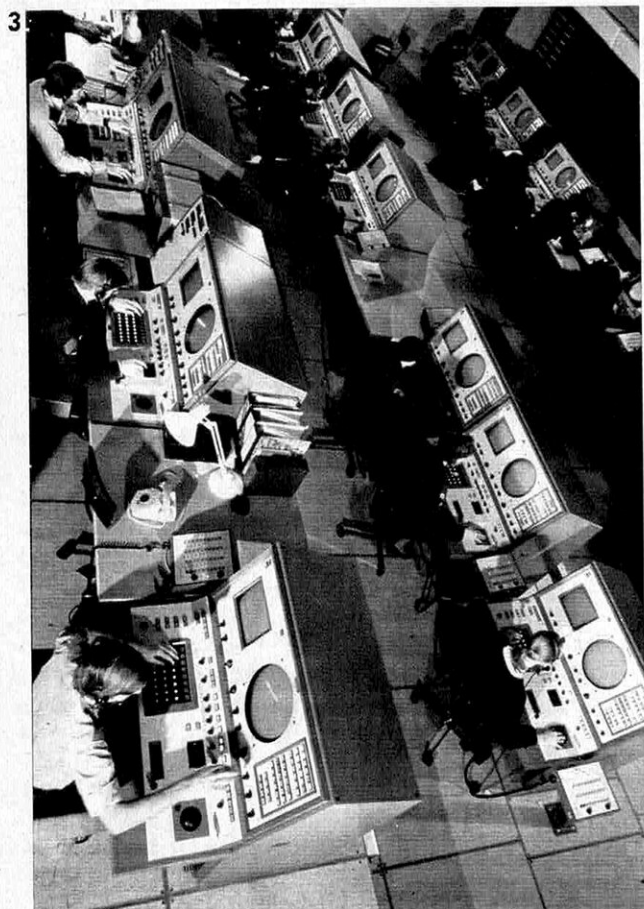
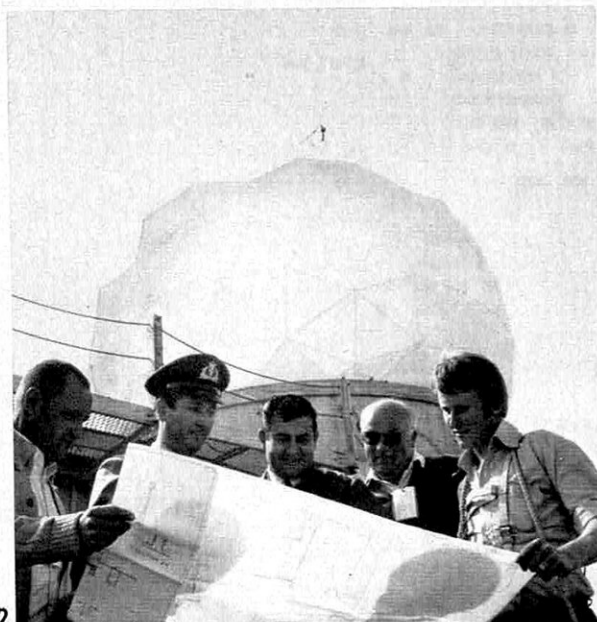
L'infrastructure de base de radars français a été mise en place il y a une bonne quinzaine d'années. Pour l'essentiel, le matériel de détection est constitué de radars planimétriques (ne donnant que la position des cibles sans information d'altitude), opérant sur la longueur d'onde de 23 cm. Ces radars sont analogues à ceux employés par les centres civils de contrôle du trafic aérien. Pour fournir une information complète, ces radars 23 cm sont associés à des radars d'altimétrie au sein de stations dont certaines sont très importantes.

Le dispositif automatique d'alerte dont la mise en place est en voie de s'achever actuellement a donc dû intégrer ces matériels anciens à sa structure.

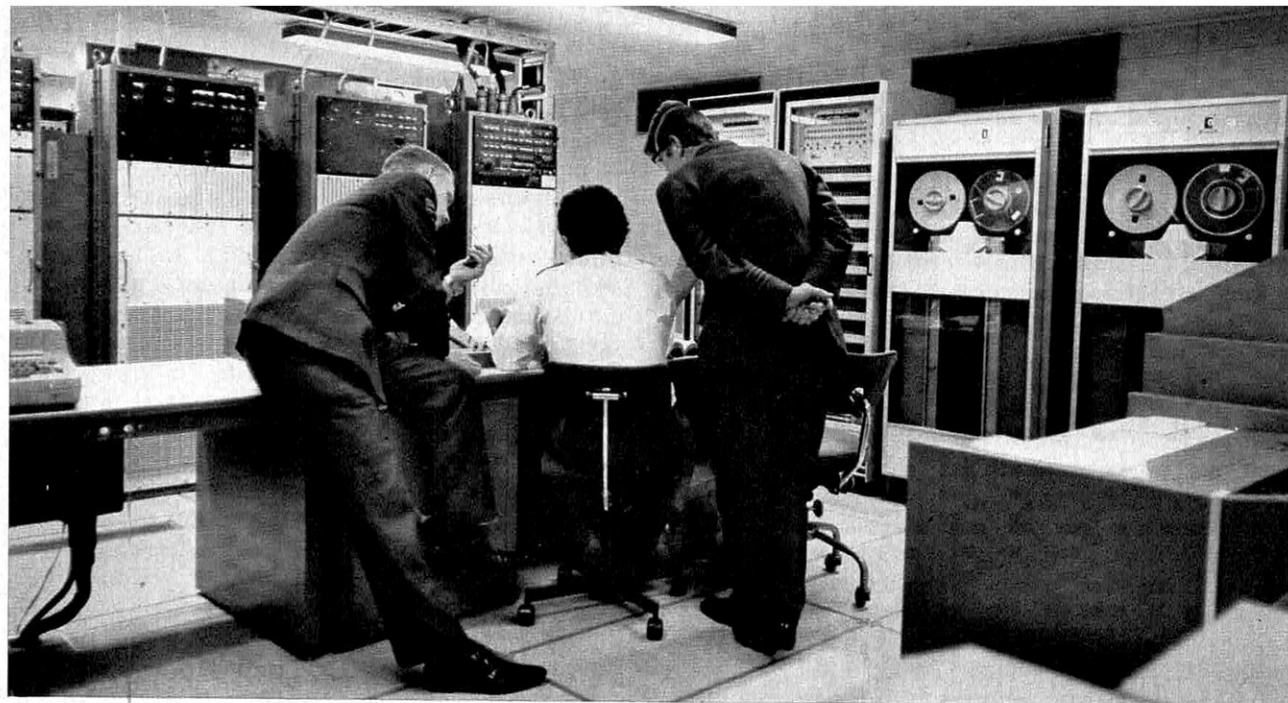
Le « Système de Transmission et de Représentation des Informations de Défense Aérienne », plus connu sous son sigle Strida, a été progressivement développé à partir de 1963. Son coût global était alors estimé à quelque 30 milliards de francs.

A l'échelle française, la défense aérienne nécessite la possibilité d'une certaine décentralisation des initiatives, aussi le Strida n'a-t-il pas été conçu uniquement pour permettre une coordination rapide des moyens de défense, mais également pour qu'à tous les niveaux du commandement, il soit présenté la même situation aérienne générale et les mêmes situations particulières.

Actuellement le dispositif français comporte donc des stations radars de type ancien associant à un radar 23 cm plusieurs radars d'altimétrie soit à balayage mécanique, soit à balayage électronique — type « Satrape » — et des stations de type moderne comportant des radars tri-dimensionnels « Palmier » G, développés par Thomson-CSF en France. Pour l'instant, seules



Le réseau NADGE a été conçu sous le signe de la coopération internationale à l'intérieur de l'OTAN. Un consortium groupant six sociétés spécialisées dans les radars, les ordinateurs, les dispositifs de visualisation, etc. était chargé de sa réalisation. 1) Des soldats italiens veillent sur un radar à longue portée. 2) Construction d'une station NADGE en Grèce. 3) Quelque part en Europe, une salle d'opération du NADGE. 4) Les ordinateurs jouent un rôle essentiel dans le réseau. 5) Entraînement des opérateurs du système NADGE.



certaines stations situées dans la moitié Est de la France sont dotées de radars « Palmier ». Voilà pour les organes de détection du système.

La cellule de base du Strida se situe au niveau des stations. Travaillant essentiellement à partir des informations radars brutes dont il tire la position, l'altitude et la vitesse des cibles, l'ordinateur du Strida dispose de tous les plans de vol civils et militaires sur cartes perforées. Par corrélation entre ces derniers et les caractéristiques des routes suivies, le système effectue l'identification des appareils.

Comme dans le système suisse, à chaque instant, l'état de préparation des moyens actifs, avions et artillerie sol-air, est transmis aux centres Strida qui possèdent également en mémoire les performances de ces différents moyens.

À l'autre extrémité de la chaîne, les opérateurs disposent d'une visualisation synthétique de la situation instantanée et des données d'intervention.

Le Strida permet d'opérer entièrement automatiquement. « Au niveau du renseignement, le système suit automatiquement les pistes affectées d'un marquage électronique. Il permet la transmission sélective au sein de la station, mais aussi aux stations voisines. Le chef contrôleur dispose d'un calculateur allocateur d'armes pour choisir les objectifs à engager et les armes les mieux adaptées aux objectifs et à la situation générale ».

Pour mener l'interception, le Strida dispose d'un calculateur d'interception qui peut élaborer les ordres de guidage et les transmettre au pilote de l'intercepteur sans aucune intervention du contrôleur, par téléaffichage à bord de l'avion.

Toutes les stations sont reliées par voie hertzienne au Commandement de la défense aérienne, installé dans le PC souterrain de Taverny à quelques mètres du commandement des forces aériennes stratégiques.

Le réseau français est complété par les échanges que permettent les accords conclus avec les pays de l'Otan voisins, Belgique, Allemagne et Italie, ainsi qu'avec l'Espagne. Dans certaines circonstances, il est également possible d'utiliser les renseignements fournis par les radars de bâtiments de la marine nationale.

Le Nadge : la grande muraille de l'Otan

Depuis l'année dernière, l'Otan a achevé la réalisation d'un de ses grands desseins : l'unification des réseaux radars de tous les pays limitrophes de ceux du pacte de Varsovie. Ainsi une gigantesque barrière a été dressée, du cercle arctique à l'Asie mineure, entre l'Est et l'Ouest.

Avant que l'idée du système Nadge (Nato Air Defense Ground Environment) ne soit lancée, la défense aérienne de l'Otan, bien qu'ayant progressé vers l'intégration, était constituée par la superposition de réseaux nationaux plus ou moins homogènes entre eux.

Confiée à un consortium multinational dont Hughes Aircraft était le chef de file, la réalisation

du Nadge a coûté plus de 500 millions de dollars. Quelque 80 sites, répartis au long des 6 000 kilomètres de frontières allant de la Norvège à la Turquie, ont été équipés.

Le maître mot du système Nadge, c'est l'intégration. On peut parfaitement imaginer que les informations recueillies par un radar danois soient traitées par des ordinateurs allemands, exploitées par des militaires belges, et finalement utilisées pour guider une interception conduite par un pilote américain.

Sur le plan technique, le dispositif est plus étonnant par le gigantisme que par la technologie. Le maître d'œuvre américain a réalisé par ailleurs le système suisse et celui du Japon, d'où une certaine identité technique. La coopération européenne a conduit également à l'emploi de matériel connu tel que le radar « Ares » à longue portée de Thomson-CSF, qui n'est autre qu'une version du « Palmier G » intégré au système français.

Le Nadge, comme les autres dispositifs mentionnés jusqu'ici, a une efficacité strictement limitée à la défense contre avions. Il est incapable de fournir des renseignements ou une alerte en cas d'attaque par missiles balistiques, en raison des caractéristiques des trajectoires de ces engins et de leur vitesse.

En Occident, seuls les États-Unis ont mis en place un système d'alerte avancée efficace contre ce type d'agression. Il s'agit du Bmews (Ballistic Missile Early Warning System).

Le Bmews est un système de détection géant destiné à diffuser un avis d'alerte en cas d'attaque des USA, de la partie sud du Canada et de la Grande-Bretagne.

Le système comporte trois bases, l'une à Thule dans le Groenland, une autre à Clear en Alaska, la dernière à Fylingdales en Grande-Bretagne. Le centre de commande du réseau est, quant à lui, implanté à Colorado Spring dans le Colorado.

Pour donner une idée de ce que représente sur le plan technique un tel système, il suffit de dire que le radar de base des stations Bmews a une antenne de quelque 25 m de diamètre qui ne pèse pas moins de 200 tonnes. Une station comme Fylingdales compte trois monstres de ce type...

Murailles ou passoires ?

Chefs-d'œuvre de technique, les grands réseaux de surveillance aérienne sont-ils des instruments efficaces et sûrs ? C'est une question difficile, mais fondamentale.

Bien des doutes peuvent être émis, même en ce qui concerne les plus perfectionnés d'entre eux.

Le système suisse « Florida » par exemple est-il véritablement bien adapté au cas de ce pays ? Etant donné le relief du territoire suisse, il est totalement impuissant contre l'éventualité, tout à fait vraisemblable, d'une attaque à basse altitude. C'est pourquoi en dépit de l'implantation d'un système des plus perfectionnés, la Suisse n'a pas démantelé son réseau de guetteurs à vue,

chargé de « boucher les trous » d'une brillante technique.

Les réseaux de l'Otan ou de la France, pour les mêmes raisons, partagent la même inefficacité contre des appareils pénétrant à très basse altitude. Mais l'inconvénient majeur des systèmes de radars est inhérent à leur principe même : utilisant des rayonnements électromagnétiques, ils peuvent être brouillés par des émissions volontaires, c'est-à-dire des contre-mesures électroniques.

Naturellement les techniciens ont cherché des parades. Les radars modernes n'émettent plus sur une fréquence fixe facile à repérer et à brouiller. Ils affichent aussi de très fortes puissances et compliquent ainsi la tâche adverse. Il reste que l'expérience a montré, notamment lors de l'intervention soviétique en Tchécoslovaquie, que les radars de l'Otan pouvaient très bien devenir aveugles pendant quelques heures.

Immobiles, finalement peu nombreux, les

radars sont faciles à répertorier et à localiser en temps de paix. Ils restent donc vulnérables. Sur ce point, il est intéressant de noter que les pays du pacte de Varsovie, contrairement à ceux de l'Otan, n'ont pas retiré systématiquement du service les anciens matériels à mesure de l'implantation des nouveaux, de sorte que, face au réseau Nadge, fondé sur des radars très sophistiqués en nombre relativement limité, se trouve une forêt de radars de tous types, coûteuse à exploiter en personnel, mais finalement d'une efficacité au moins comparable.

Au total, les systèmes d'alerte occidentaux dont on peut prévoir l'amélioration continue grâce au développement de nouveaux radars et à l'intégration de renseignements provenant de détecteurs aéroportés, constituent l'un des éléments du jeu qui consiste plus à compliquer la tâche de l'adversaire qu'à interdire totalement son action.

Jean-Pierre MITHOIS

Dérivé du 707-320B, le Boeing E-3A AWACS représente une nouvelle génération d'équipements de détection à longue distance. Il est capable de détecter les avions et les tirs de missiles balistiques.



L'UNION DE COMBAT



Post-combustion allumée, deux monoplaces Jaguar en service dans la RAF.

T ET SES ARMEMENTS

La guerre du Vietnam et celle du Kippour ont apporté de précieux enseignements quant à l'emploi et à l'équipement des avions de combat. Il semble en particulier, aujourd'hui, qu'on ne maintienne le concept de polyvalence qu'à l'intérieur de limites assez restreintes. La renaissance de l'avion de supériorité aérienne, illustrée par la mise en service du F-15 par l'US Air Force, ou la conception d'intercepteurs très évolués, comme le Mig-25 soviétique, sont révélateurs de cette tendance.

Une rapide rétrospective de ce qu'ont été les appareils militaires, depuis leurs origines il y a une soixantaine d'années, fait apparaître l'extraordinaire rapidité avec laquelle ont évolué les avions de combat. Et, au simple vu du nombre d'étapes franchies, on pourrait penser que les promoteurs de l'arme aérienne ont à chaque fois cherché à condamner, en le dépassant, le stade technique qui venait d'être atteint. Seules, en un peu plus d'un demi-siècle, les dimensions des appareils, frêles machines de bois devenues robustes structures métalliques, ont peu évolué. Mais, pour le reste, les vitesses sont passées d'une centaine de kilomètres à l'heure à plus de deux fois la vitesse du son ; les altitudes, de quelques centaines de mètres à plus de trente kilomètres ; les rayons d'action ont été considérablement allongés ; augmenté le tonnage des armements em-

portés ; perfectionnés les équipements ; rendue possible une navigation précise et sûre, affranchie de toute aide extérieure, permettant d'attaquer ou de reconnaître par n'importe quel temps les objectifs terrestres et aériens. Certains ont pu penser (et jusqu'à une époque toute récente) qu'un tel moyen de guerre, en raison même de la mutation rapide de ses caractéristiques et de ses possibilités, ne pouvait constituer qu'une étape intermédiaire. De là à conclure que l'engin, moins vulnérable et d'une plus grande continuité d'action, était le remplaçant obligé de l'avion, il n'y avait qu'un pas que d'aucuns franchirent allégrement.

C'était faire peu de cas, en vérité, d'un principe essentiel qui domine l'évolution des armements. A savoir qu'aucune arme nouvelle ne supprime totalement celles qui l'ont précédée, à moins qu'elle puisse leur être opposée avec une plus grande efficacité et dans des circonstances analogues. Or cette condition est encore aujourd'hui loin d'être remplie pour ce qui concerne les avions de combat. La souplesse d'emploi de l'avion garantit son avenir pour de nombreuses années. Par ses propriétés physiques, le milieu aérien reste, au-dessus du sol comme au-dessus des mers, un domaine où des vecteurs pilotés peuvent évoluer facilement et impunément, moyennant certaines manœuvres tactiques et techniques. C'est donc un domaine qu'il faut à la fois chercher à exploiter au-dessus du territoire ennemi et penser à surveiller et à défendre au-dessus du sol ami.

Dans les plus récentes batailles, qu'il s'agisse du conflit vietnamien ou de la guerre du Youm Kippour de 1973, l'emploi des avions de combat s'est avéré décisif et, à l'heure où va s'ouvrir le 31^e Salon international de l'Aéronautique et de l'Espace, l'existence de coûteux programmes, nationaux ou en coopération, atteste l'intérêt toujours actuel de l'avion de combat piloté.

Les enseignements de la guerre du Vietnam

L'une des conséquences les plus directes de la guerre du Vietnam sur les vues du haut commandement de l'US Air Force aura été la réhabilitation du canon monté dans l'axe de l'avion, une autre étant une connaissance plus parfaite des possibilités et des limites de l'engin guidé.

Lors des premières interventions de l'aviation de chasse des Etats-Unis au Vietnam, les trois appareils le plus souvent mis en œuvre étaient le Convair F-106 Delta Dart, le McDonnell



Moins de 80 exemplaires de la version « bombardement stratégique » du F-111 ont été construits. Echec d'un appareil à la polyvalence « miracle ».

Douglas F-4 Phantom II et le Republic F-105 ; celui-ci, plutôt destiné aux missions de bombardement, était le seul des trois à être équipé d'un canon Vulcan M-61 de 20 mm. Les deux premiers n'étaient, dans les premiers temps du moins, équipés que d'engins guidés air-air Sparrow et surtout Sidewinder. Et les pilotes ne devaient pas tarder à s'apercevoir qu'un seul de ces engins touchait sa cible pour dix autres qui la rataient. La conclusion des pilotes fut que le meilleur des engins guidés air-air ne valait pas un bon canon fixe, d'autant plus que — les Egyptiens devaient s'en apercevoir à leur tour huit ans plus tard — l'engin guidé avait le grave défaut de ne pouvoir distinguer l'ami de l'ennemi.

Aujourd'hui, il n'est plus question pour les constructeurs américains de se dispenser d'une arme fixe à bord des chasseurs : le F-4E, devenu la version standard du Phantom II dans l'US Air Force, le McDonnell Douglas F-15, le General Dynamics F-16, le Northrop F-17, sont tous équipés du canon M-61.

L'Armée de l'Air française, pour sa part, a toujours tenu à ce que toutes les versions de la grande famille des Mirage fussent équipées d'un canon, et d'un canon de 30 mm.

L'efficacité restreinte des engins guidés aux courtes distances ou en combat tournoyant ne pouvait tout de même faire renoncer à leur déve-

loppement. A cet égard, l'engin air-air Magic dont disposeront les intercepteurs Mirage F-1 de l'Armée de l'Air dans quelques années constituera un très grand progrès en combat rapproché.

Un autre enseignement de la guerre du Vietnam a été l'importance de l'électronique dans la préparation du combat (techniques de repérage) et dans le brouillage des défenses adverses à guidage par radar (contre-mesures). Ce rôle de l'électronique est d'autant plus capital qu'il intéresse en premier lieu l'aviation de chasse, laquelle détient encore aujourd'hui la clé de la maîtrise du ciel. Le conflit israélo-égyptien devait le prouver en 1973. Une fois acquise la supériorité aérienne, toutes les missions de reconnaissance, de bombardement tactique, d'appui-feu, de transport tactique apparaissent possibles.

La guerre du Vietnam devait mettre un terme au concept de la vitesse toujours plus grande du vecteur piloté et faire naître celui de l'avion spécialisé de supériorité aérienne : bon registre de performances intermédiaires (vitesse ascensionnelle, vitesse de virage, accélération, facteur de charge) dans la catégorie des vitesses où les combats se déroulent, soit entre Mach 0,9 et Mach 1,5, et excellentes qualités manœuvrières.

La très grande vitesse n'est donc plus considérée comme la caractéristique essentielle des avions de combat. Le Mach 3 n'a d'intérêt que pour la reconnaissance stratégique à très haute altitude. Même les appareils chargés de l'interdire n'ont pas besoin d'atteindre des vitesses supérieures, puisque la mission peut être remplie en face à face avec des engins guidés air-air à haut dénivelé.

Les enseignements de la guerre du Yom-Kippour

Sur le plan aérien, cette guerre fut très meurtrière. Les Arabes supprimèrent dans les trois premiers jours le quart de l'aviation israélienne (115 avions de combat environ sur un total de 550). De leur côté, les Israéliens détruisirent la moitié de l'aviation de leurs adversaires (environ 400 appareils détruits dont 360 en combat aérien).

Pour ce qui concerne l'emploi des systèmes d'armes au sol, il est bon de rappeler que le meilleur résultat a été obtenu, tant du côté syrien que du côté égyptien, par les armes automatiques et plus précisément par les canons quadritubes de 23 mm, auxquels on peut attribuer plus du tiers des résultats, le reste des pertes d'avions israéliens étant dû aux missiles SA 6 et SA 7 et, dans une moindre mesure, aux SA 2 et SA 3 contre lesquels les Israéliens pouvaient user de contre-mesures électroniques.

Au total, on peut dire que les forces aériennes israéliennes ont réussi, au prix de pertes sérieuses, à acquérir la supériorité aérienne ; que cette acquisition a été la condition indispensable au succès des manœuvres terrestres puisqu'elle a permis, tout en garantissant la liberté d'action de l'aviation d'assaut, le déploiement et la



Photo E.C. Armées.

Le SEPECAT Jaguar d'appui tactique est entré en service dans l'Armée de l'Air depuis 1973.

Photo A.M.D.





Appareil de supériorité aérienne de l'US Air Force, le McDonnell Douglas F-15 est à voilure fixe.

manœuvre des troupes israéliennes ; que l'aviation d'assaut, devant l'extrême vulnérabilité des blindés aux armes anti-chars mises en œuvre par les forces arabes, a pris une part prépondérante dans la réussite de la contre-attaque blindée israélienne ; que la reconnaissance aérienne a permis au commandement israélien d'être informé dans les délais les plus courts de l'évolution de la situation dans la zone des combats et sur les arrières.

On peut dire aussi qu'au-dessus d'une zone bien délimitée, une protection efficace a pu être obtenue par les armes de défense anti-aérienne utilisées en grande densité ; que les armes nouvelles air-sol (Hobos, Rockeye et Maverick de fabrication américaine montés sur les Skyhawk A-4 israéliens) ont sensiblement accru l'efficacité des avions d'assaut ; que la mise sous abris bétonnés, défendus par engins sol-air, des avions arabes et notamment égyptiens, a contraint l'armée de l'air israélienne à conquérir la supériorité aérienne par des combats aériens (tâche assurée par des Mirage et des Phantom équipés de missiles air-air Sidewinder et Shaffin) ; que l'organisation du système de commandement et de contrôle a permis d'obtenir des forces aériennes un rendement remarquable.

Sur le plan de la doctrine d'emploi de forces aériennes tactiques, de nombreux enseignements, depuis 1973, ont pu être tirés de cet affrontement meurtrier. Tout d'abord, celles-ci doivent pouvoir disposer d'une capacité de supériorité aérienne suffisante pour se rendre maîtresses du ciel en un secteur déterminé. Sans maîtrise du ciel, les avions d'appui amis ne peuvent être protégés, l'aviation d'assaut ennemie ne peut être neutralisée et les forces terrestres amies ne peuvent être déployées.

Ensuite, tout avion d'assaut devant assurer des missions d'appui rapproché doit pouvoir bien résister aux armes légères de DCA et pouvoir emporter des engins air-sol modernes lui permettant d'attaquer les objectifs du champ de

bataille sans pour autant se trouver dans la zone d'action des missiles sol-air ennemis. L'attaque d'objectifs importants situés dans la profondeur du champ de bataille doit être confiée à un avion de pénétration tous temps, à long rayon d'action, équipé d'un missile air-sol à portée moyenne. Les missions de reconnaissance doivent pouvoir être effectuées par tous les temps, en permanence. Mettre en œuvre des avions équipés de contre-mesures électroniques adaptées aux menaces du champ de bataille est aussi un élément essentiel de la supériorité aérienne. Enfin, pour être en mesure de diriger efficacement les avions amis et contrôler leur action, il est important de pouvoir disposer d'un système de détection électromagnétique permettant de connaître la situation aérienne à toutes altitudes au-dessus de la zone des opérations.

Ainsi, comme l'ont prouvé au cours des dix dernières années les deux conflits, Vietnam et Kippour, l'aviation militaire représente bien souvent encore la clé de voûte d'un système de défense. Quant à l'arsenal des avions de combat des temps modernes, on y trouve le plus grand choix, comme le prouve la liste non exhaustive établie ci-après.

Les principaux avions de combat du monde

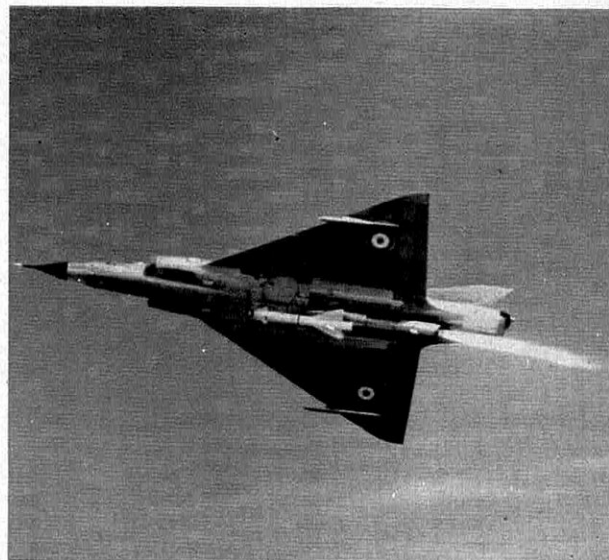
Encore qu'il soit très présomptueux de ne pas limiter cette énumération aux appareils construits dans les pays du monde occidental, car les données que l'on possède sur les caractéristiques et performances des avions soviétiques sont restreintes et fragmentaires, nous avons en tout cas exclu de cette liste les avions en service dans les forces aéronavales. Leurs missions sont en effet très spécifiques — ce sont toujours les avions de la Marine qui sont allés à l'aviation et jamais l'inverse. Lorsque le Pentagone a voulu un avion polyvalent comme le F-111, le programme s'est soldé par un échec pour la Marine. Un article du numéro spécial de Science et Vie publié en mai

1973 a d'ailleurs été spécialement consacré aux matériels des forces aéronavales.

Nous ne ferons en outre que mentionner les bombardiers stratégiques en service — B-52 et FB-111A américains, Vulcan B-2 britannique, Mirage IV français, Tu-95 Bear et Backfire B soviétiques, sans oublier le B-1 de Rockwell International dont le 1^{er} vol a eu lieu le 23 décembre 1974 et qui doit remplacer les B-52 en 1980. Ce B-1 dont, soit dit en passant, la masse est de l'ordre de 180 tonnes, la vitesse à basse altitude très grande, la vitesse à haute altitude au moins égale à Mach 2, la capacité d'emport très élevée (une dizaine de missiles air-sol) et le prix unitaire de l'ordre de 350 millions de francs...

Dans le haut de la gamme (chasseurs-bombardiers de jour et/ou tous temps, avions de supériorité aérienne, intercepteurs pour la défense aérienne, reconnaissance tactique tous-temps), on trouve ou on trouvera bientôt les appareils suivants.

Construits aux Etats-Unis : le F-106 Delta Dart (intercepteur) ; le F-111 dans ses différentes versions (chasseur-bombardier) ; le F-16 (chas-



Le Mirage III C, intercepteur tous temps de Mach 2.

seur léger en cours d'expérimentation) de General Dynamics ; le F-4 Phantom (chasseur-bombardier) et le F-15 Eagle (supériorité aérienne) de McDonnell Douglas ; les F-5A Freedom Fighter, F-5E Tiger II et F-17 (en cours d'expérimentation), de Northrop, tous trois chasseurs légers.

Construits en URSS : les chasseurs Mig-19 Farmer et Mig-21 Fishbed K (version la plus récente) ; le Mig-23 Flogger (supériorité aérienne) à géométrie variable ; le Mig-25 Foxbat (intercepteur, reconnaissance) de Mikoyan ; les intercepteurs Su-11 Fishpot C et Su-15 Flagon A de Sukhoi ; l'intercepteur Yak-28 P Firebar de Yakovlev.

Construits en France : le Mirage III dans ses différentes versions (chasseur-bombardier, reconnaissance), le Mirage F-1 (intercepteur) et le Mirage F-1E (chasseur-bombardier en cours d'expérimentation, à moteur M-53), sans oublier le projet d'ACF souvent désigné Super Mirage, dont nous reparlerons plus loin.

Construits en Grande-Bretagne : le Lightning F-53 (chasseur polyvalent) de la British Aircraft Corporation, aujourd'hui Aircraft Corporation of Great Britain.

Construits en Suède : la version JA-37 (avion de combat polyvalent) du Viggen et le chasseur Draken, de Saab.

Construits dans le cadre d'une coopération : le Panavia 200 MRCA, avion de combat polyvalent réalisé conjointement par la Grande-Bretagne (42,5 %), l'Allemagne fédérale (42,5 %) et l'Italie (15 %). Dans cette rubrique pourra figurer, lorsque le choix du remplacement du F-104 G Starfighter aura été connu, soit le F-1E de Dassault, soit le F-16 de General Dynamics.

Dans le domaine plus étroit et plus spécifique des avions dits d'appui tactique ou d'attaque au sol, on trouve les modèles suivants.

Construits aux Etats-Unis : l'A-10 A de Fairchild, biracteur de 20,6 tonnes qui peut emporter 7,2 tonnes de charges militaires et dont

LES RECORDS DU F-15

C'est au début de cette année que McDonnell Douglas, constructeur du F-15, a fait connaître les huit records de vitesse ascensionnelle que cet appareil, équipé de deux turboréacteurs Pratt et Whitney F-100, de la classe des 11 340 kg de poussée, avait conquis (sous réserve d'homologation officielle de la FAI, Fédération Aéronautique Internationale) au cours d'une série de vols. Ce sont trois pilotes de l'U.S. Air Force, les majors Roger Smith, Willard McFarlane et David Peterson qui étaient aux commandes de l'appareil, lequel avait été préparé spécialement. Bien entendu, tous ces vols ont été effectués en configuration lisse, sans charge militaire. Les chiffres du tableau ci-dessous sont impressionnants, de même que la longueur de roulement au décollage lors d'un vol du major Smith : 120 m (le F-15 est un avion de 18 tonnes...).

Altitude		Temps mis par le F-15 (en sec.)	Record précédent	Détenu par
mètres	pieds			
3 000	9 842	27,6	34,5	F-4
6 000	19 685	39,35	48,8	F-4
9 000	29 527	48,9	61,7	F-4
12 000	39 370	59,4	77,1	F-4
15 000	49 212	77,05 ⁽¹⁾	114,5	F-4
20 000	65 617	122,95	169,8	Mig-25
25 000	82 021	160,95	192,6	Mig-25
30 000	98 425	207,6	243,9	Mig-25

(1) A titre de comparaison, la fusée Saturn V utilisée par les Américains pour leurs expéditions lunaires (missions Apollo) avait mis 10 secondes de plus pour atteindre cette altitude.





Photos A.M.D.



**Cent cinq
exemplaires
du Mirage F1-C,
équipés du réacteur
Atar 9 k-50
de la SNECMA,
ont été commandés
par l'Armée de l'Air
et entrent
progressivement
en service.
La première unité
équipée,
la 30^e escadre
de Reims,
est devenue
opérationnelle
au début de 1974.**

Pays	Constructeur	Type	Rôle	Moteurs Poussée	Équi- page	Poids à vide Poids maximal	Vitesse maxi en altitude	Canon
ETATS- UNIS	FAIRCHILD	A-10 A	Appui tactique	2 G.E. TF 34- 100 4 080 kg	1	9 685 kg 20 785 kg	450 kt	1 x 30 mm
	GENERAL DYNAMICS	F-111 E	Chasseur bom- bardier (G.V.)	2 P. et W. TF 30-P-3 9 525 kg avec PC	2	21 545 kg 41 500 kg	Mach 2	1 x 20 mm
		F-16	Supériorité aérienne	1 P. et W. F- 100-PW-100 11 340 kg	1	5 440 kg 12 240 kg	Mach 2 +	1 x 20 mm
	LTV AEROSPACE	A-7 D CORSAIR II	Attaque au sol	1 Allison R.R. TF-41 A 1 6 465 kg	1	8 845 kg 19 050 kg	562 kt	1 x 20 mm
	McDONNELL- DOUGLAS	F-4 E PHANTOM	Chasseur bom- bardier tactique	2 G.E. J 79 GE 17 7 720 kg	2	8 800 kg 20 865 kg	Mach 2,2	1 x 20 mm
		F-15 EAGLE	Supériorité aérienne	2 P. et W. F 100-PW-100 11 340 kg	1	— 18 145 kg	Mach 2,5 +	1 x 20 mm
	NORTHROP	F-5 E TIGER	Chasseur	2 G.E. J 85 2 265 kg	1	4 340 kg 9 895 kg	Mach 1,6	2 x 20 mm
		F-17	Chasseur léger	2 G.E. YJ 101 6 800 kg	1	— 10 430 kg	Mach 2 +	1 x 20 mm
FRANCE	DASSAULT- BREGUET	MIRAGE III E	Chasseur bom- bardier	1 SNECMA Atar 9 C 6 200 kg avec PC	1	7 050 kg 13 500 kg	Mach 2,02	2 x 30 mm
		MIRAGE 5	Attaque au sol	1 SNECMA Atar 9 C 6 200 kg avec PC	1	6 600 kg 13 500 kg	Mach 2,02	2 x 30 mm
		MIRAGE F-1 C	Intercepteur tous temps	1 SNECMA Atar 9 K 50 6 200 kg avec PC	1	7 400 kg 14 900 kg	Mach 2,2	2 x 30 mm
		MIRAGE F-1/M-53	Chasseur bom- bardier	1 SNECMA M 53 8 500 kg avec PC	1	7 700 kg 15 200 kg	Mach 2,5	2 x 30 mm
INTERNA- TIONAL	DASSAULT- BAC SEPECAT	JAGUAR	Appui tactique	2 Rolls-Royce Turboméca Adour 3 150 kg avec PC	1	7 100 kg 15 000 kg	Mach 1,6	2 x 30 mm
	DASSAULT- DORNIER	ALPHA JET	Entraînement Attaque au sol	2 SNECMA Turboméca Larzac 04 1 350 kg	2	3 150 kg 4 500 kg	Mach 0,85	1 x 30 mm
	BAC-MBB- AERITALIA	TORNADO	Avion de combat multi- rôle (G.V.)	2 Turbo-Union/ Rolls-Royce RB-119-34 R 6 580 kg avec PC	2	10 430 kg 18 145 kg	Mach 2 +	2 x 27 mm
GRANDE- BRETAGNE	HAWKER- SIDDELEY	HARRIER G-3	Attaque au sol V/STOL	1 Rolls-Royce Pegasus 9 750 kg	1	5 330 kg 11 340 kg	Mach 1,2 en piqué	2 x 30 mm
		HAWK	Entraînement Attaque au sol	1 R.R. Turboméca Adour 151 2 420 kg	2	3 380 kg 7 480 kg	Mach 0,9	
U.R.S.S.	MIKOYAN	MIG-21 FISHBED	Chasseur	1 Tumansky RD-13-300 6 600 kg avec PC	1	— 9 400 kg	Mach 2,1	1 x 23 mm
		MIG-23 FLOGGER	Supériorité aérienne (G.V.)	1 Tumansky 9 300 kg avec PC	1	— 13 000 kg	Mach 2,5	1 x 23 mm
		MIG-25 FOXBAT	Intercepteur	2 Tumansky 11 000 kg	1	15 000 kg 29 150 kg	Mach 3	

PRINCIPAUX AVIONS DE COMBAT

Pays	Constructeur	Type	Rôle	Moteurs Poussée	Équi- page	Poids à vide Poids maximal	Vitesse maxi en altitude	Canon
	SUKHOI	SU-7 B FITTER	Attaque au sol	1 Lyulka AL-7 F 10 000 kg avec PC	1	8 620 kg 13 500 kg	Mach 1,2	2 x 30 mm
		SU-11 FISHPOT	Intercepteur	1 Lyulka AL-7 F 10 000 kg avec PC	1	— 16 000 kg	Mach 1,8	
		SU-15 FLAGON	Intercepteur	2 turbo- réacteurs avec PC	1	— 16 000 kg	Mach 2,3	
		SU-20 FITTER B	Attaque au sol (G.V.)	1 Lyulka AL-21 F 10 000 kg avec PC	1	8 600 kg 13 500 kg	Mach 2,1	2 x 30 mm
	TUPOLEV	TU-28 P FIDDLER	Intercepteur	2 turbo- réacteurs 12 250 kg avec PC	2	— 4 500 kg	450 kt	
	YAKOVLEV	YAK-28 P FIREBAR	Intercepteur	2 Tumansky RD-11 5 950 kg avec PC	2	— 16 000 kg	Mach 1,1	2 x 20 mm
ITALIE	AERONAUTICA MACCHI	MB-326	Entraînement Attaque au sol	1 RR Viper 20 1 550 kg	1 ou 2	2 685 kg 5 200 kg	Mach 0,8	
	AERITALIA	G-91 Y	Chasseur bom- bardier	2 GE J 85-13 A 1 850 kg avec PC	1	3 900 kg 8 000 kg	Mach 0,95	2 x 30 mm
JAPON	MITSUBISHI	T-2/FST-2	Entraînement Appui tactique	2 RR Turboméca Adour 3 240 kg avec PC	2	6 300 kg 9 450 kg	Mach 1,6	2 x 30 mm
SUEDE	SAAB	105 G	Entraînement Attaque au sol	2 GE J 85-17 B 1 295 kg	2	2 800 kg 6 500 kg	Mach 0,86	30 mm en « pods »
		35 X DRAKEN	Chasseur bom- bardier	1 RR Avon (Volvo Flygmotor) 8 000 kg avec PC	1	11 400 kg 16 000 kg	Mach 2	2 x 30 mm
		37 VIGGEN	AJ-37 Attaque au sol JA-37 Intercepteur	1 Volvo Flygmotor (Pratt et Whitney) 11 800 kg avec PC	1	— 16 000 kg	Mach 2	2 x 30 mm

la production de série vient d'être décidée ; l'A-7D Corsair II de LTV Aerospace.

Construits en URSS : les Su 7BM Fitter A et Su 20 Fitter B de Sukhoï, ce dernier à voilure à flèche variable.

Construit en France : le Mirage 5, initialement destiné aux forces aériennes israéliennes et en service aujourd'hui en France, en Belgique et dans huit autres pays.

Construit en Grande-Bretagne : le Harrier GR-3 à décollage et atterrissages verticaux, construit également sous licence aux Etats-Unis sous la désignation AV-8A.

Construit en Suède : la version AJ 37 du Viggen de Saab, appareil très élaboré pour l'attaque au sol.

Construit en Italie : le G-91 Y d'Aeritalia.

Construit en Inde : le HF-24 Marut.

Construit dans le cadre d'une coopération : le Jaguar, réalisé conjointement par la Grande-Bretagne et la France, remarquable avion d'appui tactique biréacteur capable de Mach 1,6. Pou-
vant atteindre 30 000 pieds en 2 mn 30 s, le Jaguar a été commandé à près de 400 exemplaires, dans ses versions attaque et entraînement, par l'Armée de l'Air et la Royal Air Force.

Dans le domaine enfin très limité des avions d'entraînement susceptibles d'assurer des missions de combat dans des conditions déterminées, on peut citer :

Construits en Grande-Bretagne, le monoréacteur Strikemaster en service dans plusieurs pays et le tout nouveau monoréacteur HS-1182 Hawk dont le premier vol a eu lieu le 21 août 1974

(suite page 122)





*Quelques représentants
de la famille des Mirage
à aile delta
en service
dans l'Armée de l'Air.
En haut, un Mirage 5,
version simplifiée
du Mirage III
destinée
à l'attaque au sol
et à l'interception.
Il peut emporter
jusqu'à quatre tonnes
d'armements.
Ci-contre,
un Mirage III.
En page de gauche,
un Mirage IV,
bombardier stratégique
porteur d'une bombe nucléaire
au cours d'un ravitaillement
en vol.*

et dont la présentation au Salon du Bourget est attendue avec intérêt ; construit en Italie, le MB-326 d'Aer Macchi, monoréacteur réalisé en différentes versions ; construit en Suède, le biréacteur 105 G de Saab en service chez les Suédois et les Autrichiens ; construit en Tchécoslovaquie, le monoréacteur L-39 Albatross, équipé de mitrailleuses de 7,62 mm, et dont une version L-39 Z est spécialement destinée à l'attaque au sol ; construit au Japon, le T-2/FST-2 de Mitsubishi, équipé de deux turbo-réacteurs Adour, le premier avion supersonique développé et mis au point au Japon ; construit en coopération par l'Allemagne fédérale et la France, l'Alphajet, biréacteur (deux Larzac 04 de la SNECMA) équipé d'un canon DEFA de 30 mm dans sa version française, et pouvant atteindre Mach 0,95.

Polyvalence ou spécialisation?

Lorsqu'on parle d'avions de combat, l'une et l'autre formule a ses partisans et ses détracteurs, aux Etats-Unis comme en Europe. Que peut-on dire, d'une manière générale, et tout d'abord comment les définir ? Un avion est polyvalent s'il peut accomplir plusieurs types de missions nettement différenciées, moyennant un changement éventuel de configuration. La polyvalence peut être limitée à deux types de missions ou étendue à un plus grand nombre, mais, dans ce dernier cas, l'avion se complique vite, son prix augmente, en sorte qu'un excès de polyvalence constitue souvent un défaut majeur. La spécialisation, elle, est recherchée lorsqu'on veut obtenir un niveau de performances exceptionnel dans un type de mission particulier.

Le F-105, par exemple, fut le type même de l'avion conçu à l'origine comme un appareil polyvalent : ce chasseur tactique monoplace, remarquons-le en passant, avait la même capacité d'emport de bombes que le quadrimoteur Lancaster de 1945 : rien d'étonnant, puisque son fuselage était sensiblement de même longueur et son poids à peine inférieur.

Utilisé au Vietnam, cet avion ne devait pas tarder à mettre en lumière les limites de la polyvalence : face à un chasseur spécialisé ennemi, cet avion surtout conçu pour l'assaut ne pouvait se montrer à la hauteur. Il ne pouvait donc se suffire à lui-même et nécessitait l'appui d'une mission d'escorte assurée par des Phantom, autres avions polyvalents mais envisagés d'abord sous l'angle de la supériorité aérienne. On sait qu'aujourd'hui, avec le F-15 en service opérationnel dans ses unités, l'US Air Force a choisi de donner la priorité à l'avion de supériorité aérienne.

Si l'intérêt de la polyvalence, sur le plan opérationnel, est toujours capital, il est bien vrai aussi que l'on n'a jamais réussi à faire un bon avion à partir d'un programme trop « omnibus », ni à construire un bon avion à tout faire. Le problème n'est pas de décider si un avion doit être polyvalent ou non, mais de déterminer jusqu'où il est techniquement et tactiquement souhaitable

de pousser la polyvalence. De toutes façons, le degré de polyvalence sera en grande partie déterminé par la taille de l'avion et par le domaine de vol retenu. Et deux vérités restent à prendre en considération : d'une part, l'avion spécialisé a toujours de meilleures performances et est généralement moins cher que l'avion polyvalent ; d'autre part, si l'on pousse trop loin les exigences de polyvalence, on obtient une machine lourde, chère et complexe.

Il est bien certain qu'aucun avion polyvalent ne peut réaliser seul toutes les missions ; mais avec trois ou quatre modèles, on doit pouvoir couvrir la gamme. Nous terminerons d'ailleurs ces quelques réflexions sur les avions de combat modernes par une description un peu plus détaillée de quelques avions en service ou en projet appartenant à l'une des catégories précédemment décrites.

Le F.15 Eagle ou la supériorité aérienne

Le biréacteur F-15 de McDonnell Douglas est le premier chasseur opérationnel à avoir un rapport poussée/poids supérieur à 1 (chaque turbo-réacteur F-100 de Pratt et Whitney délivre une poussée de 11 300 kg et l'avion a une masse au décollage de l'ordre de 20 t). C'est aussi le premier avion de supériorité aérienne construit aux Etats-Unis depuis 24 ans (son prédécesseur fut le F-86 Sabre encore en service à plus de 700 exemplaires dans 18 pays).

Grâce à la puissance de ses turboréacteurs et à sa faible charge alaire, le F-15 peut emporter un bon nombre de charges extérieures qui lui donnent de bonnes qualités en mission de pénétration. Avec six tonnes de carburant logé dans les réservoirs internes, plus trois bidons de 2 200 l en charges extérieures, il peut franchir 4 800 km sans ravitaillement en vol.

Equippé d'engins air-air Sidewinder très améliorés et d'un canon M-61 de 20 mm (il recevra ultérieurement un canon à tir rapide GAU-7A utilisant des cartouches sans douille), le F-15 est un très bon avion de supériorité aérienne. Equipé de missiles Sparrow et de réservoirs auxiliaires, il assure efficacement des missions d'interception à longue distance. Armé de quinze bombes de 250 kg ou de deux fois 450 kg en bout d'aile, il peut effectuer des missions air-sol tout en assurant sa propre défense.

Sur le plan des équipements, trois caractéristiques sont importantes : la longue portée du radar air-air ; les techniques digitales auxquelles fait appel l'exploitation des informations fournies par les capteurs de bord ; l'importance de l'équipement en contre-mesures électroniques.

Le F-15 a, pour l'attaque de chasseurs adverses, toutes les qualités que l'on peut exiger d'un véritable avion de supériorité aérienne : — accélération forte et montée rapide, sans pour autant perdre de vue l'adversaire ; ces qualités dépendent directement du rapport poussée/poids ;

— bonnes limites de manœuvre, cette qualité



La Hawker-Siddeley Harrier, cas unique d'appareil de combat à décollage vertical, pour l'attaque au sol.

étant obtenue par une faible charge alaire (300 kg/m^2) ; bonne capacité de virage pour se mettre le plus vite possible en position de tir ; — taux de motorisation élevé permettant de maintenir une forte cadence de virage, même avec la traînée élevée due à la grande surface de voilure ; — visibilité vers l'arrière bien étudiée, non sacrifiée à l'aérodynamique.

Un bon avion de supériorité aérienne ne peut être ni à voilure delta, cette formule étant très pénalisante en limites et marges de manœuvre, ni à voilure à flèche variable, solution d'autant plus intéressante que la charge alaire est élevée.

La vitesse du F-15, Mach 2,2 à 70 000 pieds (vitesse maximale : Mach 2,5), est inférieure à celle du Mig-25 Foxbat que nous allons décrire (Mach 3 à 75 000 pieds) ; mais comme il peut être équipé d'engins air-air à grand dénivelé, l'infériorité relative de la vitesse est largement compensée.

Le Mig-25 Foxbat

Pour procéder en temps de paix à une mission d'identification d'un avion inconnu pénétrant dans un espace aérien national, il faut pouvoir rejoindre la cible, guidée du sol par une station radar.

Pour rejoindre la cible, il faut pouvoir attein-

dre rapidement l'altitude de cette cible, puis la rattraper. Il faut pour cela un avion au taux de montée satisfaisant (rapport poussée/poids de l'ordre de 0,5) et dont la vitesse excède de 20 % celle de l'avion poursuivi. Il faut un avion capable de résister (à des vitesses correspondant à Mach 3 ou 3,2 pour rattraper l'avion inconnu si la vitesse de celui-ci est de Mach 2,7) à des températures de l'ordre de 380°C . Il faut donc un avion essentiellement à base de titane, deux fois plus cher au kilogramme environ que les appareils ne dépassant pas Mach 2 ou 2,5. Il faut enfin un avion volumineux pour loger la grande quantité de carburant qu'exige la succession des manœuvres (montée, accélération, poursuite, rattrapage et arraisonement éventuel ou destruction).

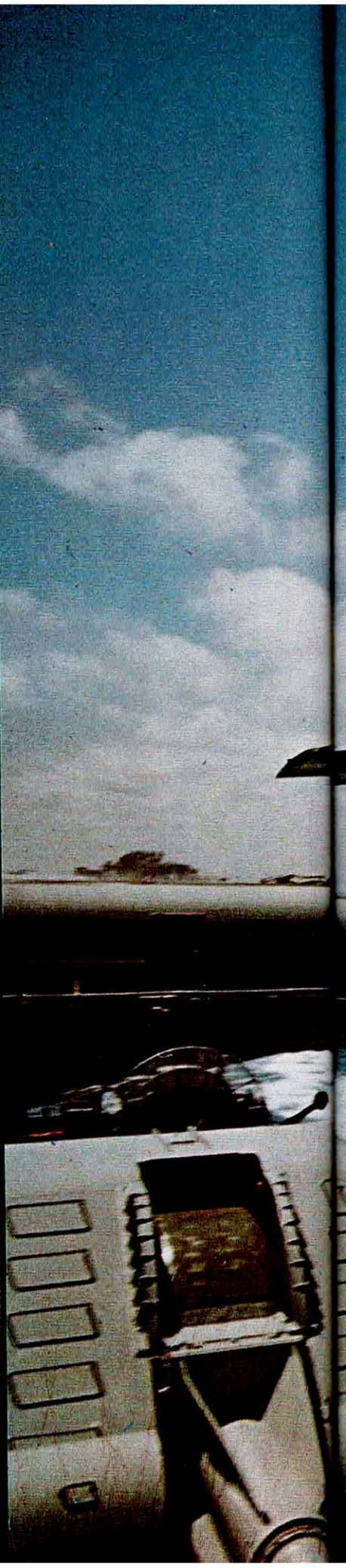
Un tel avion doit avoir la plus faible traînée possible, ce qui signifie un appareil monoplace, sans empennage avec une charge alaire élevée (500 à 600 kg/m^2), c'est-à-dire qu'une voilure delta convient particulièrement bien. Son radar de bord peut être simple puisqu'il effectue ses interceptions secteur arrière avec l'aide des stations radar terrestres.

Pour ce genre de missions, où tout est sacrifié aux performances aérodynamiques, un appareil se rapproche beaucoup de l'idéal. C'est le Mig-25 Foxbat. Il pèse 30 t, est équipé de deux turbo-

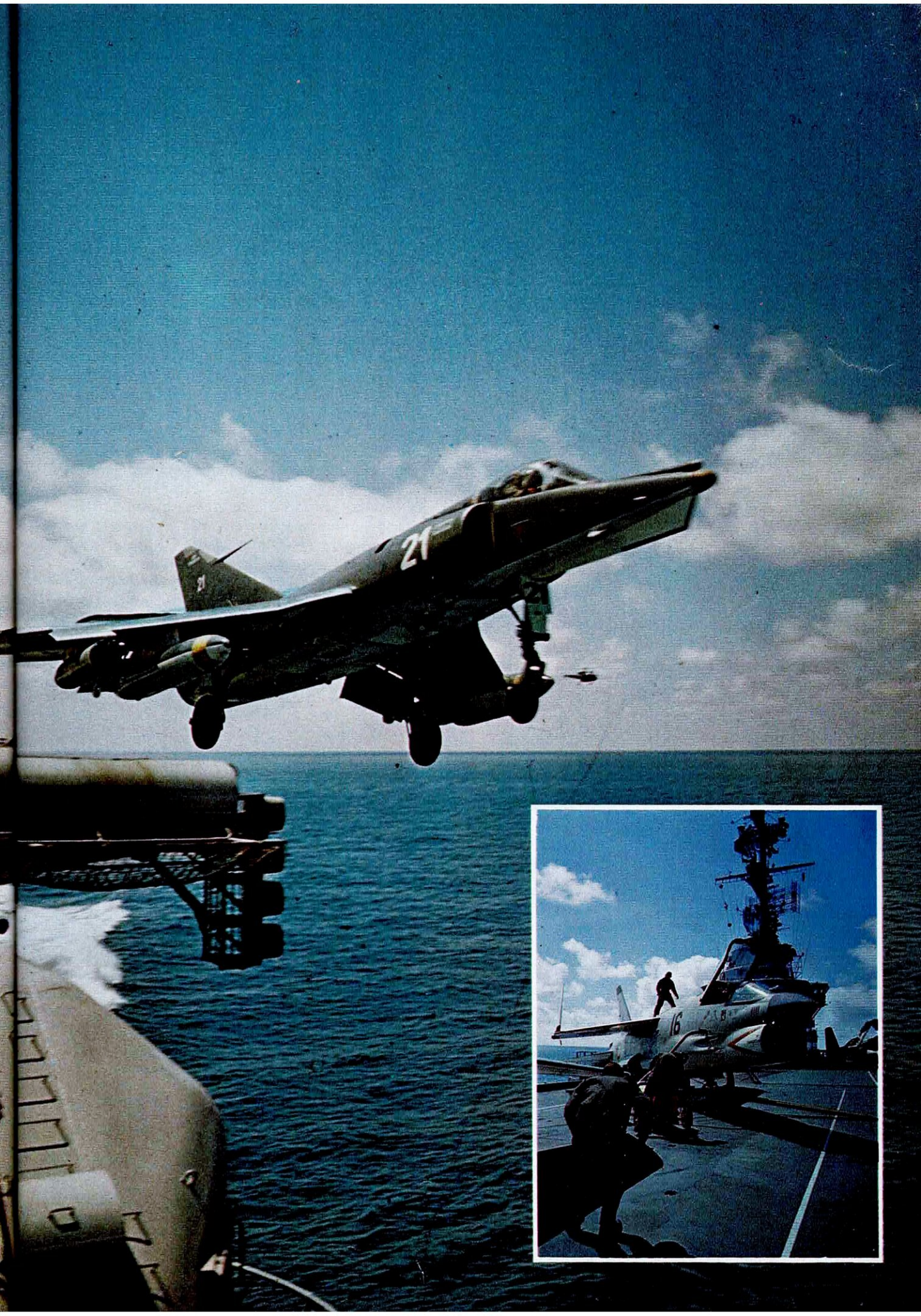
(suite page 126)



Photo E.C. Armées.



**En haut, tir d'un missile anti-char AS-11
par une Alouette III de l'ALAT.
En bas, un Super-Frelon de l'Aéronavale
(lutte anti sous-marine).
En page de droite, deux matériels classiques embarqués :
un Étendard IV M
(le super-Étendard lui succédera bientôt)
et un LTV F8 crusader.**



réacteurs de 11 tonnes de poussée (taux de motorisation 0,73) et sa voilure, bien que classique, a une charge de l'ordre de 750 kg/m². Il peut emporter quatre engins air-air et son rayon d'action est supérieur à 2 700 km.

Selon les services de renseignements français, le Mig-25 aurait fait son apparition (après avoir souvent été vu au-dessus du Sinaï) en République démocratique allemande.

Exemple de polyvalence : l'ACF ou Super Mirage

L'originalité du Super Mirage tient dans le fait qu'avec la même cellule et les mêmes moteurs (deux M-53 de la SNECMA), mais avec trois systèmes d'armes différents, on a pu réaliser un même avion pour trois types de missions. Il s'agit ici d'une polyvalence limitée.

Quelles caractéristiques devait avoir cet ACF ?
— accuser un rapport poussée/poids de l'ordre de 1 au poids de combat, pour les missions de supériorité aérienne ;

— être doté d'un radar ayant une portée très supérieure à celle des radars actuellement en service, et donc un diamètre d'antenne d'au moins 90 cm ;

— offrir une « allonge » suffisante pour que la mission de pénétration basse altitude puisse atteindre des objectifs liés à un théâtre d'opérations ;

— avoir des performances tous temps pour par-

venir à une permanence d'action aussi grande que possible.

Si la formule de géométrie variable n'a pas été retenue, c'est parce que, sur le plan des aptitudes à la manœuvre dans un certain domaine de vol, elle présente le gros inconvénient d'une charge alaire très forte et aussi parce que les avantages qu'elle apporte ne sont pas toujours déterminants. En outre elle pèse plus lourd (+ 10 % environ) et coûte plus cher (+ 10 % environ) ; c'est pourquoi une flèche de 55°, fixe, a été retenue.

Le Super Mirage devrait avoir un rôle comparable à celui de la famille des Mirage III. Les trois systèmes d'armes retenus sont : pour la version défense aérienne et couverture, un radar air-air pouvant être utilisé à haute et basse altitude et couplé à un missile du type Matra Super 530 ; pour la version pénétration, un radar de suivi du terrain et un missile air-sol d'une portée d'au moins 50 km. Pour la version reconnaissance, le même radar de suivi de terrain, cette version devant être capable d'opérer tous-temps. Pour chacune des trois versions est prévu un équipement important de contre-mesures (détecteurs, brouilleurs, leurres).

Le prix moyen d'un ACF devrait tourner autour de 60 millions de francs, soit moins que celui d'un F-15 et autant que celui du MRCA. On est loin, mais c'est la rançon du progrès et la conséquence de l'inflation, des dix millions de

RECORDS DU MONDE DU Mig-25

	Perfor- mance km/h ou m	Date
Vitesse en circuit fermé de 100 km ⁽¹⁾	2 605,1	8.4.1973
Vitesse en circuit fermé de 500 km	2 981,5	5.10.1967
Vitesse en circuit fermé de 1 000 km	2 920,67	27.10.1967
Vitesse sur 1000 km avec 1 000 kg ⁽²⁾	2 920,67	27.10.1967
Vitesse sur 1000 km avec 2 000 kg	2 920,67	27.10.1967
Altitude avec 1 000 kg	35 200	25.7.1973
Altitude avec 2 000 kg	35 200	25.7.1973
Altitude absolue ⁽³⁾	36 200	25.7.1973

(1) Ce record a été battu par un avion de série qui, lors de cette tentative, a dépassé la vitesse de 3 000 km/h.

(2) Charge.

(3) Pour cette tentative, l'appareil a pris son accélération maximale en palier à 15 000 m puis est monté presque à la verticale (à bord règne l'état d'apesanteur). A 30 000 m, les moteurs se sont étouffés et l'avion a poursuivi sa trajectoire selon les lois de la balistique.



Baptisé « Fishbed » par les services occidentaux, le

francs d'un Mirage III E ou même des 22 millions de francs d'un Mirage F.1 !

Autre polyvalent : le MRCA

C'est en septembre dernier, à l'occasion de la première présentation publique, sur le terrain de Manching (Allemagne fédérale) de Messerschmitt — Bolkow — Blohm, qu'a été divulgué le nom de baptême « Tornado » de l'avion de combat multi-rôle (MRCA = multi role combat aircraft) jusqu'alors souvent désigné Panavia 200.

À la réalisation de cet important et très coûteux programme participent la Grande-Bretagne (avec BAC, pour 42,5 %), l'Allemagne fédérale (MBB, 42,5 %) et l'Italie (Aeritalia, 15 %). La mise au point et la production du moteur, un RB-199 de 6,5 tonnes de poussée avec réchauffe sont assurées par Rolls-Royce (40 %) Motoren und Turbinen-Union (40 %) et Fiat (20 %).

Bien que très controversé, le programme, aux dernières nouvelles, se poursuit. Deux prototypes étaient aux essais au début de l'année (le 1^{er} vol du 01 avait eu lieu en août 1974). Le n° 3 devait voler en avril.

Destiné aux forces aériennes de trois pays dont les spécifications des états-major sont bien différentes, le biplace Tornado à voilure à flèche variable est un avion de 20 t à pleine charge pour une masse à vide de 8 à 9 t, pouvant atteindre

Mach 2 et plus en configuration lisse au niveau de la mer. Il est équipé de deux turboréacteurs à double flux avec réchauffe (3 800 kg de poussée à sec, 6 800 avec réchauffe). Son prix unitaire, très difficile à évaluer, serait de l'ordre de 60 millions de francs.

Les principales missions qu'il aurait à assurer diffèrent selon le pays et conduiraient à des versions différentes :

- pour la Royal Air-Force : une version attaque et reconnaissance pour remplacer les Vulcan, Canberra et Buccaneer, et une version défense aérienne (que la RAF est seule à vouloir posséder) pour remplacer ses Phantom et Lightning ;
- pour la Luftwaffe : missions d'interdiction, d'appui tactique, de combat contre les forces de pénétration, de reconnaissance armée ;
- pour la Marine allemande (qui le mettrait en service avant la Luftwaffe) : reconnaissance et attaque des objectifs côtiers et maritimes ; escorte ; guerre électronique ;
- pour l'Aeronautica Militare Italiana : missions d'interdiction, de supériorité aérienne locale, de reconnaissance (et éventuellement d'attaque en mer).

Si le taux de motorisation du Tornado paraît bien faible pour que Mach 2 soit atteint à haute altitude, l'avion devrait en revanche bien se comporter en vol subsonique à basse altitude. Il sera ainsi beaucoup plus brillant pour l'attaque au sol que pour l'interception, même s'il est équipé, dans la version spécialement développée pour la R.A.F., d'un moteur aux performances améliorées par rapport à celles de la version standard. Mais c'est un moteur triple corps, ce qui rend sa régulation difficile.

Grâce à la flèche variable, le Tornado doit pouvoir décoller sur des distances relativement courtes.

Dans sa version de base, c'est un chasseur bombardier surtout destiné à l'attaque au sol et utilisable pour des opérations tous temps contre des objectifs fortement défendus. Le mécanisme de pivotement de la voilure semble avoir bénéficié de l'expérience acquise aux Etats-Unis avec le F-111. De fait, déjà le F-14 de l'U.S. Navy ne pose pas de problème sur ce point.

Le Viggen suédois

Le Viggen suédois, construit par Saab, est un remarquable exemple de ce que peut donner l'application du concept de polyvalence limitée à deux types de missions.

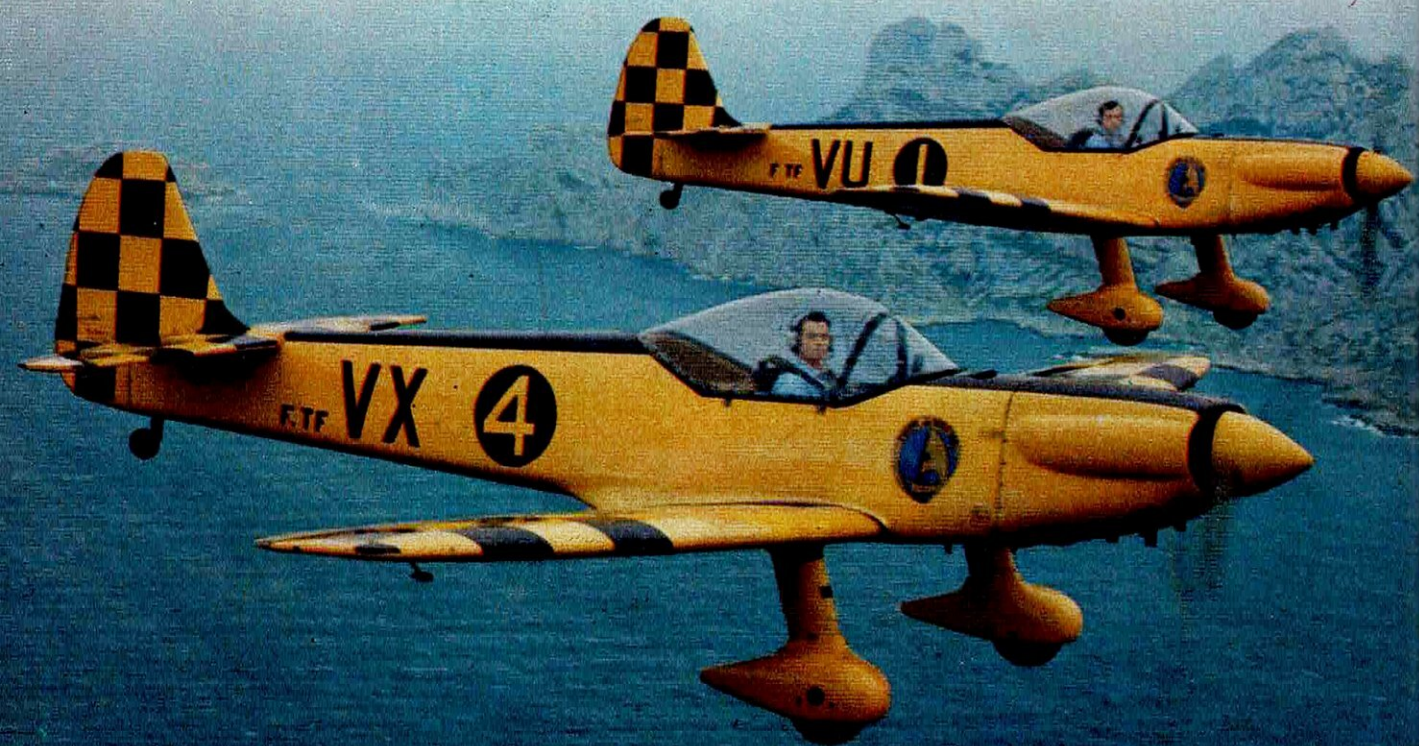
Fruit d'un des programmes de construction aéronautique les plus ambitieux qui aient jamais été entrepris dans le monde, le Viggen est aujourd'hui le premier avion d'arme conçu pour la période fin 1970 - début 1980 à être mis en service opérationnel.

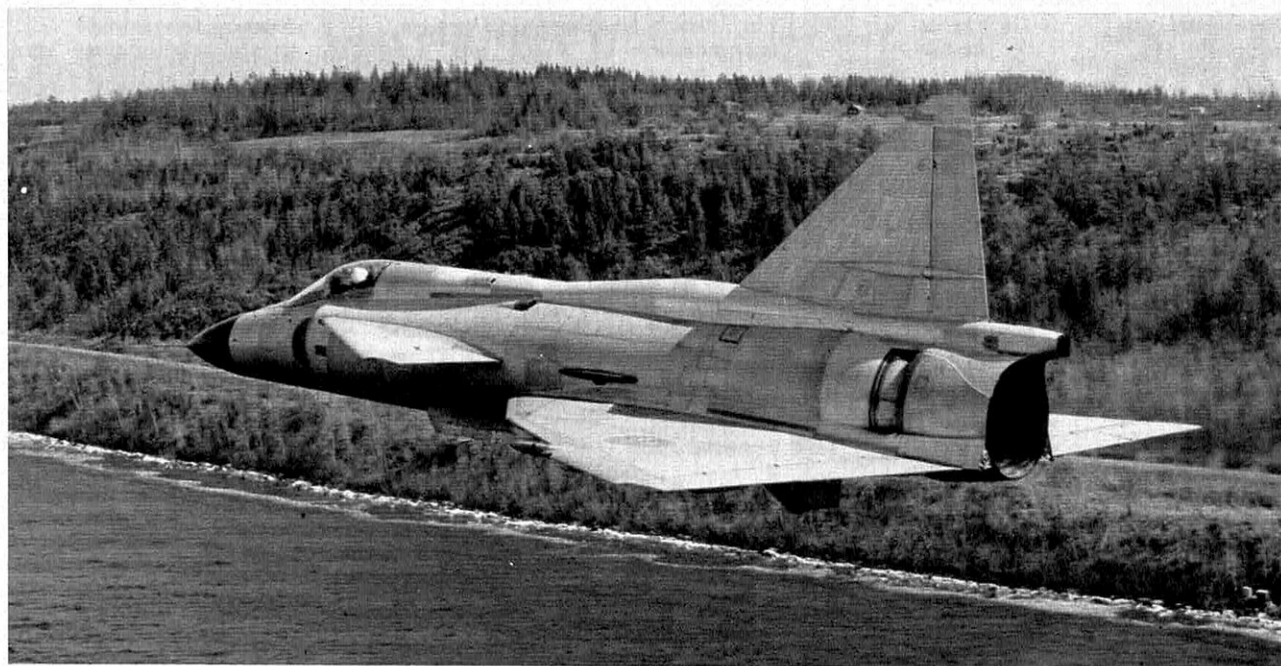
À l'origine des études, il ne s'agissait pas d'atteindre, en altitude, une vitesse très supérieure à celle du Draken (Mach 2). Mais il fallait un appareil répondant à un maximum d'exigences contradictoires : vitesses d'approche et d'atterrissage aussi faibles que possible pour se



monoréacteur Mig 21 existe en de multiples versions.

**Retour
à l'Armée de l'Air
avec ces
monoplaces légers
de voltige basés à
Salon de Provence.
Il s'agit de CAP 20,
de construction
française,
équipés d'un
moteur Lycoming
de 200 ou 260 ch.
De conception
classique en bois,
le CAP 20
a une vitesse de
croisière maximale
d'environ 350 km-h.**





Le Saab Viggen, à la voilure caractéristique, dans sa version AJ 37 destinée surtout à l'attaque au sol.

contenter de pistes de courte longueur ; missions allant de l'attaque à basse altitude (100 m et Mach 1,1 environ) à l'interception en altitude, en passant par la reconnaissance à haute et basse altitude.

La recherche de l'obtention d'une traînée minimale et d'une bonne tenue à la turbulence (pour le vol à basse altitude) militait pour une faible envergure avec forte charge alaire. Mais une voilure chargée au mètre-carré s'accommode mal de pistes courtes, à moins qu'elle ne soit très hypersustentée et que l'avion soit équipé de moteurs lui donnant une grande puissance au décollage.

Ayant éliminé successivement la géométrie variable (techniquement satisfaisante mais jugée beaucoup trop coûteuse) et le combiné STOL/VTOL, trop complexe, les aérodynamiciens optèrent pour la solution « canard », en la perfectionnant par rapport au Draken, avion à double delta. De longues études en soufflerie amenèrent à déterminer la position de l'empennage canard, qui fut doté de volets de bord de fuite pour augmenter la portance.

En outre, l'étude du moteur a été elle aussi très poussée ; sur un générateur de gaz Pratt et Whitney ST 8 D, Flygmotor a monté un canal de réchauffe et un inverseur de poussée. La solution du double flux apporte la sobriété en subsonique tandis que la réchauffe apporte la puissance. L'emploi de l'inverseur permet de réduire la distance d'atterrissage.

Cela donne un avion dont cinq versions ont été développées à ce jour :

- l'AJ 37, pour l'attaque au sol, monoplace commandé à 150 exemplaires par les forces aériennes suédoises et en service opérationnel depuis deux ans ;
- le SK 37, biplace d'entraînement ;

- le SF 37, monoplace de reconnaissance tactique qui doit entrer en exercice en 1977 ;

- le SH-37, version destinée à la surveillance maritime et dont la mise en service est prévue pour 1978 ;

- le JA-37, intercepteur tous temps, dont le premier vol a eu lieu en juin 1974 et qui doit être mis en service en 1978.

Les quatre premières versions sont équipées de réacteurs RM 8 A de Volvo Flygmotor ; la 5^e sera propulsée par une version RM 8 B qui développe 12 750 kg de poussée avec réchauffe, soit 12 % de plus que le RM 8 A, tout en ne consommant pas beaucoup plus.

La version intercepteur tous temps, le JA 37, est bien supérieure à la version AJ 37 pour l'appui tactique, elle-même déjà très sophistiquée. En plus de missions classiques de défense aérienne, le JA 37 peut également assurer avec succès des missions d'attaque d'objectifs au sol. Son système de navigation et d'attaque est particulièrement élaboré.

L'armement du Viggen se compose d'un canon Oerlikon de 30 mm et peut inclure tous les types de missile air-air ou air-sol à guidage TV ou infrarouge. L'avion possède sept points de fixation de charges extérieures : deux sous chaque demi-aile et trois sous le fuselage.

Les coûts de développement de l'ensemble de ces versions sont évalués à 3,5 milliards de francs 1974 et le prix unitaire moyen d'un Viggen, pour une série de 400 appareils, serait de l'ordre de 30 millions de francs. Mais la Suède est après la Grande-Bretagne le pays d'Europe qui consacre à la défense le pourcentage le plus élevé de son produit national brut ; le budget de la défense nationale y est de 1 000 F par habitant (contre 700 en France).

Jean de GALARD

LES NOUVEAUX MATÉRIAUX

L'enthousiasme provoqué par l'apparition des matériaux composites s'est un peu modéré. On fonde cependant de grands espoirs sur eux et les réalisations sont déjà importantes. Mais ces « produits » révolutionnaires ne sont pas seuls à considérer au niveau des progrès des matériaux de l'aéronautique et de l'espace.

Depuis toujours, l'industrie aéronautique a servi de catalyseur dans la recherche et la mise au point de matériaux nouveaux. Depuis les alliages légers à haute résistance jusqu'aux tout récents alliages de titane, en passant par les alliages réfractaires pour turboréacteurs, la métallurgie est redevable à la technique aéronautique de nombre de ses produits les plus performants. Inversement, on peut dire que le progrès de l'aviation n'a pu suivre un cours aussi rapide que grâce à l'existence de matériaux adaptés.

Ce phénomène est toujours d'actualité, puisque, alors même que l'on semble atteindre les limites des matériaux purement métalliques, le développement de composites à base de fibres à haute résistance vient répondre aux nouveaux besoins des matériels aéronautiques et spatiaux.

Les matériaux métalliques

C'est un lieu commun de dire que les matériaux aéronautiques et spatiaux doivent présenter un rapport résistance/densité élevé. Mais, pour les réalisations d'avions et de moteurs à hautes performances, ils doivent également témoigner d'une bonne résistance à la fatigue et d'une bonne tenue au fluage, c'est-à-dire de tenue sous charge dans un environnement à haute température. Enfin, leur mise en œuvre ne doit pas être trop délicate, et en tout cas, être compatible avec une production de série.

Parmi les produits conçus pour prolonger les alliages d'aluminium et les aciers classiques, certains alliages de titane ont les caractéristiques mécaniques convenables, mais leur aptitude au formage et au soudage laisse encore beaucoup à désirer. Néanmoins, l'emploi de ces matériaux se développe d'une manière continue. Les cellules d'avions de transport en comportent plusieurs centaines de kilos, notamment pour la boulonnerie. Quant aux avions d'arme supersoniques, c'est en tonnes qu'il faut parfois chiffrer la masse de titane qui est incorporée dans leur structure. A titre d'exemple, le bombardier Rockwell International B-1 et le chasseur Grumman F-14 en renferment respectivement 20,1 et 31 % du poids à vide de la cellule.

Mais c'est surtout sur les turboréacteurs que les alliages de titane ont pu faire valoir leurs propriétés. Les compresseurs y font un large appel, que ce soit pour les disques ou pour les aubes, le gain de poids par rapport aux matériaux classiques pouvant dépasser 500 kg sur les réacteurs de la classe de 20 tonnes de poussée qui équipent les avions gros porteurs actuels. Si l'on tient compte qu'un gain de poids sur un moteur est multiplié par un facteur compris entre 5 et 10 au niveau de la cellule, on comprend tout l'intérêt de ces alliages ; c'est ainsi que le réacteur Pratt et Whitney J-T-9-D, qui équipe le Boeing 747, en comporte 4,5 tonnes.

C'est également au bénéfice des motoristes qu'ont été enregistrés de sensibles progrès dans

le domaine des matériaux réfractaires, cette fois pour la réalisation des parties chaudes, turbines et tuyères.

On sait en effet que la vitesse d'éjection des gaz de combustion qui, toutes choses égales par ailleurs, conditionne la valeur de la poussée, est d'autant plus élevée que la température de ces gaz est élevée. Or, cette température est évidemment fonction des possibilités de tenue des ailettes de turbine. La caractéristique mécanique qui influe sur le choix du matériau est la résistance au fluage, c'est-à-dire à la déformation lente sous l'effet conjugué d'une contrainte statique et de la température.

Les derniers matériaux développés permettent de supporter des températures de l'ordre de 1 100 °C. Il s'agit d'alliages à base de nickel, chrome et cobalt, et qui renferment en outre de faibles additions de molybdène, titane, aluminium et niobium, ces derniers métaux, en se combinant avec le nickel, conduisant à la précipitation de fines particules qui durcissent l'alliage.

Les recherches dans le domaine des superalliages se poursuivent actuellement, en cherchant à introduire dans une matrice en nickel des oxydes de terres rares comme l'oxyde d'yttrium ou l'oxyde de thorium. L'élaboration de ces nouveaux alliages devra faire appel aux techniques de la métallurgie des poudres. On espère ainsi pouvoir obtenir une tenue à des températures de 1 300 °C pendant 20 000 heures.

Au-delà des alliages développés à partir de métaux relativement classiques, il faut noter les essais effectués pour utiliser des alliages de métaux réfractaires, comme par exemple le tantale et le niobium. Aux Etats-Unis, certains éléments de structure ont été réalisés, à titre expérimental, à partir d'alliages à 90 % de tantale et 10 % de tungstène. Il se pose toutefois des problèmes de résistance à l'oxydation à haute température qui nécessitent l'emploi d'un revêtement protecteur.

Enfin, nous n'aurons garde d'oublier les alliages contenant comme élément de renforcement un carbure produit directement dans le métal de base ; tel est le cas d'un alliage étudié par l'ONERA, à base de cobalt et de carbure de tantale. De tels alliages, dont l'élaboration peut se faire suivant une technique de solidification orientée, devraient faire considérablement progresser la technologie des aubes de turbine.

Les composites

Nous laisserons ici de côté les composites à base de fibres de verre dont les applications sont maintenant assez nombreuses et que l'on peut considérer comme classiques. Parmi les dernières réalisations, on peut citer les moyeux d'hélicoptères, tant pour les rotors principaux que pour les rotors anticouples. La flexibilité du matériau composite permet de supprimer, pour les pales, les articulations de battement et

de traînée, et par suite de simplifier considérablement la tête de moyeu et d'aboutir à un gain de poids important.

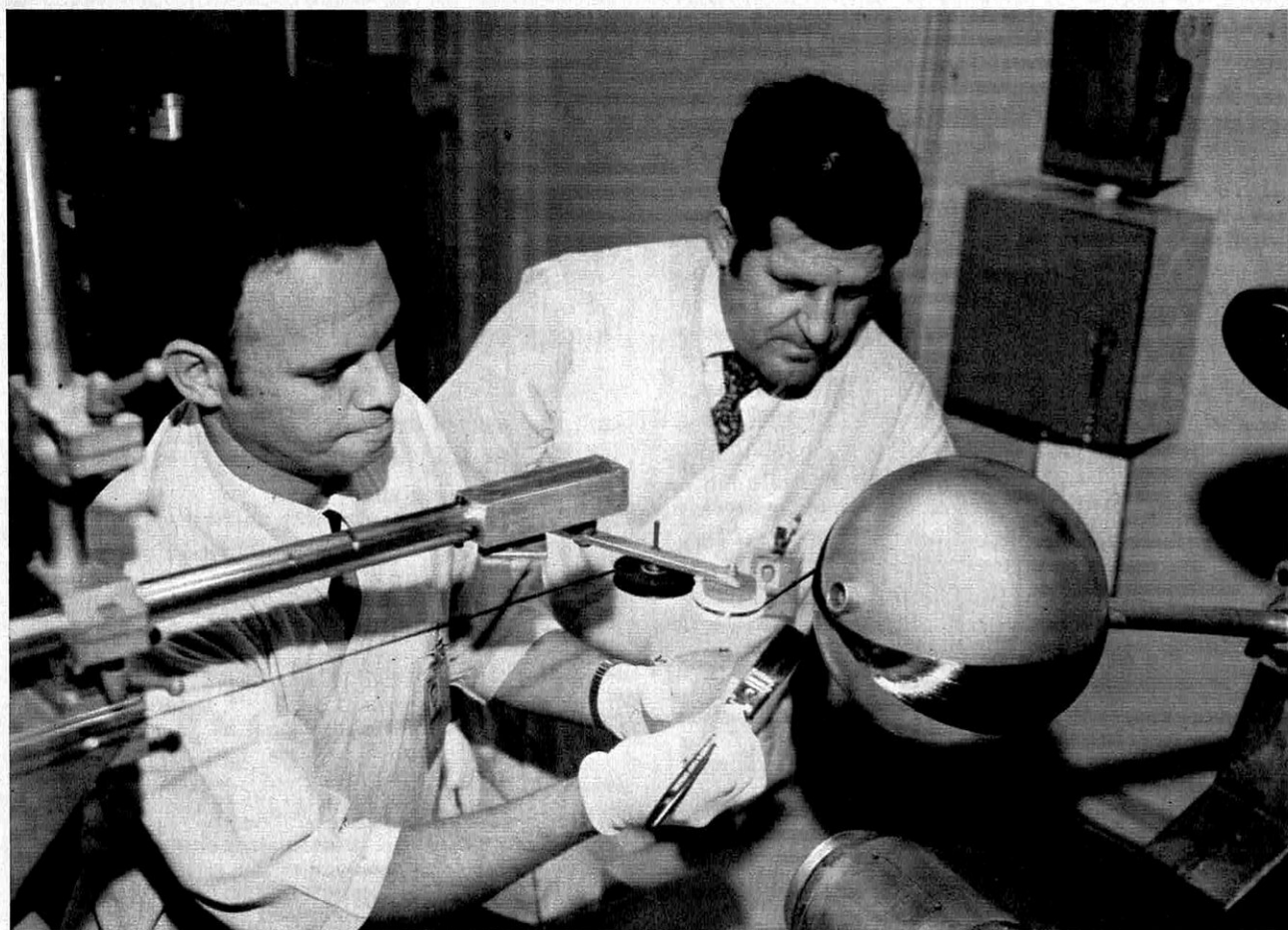
Mais les regards se tournent maintenant vers les fibres dites à haut module, c'est-à-dire celles de carbone et de bore. Il est vrai qu'après une période euphorique où les composites armés de ces fibres semblaient devoir constituer une panacée, les utilisateurs potentiels ont dû se rendre à l'évidence et admettre que s'ils possédaient des propriétés remarquables, certaines de leurs caractéristiques étaient défavorables et pouvaient interdire leur emploi. En définitive, le développement des composites a suivi un rythme plus modéré, mais les applications commencent à apparaître sur des matériels en cours de production.

Ainsi, si les composites à fibres de carbone ont connu des déboires avec les aubes de soufflante du turboréacteur Rolls-Royce R.B. 211, essentiellement pour des raisons de résistance aux chocs, leur emploi continue à pénétrer progressivement le domaine des structures d'avions. En les associant à des résines de type époxy, on réalise des composites dont la résistance à la rupture atteint 90 à 120 hectobars (hb) pour une densité de 2 à 3. Il en résulte un rapport résistance/densité de l'ordre de 40 à 60, soit trois à quatre fois plus que celui des alliages d'aluminium.

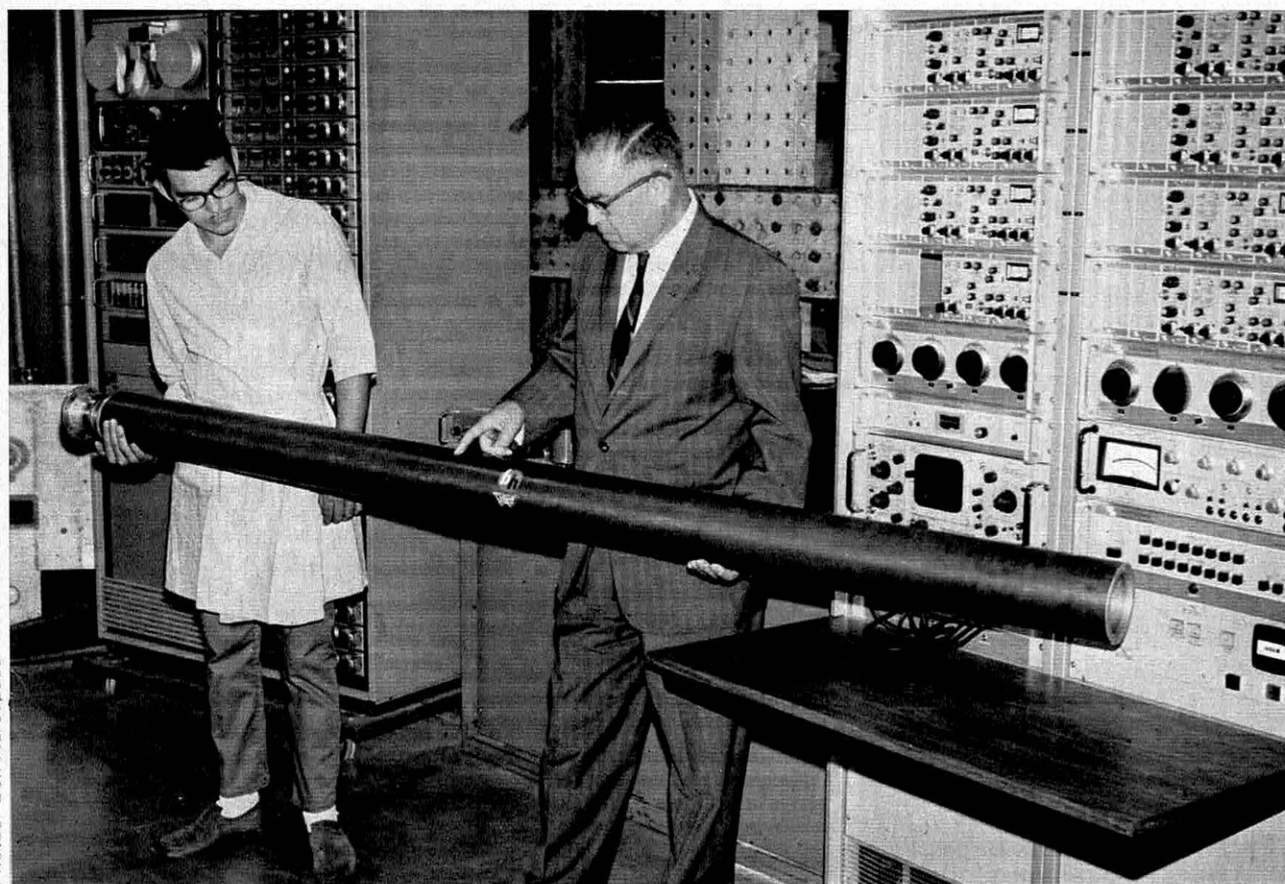
Ces composites se prêtent bien à la fabrication de pièces moulées ; parmi celles qui ont déjà été montées sur des avions et qui ont été testées en vol, on peut citer des portes de train d'atterrissage, des gouvernes et des bords d'attaque d'ailes, les gains de poids obtenus par rapport à des structures métalliques allant de 20 à 30 %.

L'inconvénient des résines comme liant entre les fibres tient à leur incapacité de supporter des températures supérieures à 300 °C. Pour étendre les possibilités d'emploi des fibres de carbone, on a songé à les enrober d'un liant métallique sous la forme d'un alliage léger. La résistance en traction d'un tel composite dépasse 100 hb et, contrairement à ce qui se passe pour les autres matériaux, elle se maintient à ce niveau jusque vers des températures de 400 °C. Bien que l'on en soit encore dans ce domaine au stade de la recherche technologique, on peut d'ores et déjà prévoir des applications nombreuses sur les structures d'avions très rapides.

Sur le plan économique, des progrès appréciables ont déjà été enregistrés, puisque l'on trouve maintenant des fibres de carbone de courte longueur à moins de 1 000 F/kg. De plus, ce prix est largement compensé par les gains de poids réalisés qui se répercutent sur la rentabilité de l'avion. On définit en effet en aéronautique un taux d'échange coût-masse qui indique le coût que l'on peut dépenser pour gagner un kilo de masse de structure ; pour un avion subsonique de transport, ce taux est déjà de l'ordre



Les recherches se poursuivent sur les procédés de bobinage des fibres de carbone et leur imprégnation par des résines. En bas, un arbre de transmission pour hélicoptère en composite bore-résine.



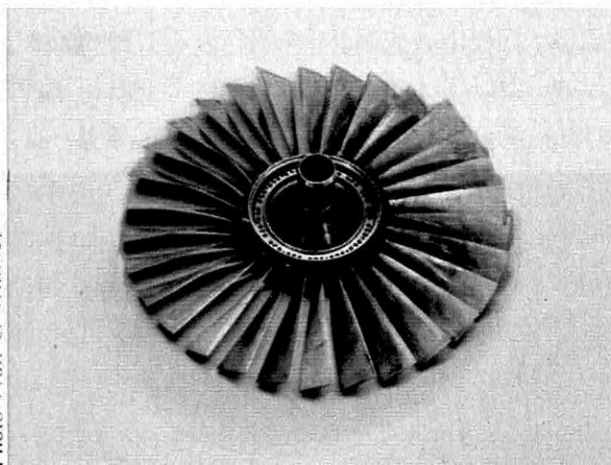
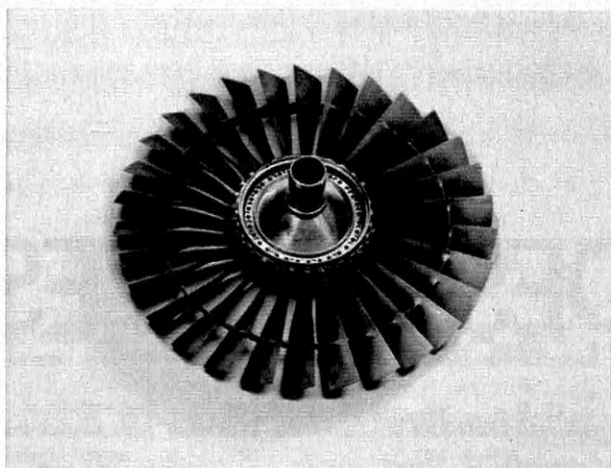


Photo Pratt et Whitney

La rigidité des composites en Borsic-aluminium simplifie la construction d'une soufflante.

de 1 000 F, et il est encore plus élevé pour un avion supersonique.

Les fibres de carbone sont concurrencées par les fibres de bore, dont le module d'élasticité (le rapport des efforts auquel est soumis le matériau aux allongements qu'il subit) est près de deux fois plus élevé. Les premiers composites réalisés avec ces dernières font également appel à des résines époxy ; la résistance à la traction dépasse 140 hb. Le produit final se présente sous la forme d'un stratifié analogue à ceux obtenus à partir de fibres de verre. Il est doté d'une tenue exceptionnelle à la fatigue et d'une rigidité élevée. Parmi les applications les plus importantes, on peut citer le stabilisateur horizontal du chasseur américain Grumman F-14 et la dérive du MacDonnell-Douglas F-15.

Plus encore que les fibres de carbone, les fibres de bore peuvent être associées à des matrices métalliques. Il s'agit en fait de fibres de bore enrobées de carbure de silicium, baptisées Borsic, le métal servant de liant aux fibres pouvant être de l'aluminium, du magnésium ou du titane. C'est ainsi que Pratt et Whitney a essayé des aubes de soufflante en composite Borsic-aluminium. Bien que la densité d'un tel matériau soit supérieure à celle des composites à base de résines, la réduction de masse par rapport à des aubes de même forme réalisées en alliage

de titane a été de 40 % ; de plus, les nouvelles aubes pouvaient supporter des températures de 315 °C.

Les fibres de bore présentent encore actuellement un inconvénient important, qui est leur prix de revient élevé ; ce prix est néanmoins passé au cours des dernières années de 2 500 F/kg à moins de 2 000 francs et la baisse devrait continuer au fur et à mesure que les quantités demandées s'accroîtront.

Plus récemment, sont apparues deux nouvelles fibres, celles de carbure de silicium et le Kelvar 49. La fibre de carbure de silicium présente des caractéristiques quelque peu inférieures à celles de la fibre de bore, en particulier quant à la résistance en traction ; mais les composites constitués avec des matrices en aluminium sont capables de supporter des températures de 600 °C. En outre, la tenue au fluage de ces matériaux est excellente, et le prix des fibres est environ dix fois plus faible que celui des fibres de bore.

Sur le plan du prix, le Kelvar 49 se présente également très favorablement puisque l'on peut l'obtenir actuellement à 620 F/kg. Il s'agit d'une fibre organique dont la résistance à la rupture et le module d'élasticité permettent de la situer entre les fibres de verre et celles de carbone et de bore ; malheureusement, elle est assez fragile, ce qui limite ses applications.

Si les matériaux composites à renforcement par fibres à haut module n'ont pas encore conduit à des applications très nombreuses, du fait des problèmes technologiques qui restent encore à résoudre, il n'en demeure pas moins qu'ils ont devant eux un large champ de possibilités. Si les efforts de recherche se poursuivent, ils pourraient devenir les matériaux de pointe de la décennie 80, non seulement pour les structures d'avions ou les moteurs, mais surtout pour les matériaux spatiaux.

Les matériaux céramiques

Pour être complet, il reste encore à mentionner les études développées dans le domaine des céramiques, à la suite des progrès enregistrés dans la technique du frittage. De tels matériaux présentent des propriétés mécaniques élevées, notamment en ce qui concerne la résistance à la rupture, la résistance au choc thermique, la dureté...

Les motoristes s'intéressent actuellement particulièrement à des alliages à base de nitrure de silicium, et des aubages réalisés à partir de ces matériaux ont déjà été essayés en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis.

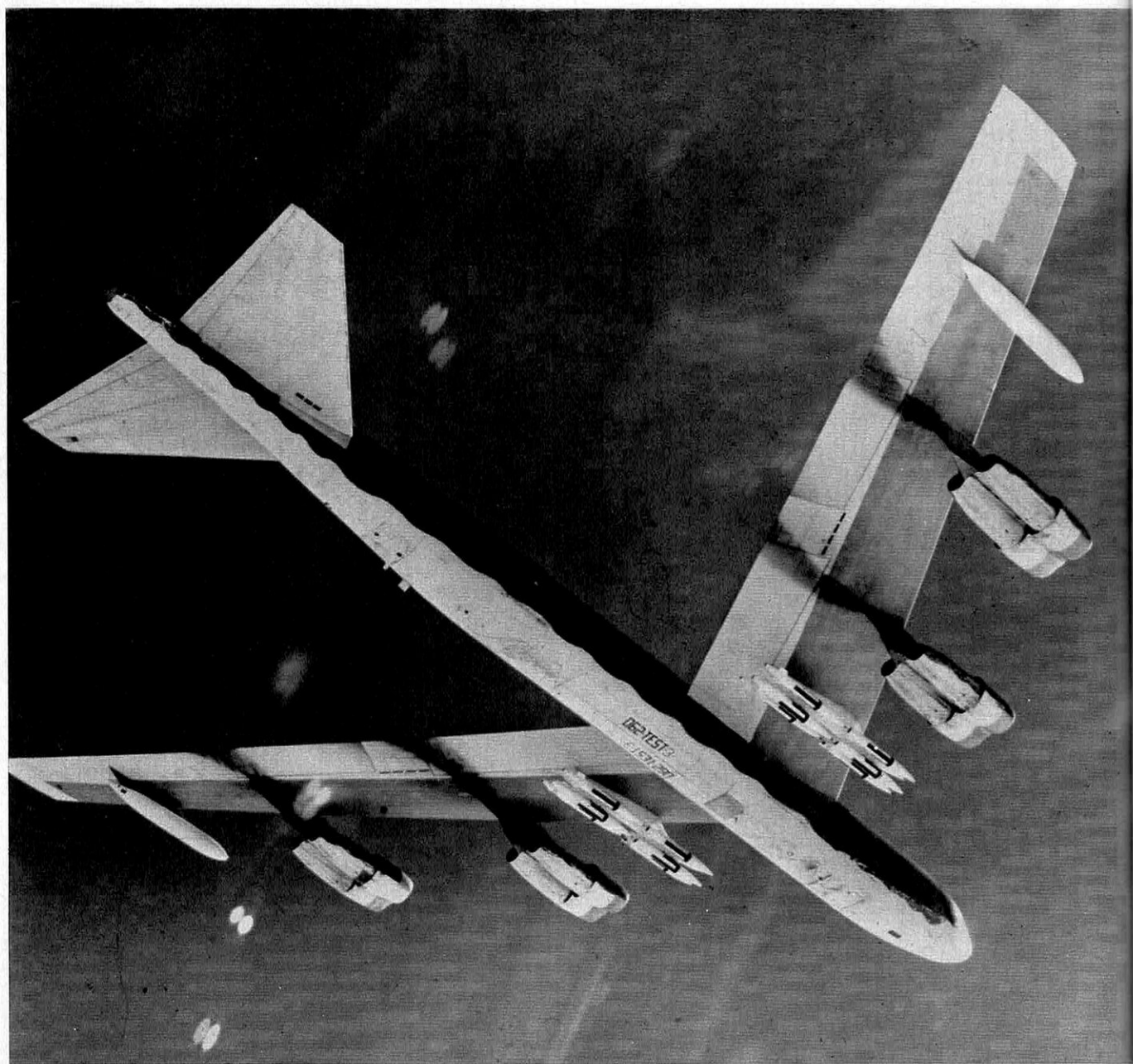
Tous les exemples précédents montrent bien que l'aéronautique joue dans le domaine des matériaux comme dans bien d'autres un rôle d'industrie pilote, car il est hors de doute que nombre des produits, métalliques ou non, en cours de développement pourront trouver des applications en dehors des matériels aérospatiaux.

Jacques LACHNITT

LA GUERRE DES OGIVES

A l'intérieur des limites fixées par les accords de 1972, Américains et Soviétiques ne sont pas restés inactifs et leur arsenal de missiles s'est consi-

dérablement développé. Sans oublier ces autres «vecteurs» d'armes nucléaires que sont les bombardiers pilotés. De tels accords n'ont qu'une por-

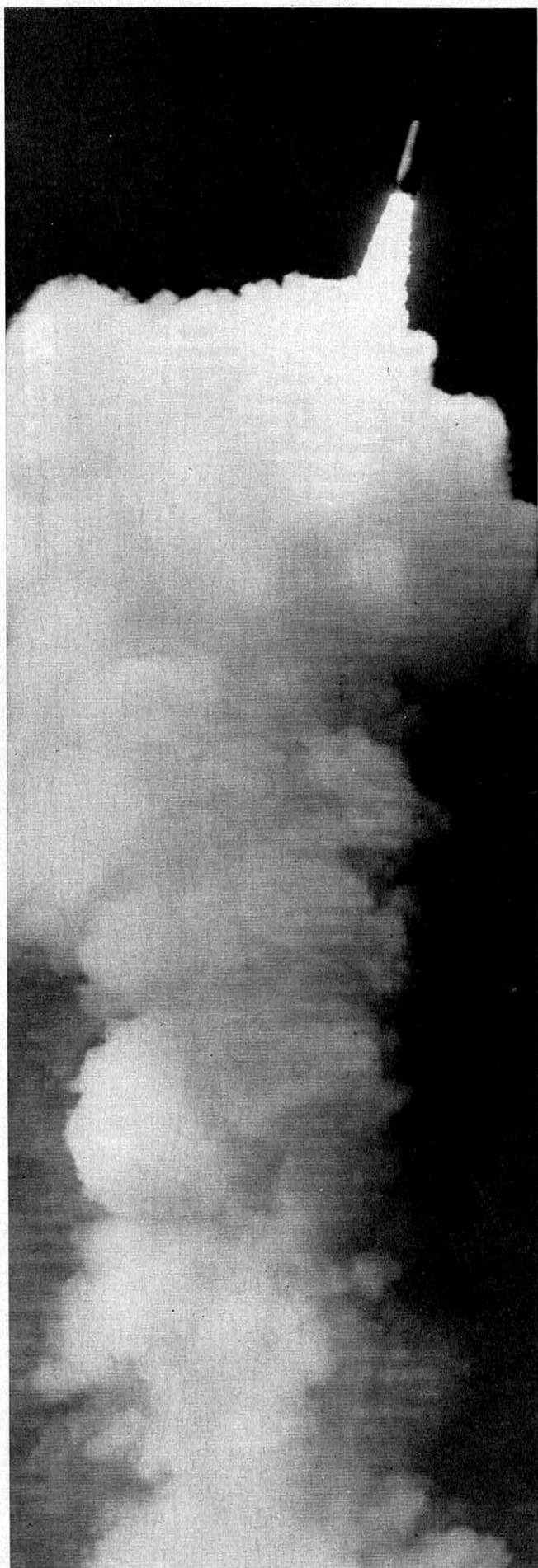


tée limitée. Ils n'intéressent d'ailleurs pas les petits pays, avides d'entrer dans le club nucléaire. L'exemple de l'Inde est très caractéristique.

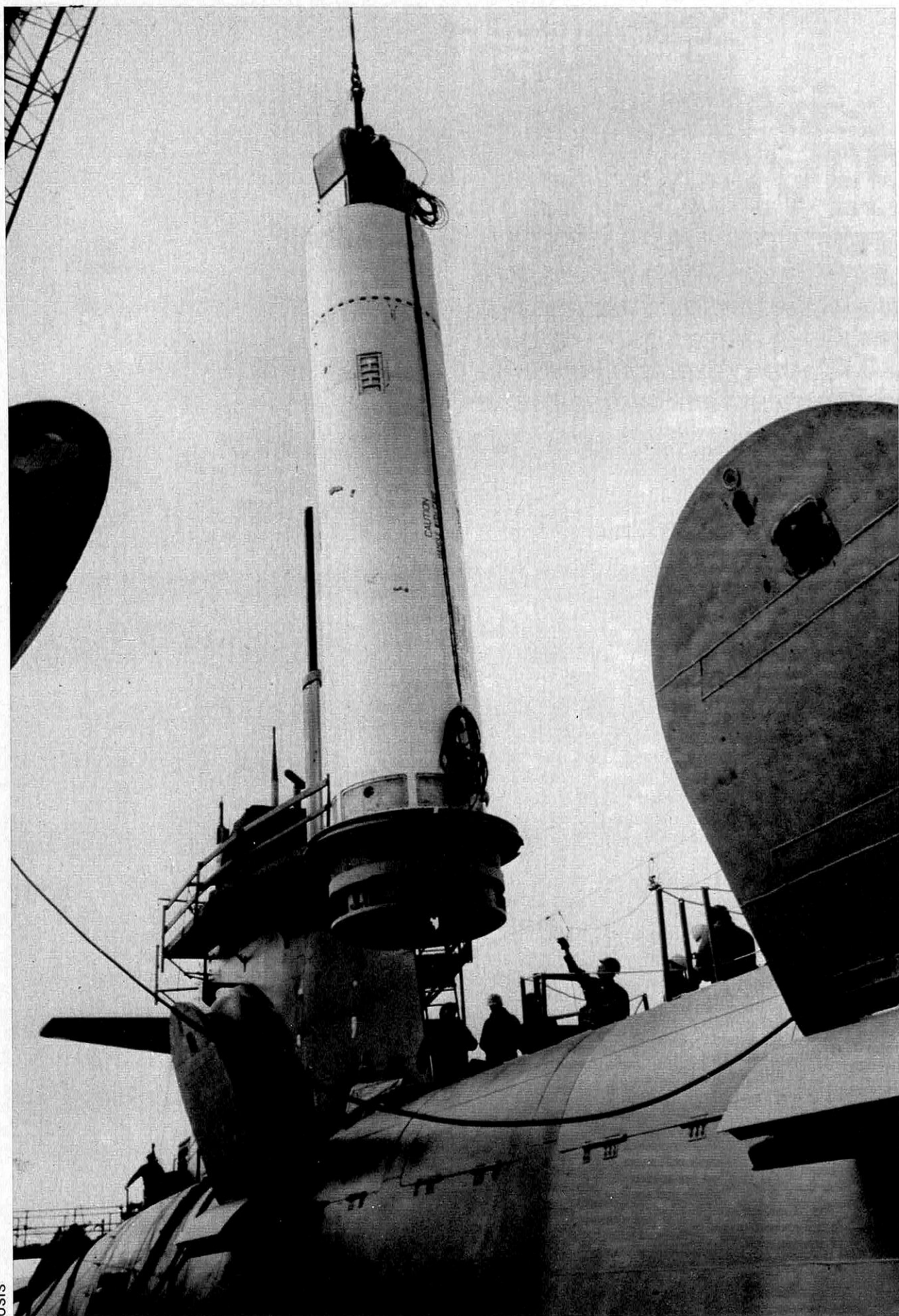
Novembre 1974. Les entretiens « au sommet » entre MM. Ford et Brejnev se terminent. Dans le communiqué commun publié à cette occasion, les deux hommes d'Etat « réaffirment l'importance que l'Union Soviétique et les Etats-Unis accordent à la limitation des armements stratégiques offensifs. Ils sont convaincus qu'un accord à long terme sur cette question constituerait une substantielle contribution à la cause de l'amélioration des relations entre l'URSS et les Etats-Unis, ainsi qu'à celle de la réduction du danger de guerre et de la consolidation de la paix internationale ». Et le communiqué poursuit : « Ayant noté l'importance des accords précédents dans ce domaine, y compris l'accord du 26 mai 1972, ils ont réaffirmé leur volonté de conclure un nouvel accord sur la limitation des armements stratégiques offensifs pour une période allant jusqu'à la fin de l'année 1985 ».

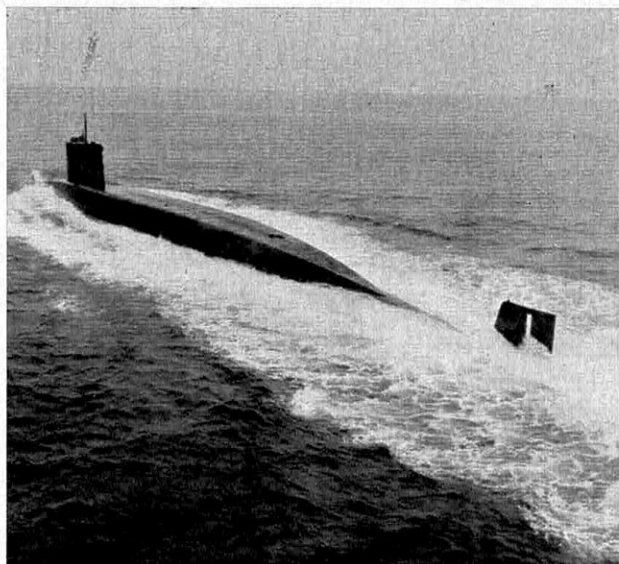
On sait aujourd'hui sur quoi devra porter un tel accord. Il concernera la période allant d'octobre 1977, date où la présente entente arrive à expiration, et s'étendra jusqu'en décembre 1985. Fondé sur le principe de l'égalité, il comprendra les limitations suivantes : fixation d'une certaine quantité globale, établie conjointement, de vecteurs d'armes stratégiques ; même disposition en ce qui concerne les fusées balistiques intercontinentales et les fusées embarquées à bord de sous-marins, équipées d'ogives multiples.

Pour la première fois, les bombardiers stratégiques entrent en ligne de compte, ce qui n'était pas le cas dans l'accord intérimaire de mai 1972 signé à l'issue des conversations Salt (Strategic Arms Limitation Talks). Ce qui est une manière comme une autre d'admettre que les armes stratégiques ne se limitent pas aux fusées intercontinentales et de reconnaître implicitement l'existence d'autres puissances nucléaires, qui ne



En page de gauche, un B-52 du Strategic Air Command, équipé de 20 missiles à tête nucléaire SRAM. A droite, tir d'un engin Minuteman III.





En page de gauche, mise en place d'un missile Poseidon à bord d'un sous-marin nucléaire de l'US Navy. D'une portée de 4 600 km, les engins Poséidon comportent chacun au moins 10 ogives. La France elle-même doterait ses sous-marins nucléaires (ci-dessus) de missiles à ogives multiples.

possèdent pas encore de missiles à très longue portée mais seulement des bombardiers. C'est donc reconnaître l'existence des « petits » qui cherchent à se glisser dans le clan nucléaire. Avec l'espoir de les amener un jour à ratifier eux aussi des accords sur la limitation des armements atomiques.

Le club s'élargit

Le « Sunday Times » décrit ainsi l'opération, avec un humour typiquement britannique : « Le technicien chargé du compte à rebours se trouva à plusieurs reprises pris en défaut, et il dut répéter plusieurs fois « zéro » avant que la séquence de tir s'enclenchât. Il y eut interruption des communications téléphoniques entre le champ de tir et la capitale, et le contact avec le gouvernement ne put être établi, faute du mot-code approprié. La jeep qui transportait quatre des chercheurs présents sur le site tomba en panne et il s'en fallut d'un rien que les hommes ne pussent s'éloigner à temps. Mais au total ce fut un grand succès et le 18 mai 1974, à 8 h 05, l'Inde fit exploser sa première bombe atomique dans le désert de Rajasthan... ».

En cette année 1974, l'Inde venait de franchir le seuil du club nucléaire. Ce qui pourrait bien pousser un certain nombre d'autres pays à en faire autant, ou du moins à tenter d'en faire autant. Dans quelques années, le traité sur la non-prolifération des armements nucléaires, entré en application le 5 mars 1970, nous paraîtra peut-être aussi désuet que la ligne Maginot.

Bien sûr, l'Inde a aussitôt proclamé qu'elle entendait utiliser sa puissance nucléaire uniquement à des fins pacifiques. Mais il suffit de se reporter aux réactions de ses voisins pour se

rendre compte qu'ils ne sont nullement convaincus. Bien sûr, la puissance nucléaire de pays comme l'Inde représente peu de choses face à l'arsenal des deux Grands, URSS et Etats-Unis. Du moins, cette émergence de nouvelles nations dotées d'un armement atomique contribue-t-elle à troubler le jeu des Grands et à remettre en cause leurs efforts pour aboutir à une réduction équilibrée des forces en présence.

2000 ogives nucléaires

Les plafonds fixés en mai 1972 entre la Russie soviétique et les Etats-Unis, et valables jusqu'en 1977, stipulent que ceux-ci ne peuvent disposer que de 1 054 engins terrestres intercontinentaux (Icbm) et 710 engins sous-marins embarqués à bord de 41 submersibles, alors que, pour celle-là, les chiffres sont respectivement de 1 618 Icbm et 950 engins sous-marins pour 62 submersibles. On le voit, l'écart en faveur de l'URSS est d'importance, ce qui avait motivé les protestations du sénateur américain Jackson et de certains autres membres du Congrès.

Quoi qu'il en soit, les deux pays poursuivent la modernisation de leur arsenal à l'intérieur des limites fixées. Pour ce qui concerne les Etats-Unis, le déploiement des 550 missiles balistiques terrestres « Minuteman 3 » devrait être achevé au milieu de l'année 1975. D'une portée maximum de 12 900 km, ces missiles de la génération la plus récente emportent une charge de trois bombes de 200 kilotonnes chacune, trois ogives nucléaires indépendamment guidées lors de l'attaque de l'objectif (Mirv, pour Multiple Independently Targetable Re-entry Vehicle). Soit au total 1 650 ogives nucléaires. Les Minuteman 3 prennent le relais des Minuteman 2 de même portée, mais qui n'emportent qu'une seule charge, d'une puissance de 1 à 2 mégatonnes. Quatre cent cinquante de ces « Minuteman 2 » resteront encore en service afin de compléter l'arsenal. Parallèlement, a débuté le programme visant au renforcement du millier de silos qui abritent les missiles terrestres, programme qui devrait être achevé en 1978.

La modernisation des sous-marins nucléaires stratégiques se poursuit également. L'équipement et l'armement de 31 de ces submersibles avec des missiles Poseidon est très avancée. D'une portée de 4 600 km, ces missiles emportent de 10 à 14 ogives nucléaires Mirv. En 1977, 9 autres sous-marins devraient être reconvertis. Ainsi donc, lorsque prendra fin la période couverte par l'accord intérimaire de mai 1972, il ne restera plus en service que 10 sous-marins équipés de Polaris (trois bombes de 300 kilotonnes).

Ce qui n'empêche pas les Américains de travailler à la mise au point d'un nouveau type de missile sous-marin, le Trident I, d'une portée de 4 600 milles, cette fois, et non plus kilomètres, comme le Poseidon. Le Trident serait capable d'emporter des charges Marv (Manœuvrable Re-entry Vehicle, ogives capables d'effectuer des manœuvres au moment de la rentrée dans

l'atmosphère pour l'attaque, donc de dérouter les missiles anti-missiles). Ces missiles Trident I pourraient être installés à bord des actuels sous-marins équipés de Poseidon, ou mieux, à bord du nouveau sous-marin Trident, doté de 24 tubes de lancement. Ce submersible, dont le premier exemplaire pourrait être opérationnel à la fin de l'année 1978, serait construit à raison de deux par an. Jusqu'à un total de 10, afin de pourvoir au remplacement des actuels submersibles équipés de Polaris. Il s'agit toujours, en effet, selon les accords signés avec les Soviétiques, de ne pas dépasser le nombre maximum de 41 sous-marins nucléaires stratégiques.

Cependant, si le programme évoqué ci-dessus arrive à son terme, les Etats-Unis disposeront dans quelques années de plus de 9 000 ogives nucléaires indépendantes, pour ne parler que des missiles terrestres et sous-marins. On ne peut passer sous silence, en effet, les bombardiers stratégiques B-52, en attendant le nouveau B-1 dont le Pentagone pourrait passer commande dès l'année prochaine et qui serait construit à 244 exemplaires.

Les progrès soviétiques

La première apparition publique de ce nouvel appareil, le 28 octobre 1974, outre qu'elle se produisit pendant qu'Henri Kissinger se trouvait à Moscou pour discuter des problèmes Salt, fut l'occasion pour le secrétaire d'Etat à la Défense, James Schlesinger, de rappeler quelle importance les Etats-Unis attachaient au maintien de l'équilibre des forces stratégiques entre son pays et l'URSS. Un avertissement qui prenait d'autant plus de poids que, quelques jours auparavant, les Etats-Unis avaient annoncé que l'US Air Force avait procédé avec succès au lancement d'un missile Minuteman I depuis un avion C-5 A. Ce qui pourrait conduire à la mise au point d'un nouveau système d'armes stratégiques beaucoup moins vulnérable que les missiles classiques enfouis dans leurs silos.

C'est que les Américains suivent avec attention les progrès soviétiques en ce domaine. L'URSS a porté le nombre de ses missiles terrestres intercontinentaux (Icbm) à 1 575, soit 48 de plus que l'année dernière, même si ce total n'atteint pas encore le « plafond » fixé par les accords de 1972. Il s'en faut de 43. Dans le même temps, les techniciens soviétiques ont continué de travailler à la mise au point de quatre nouveaux missiles : le SSX-18 à propulsion par liquides, le SSX-17 et le SSX-19 capables d'emporter une charge militaire environ trois fois plus importante que le « vieux » SS-11 (portée 10 500 km, pour une charge de 1 à 2 mégatonnes). Enfin, le SSX-16, à propergols solides, de la classe du SS-13 « Savage » de la génération précédente (8 000 km de portée et une charge d'une mégatonne). Ces quatre nouveaux missiles se distinguent de ceux actuellement en service par une précision plus grande à l'impact et par la possibilité qu'ils ont d'emporter des charges Mirv,

entre quatre et huit selon les modèles. Ces charges ont d'ailleurs une puissance nettement plus forte que celle des ogives américaines, ce qui peut sans doute s'expliquer par la meilleure précision de ces dernières.

Les Russes n'ont pas négligé pour autant le développement de leur flotte de sous-marins nucléaires stratégiques. Ceux-ci sont au nombre de 70, soit au total 720 missiles. A côté de submersibles déjà anciens, et qui n'entrent pas en ligne de compte pour le calcul des limitations Salt, les Soviétiques disposent à l'heure actuelle de 33 sous-marins équipés chacun de 16 missiles SSN-6 d'une portée maximum de 2 700 km, et de 9 sous-marins équipés de 12 SSN-8 avec une portée de 4 600 miles, la plus grande portée connue pour un missile stratégique sous-marin, que les Américains pensent pouvoir égaler avec le Trident I. Comme seuls ces deux types de sous-marins sont pris en compte, et qu'ils sont construits à raison de six ou huit par an, le total fixé par les accords bi-latéraux américano-soviétiques devrait être atteint vers le milieu de l'année 1977. Année où ces accords arrivent, précisément, à expiration.

Enfin, note l'Institut d'Etudes Stratégiques de Londres, il est vraisemblable que la première escadre équipée du nouveau bombardier « Backfire » sera déclarée opérationnelle très prochainement, si elle ne l'est déjà. Le rayon d'action du Backfire et sa capacité de se ravitailler en vol lui confèrent certainement des possibilités d'intervention intercontinentales.

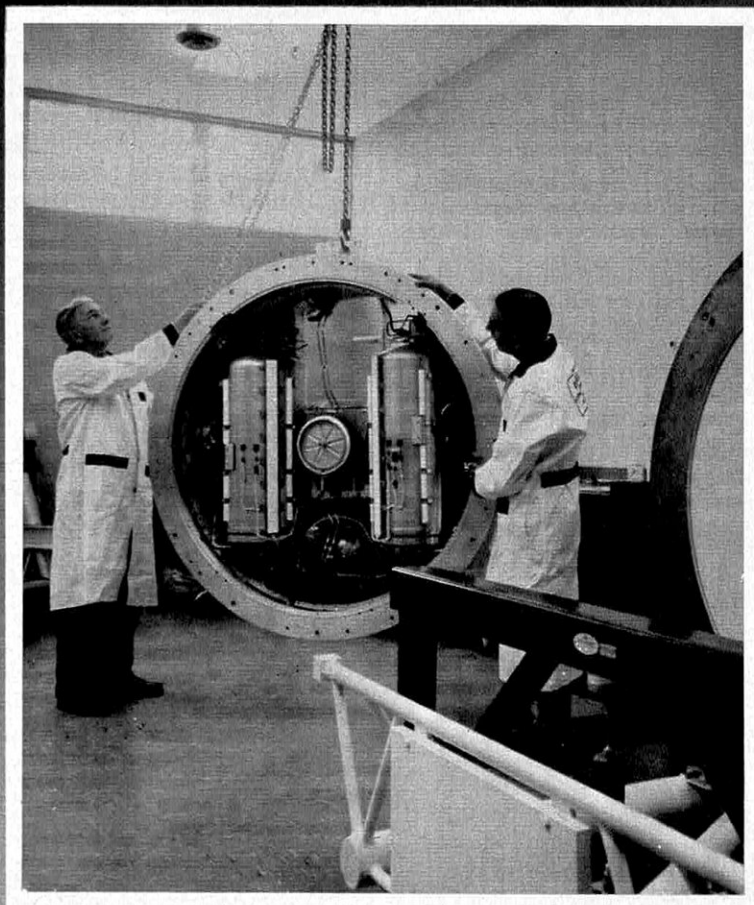
Les trois « moyens »... et les petits

Il ne fait aucun doute que pendant les précédentes conversations Salt, Américains et surtout Soviétiques, avaient présente à l'esprit l'existence d'autres forces stratégiques de par le monde, qu'elles fussent réelles ou potentielles. On pense, bien entendu à la Chine, mais également à la France et à la Grande-Bretagne, les trois puissances moyennes du club nucléaire, et aux pays qui sont susceptibles de se doter rapidement de tels armements.

Les Chinois ont continué de développer leur arsenal nucléaire tout au long de l'année dernière. Une explosion, la seizième depuis le début de leurs expérimentations en 1964, a eu lieu au mois de juin 1974. Il s'agissait d'un engin d'une puissance de une mégatonne environ.

Les ogives nucléaires d'un Minuteman III sont portées par une sorte de quatrième étage capable, après sa libération, de modifier plusieurs fois sa trajectoire grâce au système de propulsion que l'on peut voir en encart à droite.

Les ogives, non guidées, sont libérées successivement à chaque changement de trajectoire. En fond, une expérience réalisée en 1974 : lâché par parachute, un Minuteman I sera mis à feu au cours de sa descente.



U.S. Air-Force

Aujourd'hui, la République populaire de Chine dispose vraisemblablement de deux à trois cents bombes, estime l'Institut d'Etudes Stratégiques de Londres. Des bombes nucléaires ou thermo-nucléaires. Quant aux moyens de lancement, ils consistent en missiles à moyenne portée, mis en place sur quatre sites, avec cette particularité de n'être généralement pas enterrés, comme c'est le cas partout ailleurs. Les Chinois disposent encore d'une centaine de bombardiers stratégiques TU 16 dont le rayon d'action est de quelque 3 500 km. Mais déjà, un lanceur capable d'atteindre des objectifs situés à 3 500 miles (c'est-à-dire Moscou et une partie importante de l'Asie), est en cours de production et peut-être même d'installation. Et l'on sait aussi que les Chinois travaillent à la mise au point d'une fusée à très longue portée, capable de frapper des cibles situées sur le territoire des Etats-Unis.

Jusqu'à ce jour, tous ces missiles sont à propergols liquides, et il paraît peu vraisemblable que des engins à propergols solides soient sur le point d'être déclarés opérationnels, ce qui ne signifie pas, bien au contraire, que les Chinois ne s'y intéressent pas.

L'annonce, au cours de l'été 1974, de ce que la Grande-Bretagne venait de procéder à un essai nucléaire sur le champ de tir américain du Nevada a attiré de nouveau l'attention sur l'existence de la force stratégique anglaise, qui s'entoure généralement de beaucoup de discrétion. Les britanniques, faut-il le rappeler, mettent en œuvre quatre sous-marins équipés de Polaris, soit au total 64 missiles. Etant entendu qu'en règle générale, deux sous-marins seulement se trouvent simultanément à la mer. L'essai nucléaire de 1974 semble donc indiquer que les Britanniques se sont engagés à leur tour dans la voie de la modernisation de leur arsenal stratégique. Soit qu'ils veuillent augmenter le nombre de leurs armes, soit qu'ils entendent rendre celles-ci plus résistantes, plus « dures ».

Dans le premier cas, qui paraît le plus probable aux spécialistes, il s'agirait de convertir chaque Polaris et de passer des ogives MRV (Multiple Re-Entry Vehicle), aux ogives MIRV. Ce qui signifierait que chaque fusée serait dotée de six charges au lieu de trois, chacune pouvant être dirigée vers un objectif particulier. Dans la seconde hypothèse, il s'agirait pour les britanniques de rendre leurs ogives suffisamment « dures » pour qu'elles puissent être à même de franchir les barrières de missiles anti-missiles disposées autour de Moscou.

S'il est difficile de se prononcer sur les intentions exactes des responsables britanniques, on peut remarquer que leur démarche s'apparente tout à fait à celle des Français.

La campagne 1974 dans le Pacifique avait en effet pour objet de mettre au point un système d'armes à têtes multiples et il semble bien que les techniciens de la Direction des applications militaires du Commissariat à l'Energie Atomique, tout comme les militaires, soient parvenus au

résultat escompté. Lors du lancement du quatrième sous-marin lance-missiles, « L'Indomptable », le 17 septembre dernier à Cherbourg, le Délégué ministériel pour l'armement ne déclarait-il pas, à propos de ces missiles à têtes multiples et résistantes : « Nous sommes sûrs de les faire, sûrs de leur qualité et du nombre minimum de têtes par vecteur, mais pas encore de leur nombre maximum » ?

Ces progrès expliquent, par parenthèses, que le Gouvernement puisse aujourd'hui se permettre de renoncer aux expérimentations dans l'atmosphère et se contenter des explosions souterraines. On peut d'ailleurs remarquer au passage que Russes et Américains, en repoussant jusqu'au 31 mars 1976 l'entrée en vigueur de la limitation à 150 kilotonnes de leurs propres essais souterrains, s'offrent eux-mêmes un délai supplémentaire pour perfectionner leurs armements. Quoi qu'il en soit, les progrès français en ce domaine sont indéniables, et l'on n'en voudrait pour preuve que les commentaires un peu pincés d'une revue d'Outre-Atlantique constatant que les réalisations de la France la plaçaient désormais immédiatement derrière l'URSS et les Etats-Unis, mais loin devant les Chinois, les Britanniques ou les Indiens.

Il n'empêche que des remarques de ce genre, au delà du dépit assez compréhensible de celui qui les énonce, témoignent à n'en pas douter des appréhensions des grandes puissances qui voient le monopole nucléaire leur échapper quelque peu. Même si c'est en fait bien peu. Car derrière l'Inde, d'autres pays ne pourront manquer d'être tentés de se doter à leur tour de cet instrument de prestige international. Le Président du Pakistan annonce que ses concitoyens « mangeront de l'herbe s'il le faut, mais que son pays aura lui aussi sa bombe, si l'Inde... ». Le ministre des affaires étrangères iranien affirmait il y a un an que son pays ne pensait pas acquérir des armes nucléaires, mais que si certains petits pays le faisaient, il réviserait sa position. Si l'on examine en effet les possibilités industrielles d'une quinzaine de nations, on ne peut qu'être frappé par les perspectives qui s'ouvrent à elles. Israël, l'Afrique du Sud, l'Argentine, le Brésil, l'Espagne sont autant de pays capables de produire des bombes à plus ou moins longue échéance. Il leur suffit de tirer partie du plutonium qui sort de leurs réacteurs nucléaires.

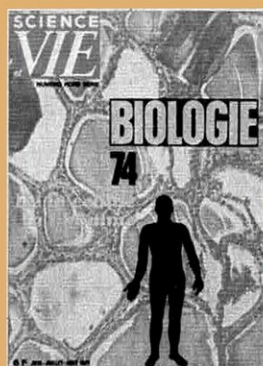
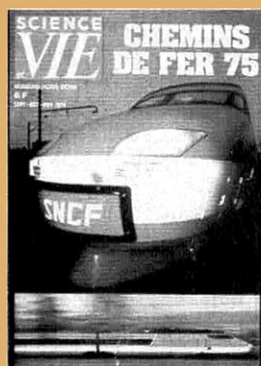
Car l'Inde n'a pas seulement étonné le monde par un étrange renversement de sa politique traditionnelle de non-violence. Elle est, et peut-être ne l'a-t-on pas assez souligné, la première à avoir fabriqué une bombe comme un sous-produit de l'atome pacifique, montrant ainsi un exemple que d'autres risquent de suivre. Et l'on peut se demander si, en dépit de tous les traités et de tous les garde-fous, les armes stratégiques ne vont pas désormais proliférer, rendant caducs les accords avant même que ceux-ci soient signés.

Jean-Pierre MITHOIS

**NUMÉROS
«HORS SÉRIE»
DISPONIBLES**

SCIENCE et VIE

POUR RÉPONDRE A LA DEMANDE DE NOMBREUX LECTEURS, NOUS INDICONS CI-DESSOUS LA LISTE DES NUMÉROS HORS-SÉRIE ENCORE DISPONIBLES :



- N° 46 HABITATION (1959)
- N° 52 AUTO 60-61 (1960)
- N° 55 ENERGIE (1961)
- N° 56 AUTO 61-62 (1961)
- N° 62 WEEK-END (1963)
- N° 65 RADIO TELEVISION (1963)
- N° 66 PHOTO CINE (1964)
- N° 68 AUTO 64-65 (1964)
- N° 71 AUTO 65-66 (1965)
- N° 74 HABITATION (1966)
- N° 75 PHOTO CINE (1966)
- N° 76 AUTO 66-67 (1966)
- N° 79 AUTO 67-68 (1967)
- N° 80 PHOTO CINE (1968)
- N° 81 TELEVISION (1968)
- N° 87 AVIATION (1969)
- N° 89 AUTO 69-70 (1969)
- N° 91 NAVIGATION DE PLAISANCE (1971)

- N° 93 AUTO 70-71 (1970)
- N° 95 AVIATION (1971)
- N° 96 AUTO 71-72 (1971)
- N° 97 PHOTO CINE (1972)
- N° 98 MARINE (1972)
- N° 99 NUTRITION ET DIETETIQUE (1972)
- N° 100 AUTO 72-73 (1972)
- N° 101 PHOTO CINE SON (1973)
- N° 102 INFORMATIQUE 73 (1973)
- N° 103 AVIATION 73 (1973)
- N° 104 AUTO 73-74 (1973)
- N° 105 HAUTE FIDELITE (1973)
- N° 106 L'ENVIRONNEMENT (1974)
- N° 107 BIOLOGIE 74 (1974)
- N° 108 CHEMIN DE FER 75 (1974)
- N° 109 PHOTO CINE 75 (1975)
- N° 110 NOUVELLES SOURCES D'ÉNERGIE (1975)

BON DE COMMANDE

à découper ou recopier et à retourner à Science et Vie, 5, rue de la Baume - 75008 Paris.
VEUILLEZ M'ENVOYER LES HORS-SÉRIE :

N°

JE JOINS 8,80 F (franco) par EXEMPLAIRE

RÈGLEMENT A L'ORDRE D'EXCELSIOR-PUBLICATIONS

☐ CCP 3 volets (sans indiquer le n° de compte)

☐ C. Bancaire

☐ Mandat Poste

NOM

PRÉNOM

ADRESSE

LE MEILLEUR DES VTOL



*Longtemps attendu,
l'hélicoptère
expérimental ABC de Sikorsky.*

Malgré ses inconvénients, coût élevé, complexité, vitesse réduite, l'hélicoptère est une parfaite illustration du concept de VTOL, l'appareil à décollage vertical. Les réussites, tant en VTOL qu'en STOL, sont au contraire beaucoup plus rares



parmi les avions proprement dits. Des études encore longues seront nécessaires pour que la situation puisse se débloquer. L'US Air Force n'en a pas moins mis au concours un projet d'avion de transport lourd pouvant décoller sur 600 m.

A vion à décollage vertical ou avion à décollage court ? Il y a des années que l'on y songe, il y a des années que l'on présente des matériels apparemment valables et, pourtant, les compagnies aériennes, même celles de troisième niveau, n'utilisent encore que des « jets » conventionnels. Que se passe-t-il donc ?

Le VTOL (Vertical Take-Off and Landing) est un avion à allure classique, mais dont les moteurs (en l'occurrence des turboréacteurs) sont généralement disposés verticalement afin de créer une poussée utilisée pour le décollage. Naturellement, le vol en translation est assuré au moyen d'un turboréacteur installé horizontalement comme sur un avion conventionnel.

Cette formule de base a donné lieu à de nombreuses réalisations, et il est même arrivé que l'on remplace les turboréacteurs de translation et de sustentation par un turboréacteur unique dont la poussée orientable est dirigée soit vers le bas pour le vol vertical soit vers l'arrière pour le vol de translation. C'est ainsi qu'a été réalisé le Harrier de Hawker-Siddeley (Grande-Bretagne). Ce chasseur devenu opérationnel dans la Royal Air Force est équipé d'un turboréacteur Pegasus de poussée voisine de 10 t. Plus de 100 appareils ont déjà été construits, et une licence de fabrication a été vendue aux USA.

Mais, en dehors du Harrier, il ne reste plus rien. Tous les appareils existants ont disparu, soit comme trop bruyants, soit comme vraiment inutilisables en vol de translation.

Le STOL (Short Take-Off and Landing) c'est-à-dire l'avion à décollage court, a, dans les diverses formes spécialisées sous lesquelles il a été proposé, eu encore moins de succès ! Et, pourtant, pendant de nombreux mois, des avions à décollage apparemment court ont assuré des navettes entre Ottawa et Montréal (distance 180 km) à partir d'aéroports à pistes très courtes (moins de 600 m), désignés Stolports.

L'avion STOL lourd n'aurait plus besoin des longues pistes des aéroports, et on devine l'intérêt d'une telle solution. Malheureusement, le véritable STOL n'existe pas encore. On sait fabriquer des ailes avec volets d'hypersustentation, mais on est encore obligé d'utiliser des voilures de trop grandes dimensions qui rendent l'avion encombrant et lourd.

Il faut toutefois signaler que l'armée américaine a lancé le programme AMST (Advanced Medium STOL Transport) d'un avion lourd de type utilitaire, capable de décoller et atterrir sur des pistes de 600 m. Deux projets sont en concurrence, le YC-14 de Boeing, masse totale 101 t, et le YC-15 de McDonnell Douglas, masse totale 95 t.

Les masses indiquées ci-dessus sont en réalité valables en version normale avec décollage sur pistes courantes ; elles sont réduites d'au moins 20 % quand il s'agit de décoller sur pistes de 600 m.

La motorisation de ces deux appareils est entièrement assurée par des turboréacteurs double-flux. Sur le YC-14, on trouve deux Gene-

ral Electric CF6-50 de poussée unitaire 23 t, identiques à ceux qui équipent l'Airbus européen A 300 B. Sur le YC-15, on a quatre Pratt-Whitney JT 8D-17 de poussée 7 260 kg.

Sur le YC-14, les volets d'extrados sont placés dans le souffle des jets d'échappement des turboréacteurs, avec aspiration d'air frais grâce à l'effet de trompe (ou d'aspiration) auquel Coanda a donné son nom. Sur le YC-15, ce sont les volets d'intrados qui sont soufflés, à peu près comme sur le célèbre Bréguet 941 S, mais avec des turboréacteurs au lieu de turbopropulseurs.

Chacune des sociétés concurrentes construit actuellement un prototype qui doit voler en 1976.

Les techniques VTOL et STOL font ainsi appel à des déviations de flux gazeux produits, d'une façon ou d'une autre, par les propulseurs. Une hélice absorbe de l'air et la rejette en arrière, à une vitesse élevée, mais le débit reste assez faible. Le turboréacteur est beaucoup plus intéressant. Il délivre des gaz chauds en grande quantité. L'air aspiré peut d'ailleurs être divisé en deux : un flux servant à assurer la combustion du carburant, l'autre étant seulement éjecté vers l'arrière en diluant les gaz chauds. Dans le réacteur double-flux, le mélange de l'air frais et des gaz d'échappement entraîne d'ailleurs une réduction importante du bruit, ce qui est un avantage notable.

On sait donc produire des flux gazeux utilisables, en principe, sous forme de poussées dirigées à bord des VTOL et STOL. Mais ce qu'on ne sait pas encore bien faire, c'est obtenir une déviation pratiquement « à la demande ». En France, Bertin étudie les systèmes à trompe, Charles Marchetti la formule des jets battants. Mais tout cela ne conduit pas encore à des appareils de série.

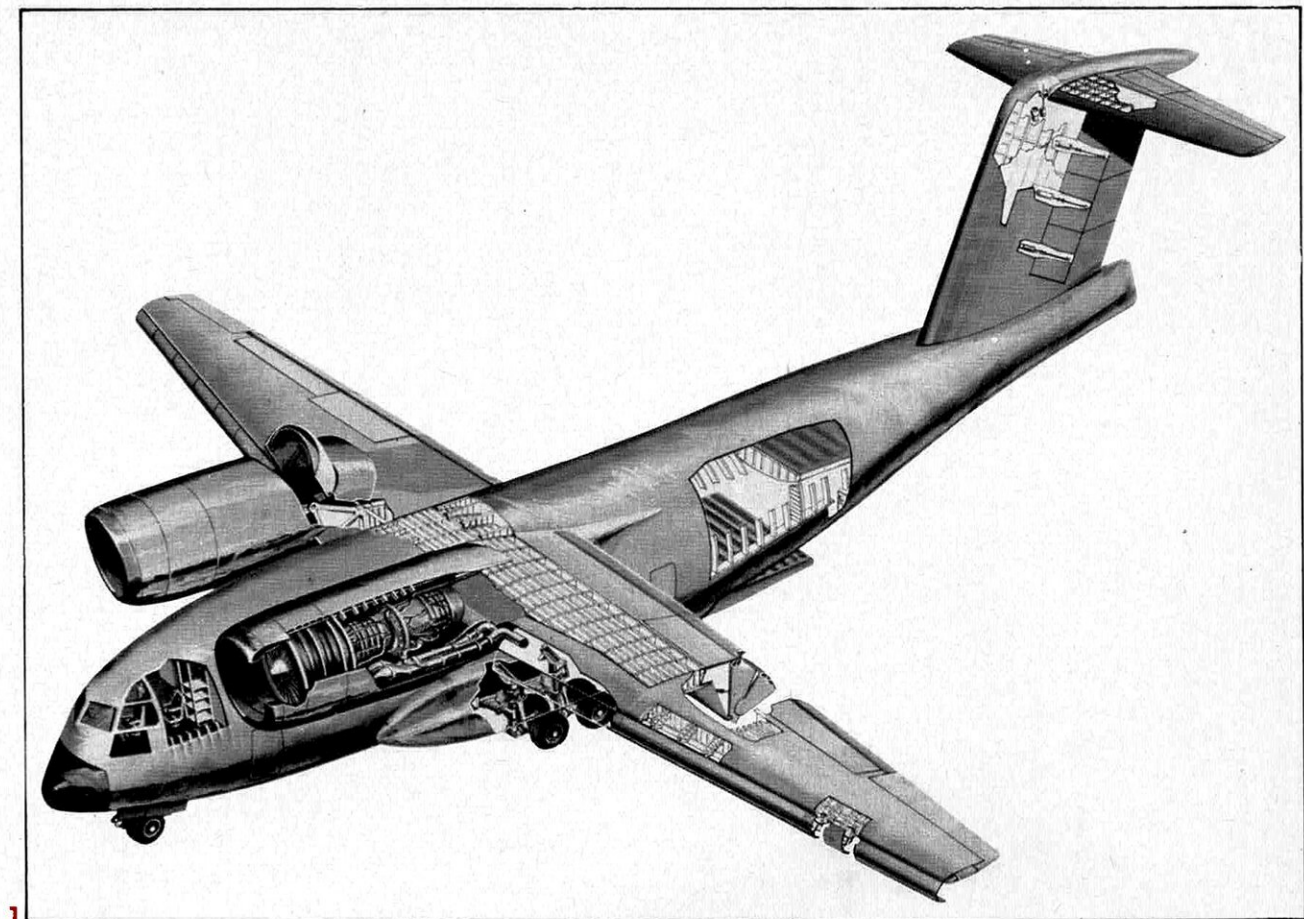
L'avion à décollage vertical et même l'avion à décollage court restent donc encore du domaine du rêve. Fort heureusement, et sous une forme très particulière, le VTOL existe bel et bien. Et ceci depuis longtemps. C'est l'hélicoptère.

Efficacité contre complexité

Dans le monde, il y a actuellement plus de 35 000 hélicoptères, dont 5 700 en Europe ; parmi eux, plus de 4 000 sortent des usines de la Société Nationale Aérospatiale ; dans moins de 10 ans, il y en aura plus de 50 000, dont 8 000 pour la seule Europe.

Le prix d'un hélicoptère reste élevé : environ 100 000 F la place pour un appareil léger de 2 ou 3 places, 150 000 à 200 000 F la place pour un appareil de 5 à 7 places, et plus de 300 000 F la place pour les autres catégories. Mais il faut tenir compte des extraordinaires missions dont peut se charger un hélicoptère, avec le porte à porte intégral et les manœuvres de décollage et atterrissage à partir de zones à peine supérieures à la surface balayée par le rotor !

Si l'hélicoptère reste cher, ceci s'explique par



1



2



3

1 / Le projet Boeing YC-14 pour le concours AMST lancé par l'US Air Force. Les deux réacteurs de ce transport tactique pouvant décoller sur 600 m sont implantés au-dessus de la voilure, avec soufflage des volets au bord de fuite. **2 /** Longtemps attendu, le Dash 7 de de Havilland Aircraft of Canada est devenu réalité. Cet appareil de transport pour 50 passagers est équipé de quatre turbopropulseurs à hélice de grand diamètre. **3 /** Le projet VTOL XVF-12A de Rockwell International, destiné à l'Us Navy.



la comparaison avec un avion. Il faut imaginer que l'aile relativement simple de l'avion est remplacée par un ensemble complexe de plusieurs pales tournant autour d'un axe sensiblement vertical. Pour réduire le prix, il faut tout d'abord simplifier la machine en adoptant des solutions nouvelles pour le système de sustentation et aussi en utilisant au maximum, d'un modèle à l'autre, des éléments qui existent déjà.

A titre d'exemple, l'Aérospatiale fabrique encore l'Alouette 2 (diamètre du rotor 10,20 m, masse maximale 1 650 kg) et développe l'Alouette 3 (diamètre 11,02 m, masse maximale 2 250 kg) en l'équipant d'un nouveau turbomoteur Turboméca Astazou XIV de puissance maximale 870 ch. Mais, en montant un rotor et un moteur d'Alouette 3 sur une cellule renforcée d'Alouette 2, on a réalisé le SA 315 Lama, qui a été certifié à la masse maximale de 2 000 kg en vol. Ce qui fait de lui le seul hélicoptère cinq places au monde à transporter une charge d'une tonne à l'élingue. Le Lama détient le record du

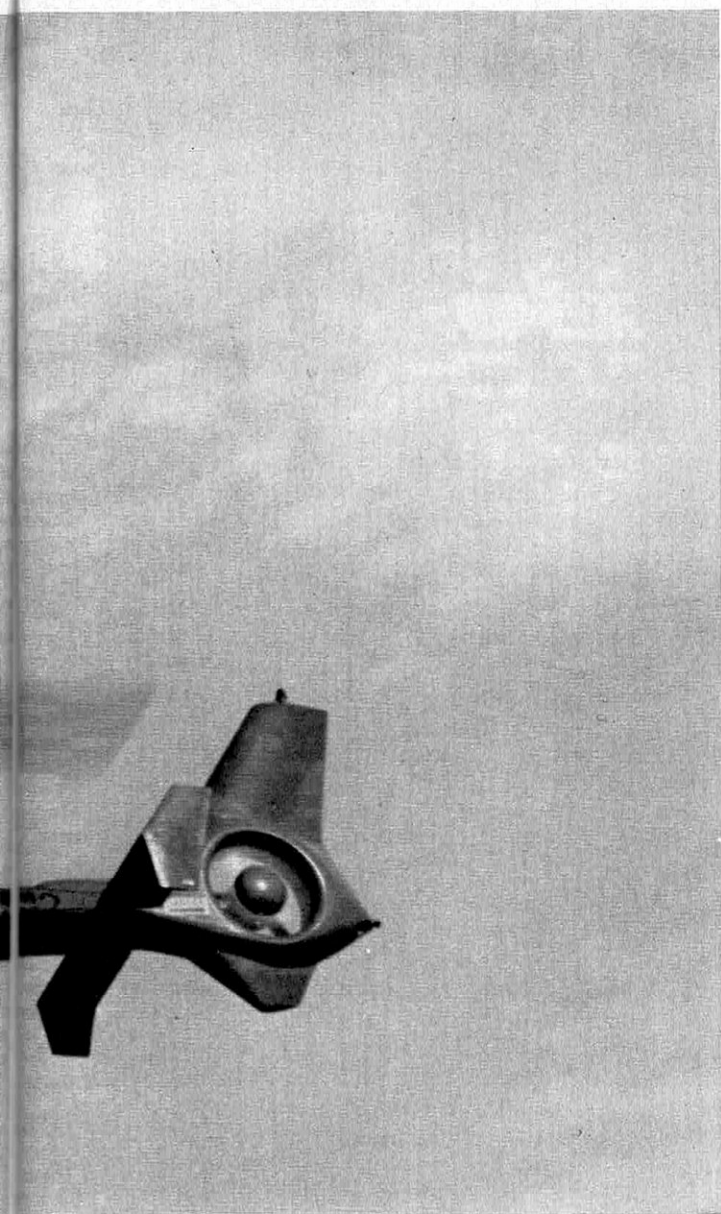
monde d'atterrissage en haute montagne à l'altitude de 6 858 m, avec deux personnes à bord et du carburant pour plus d'une heure de vol. Et un Lama a même conquis le record du monde d'altitude toutes catégories avec 12 440 m.

Cet exemple n'est pas unique : à partir d'un SA 341 Gazelle, l'Aérospatiale a réalisé le SA 360 Dauphin dont la certification doit avoir lieu en 1975. Et, en ajoutant un deuxième moteur, le SA 360 devient SA 365 ou SA 366, suivant que l'on monte des Turboméca ou des Lycoming.

A partir du SA 330 Puma, l'Aérospatiale a réalisé le Super Puma avec deux turbomoteurs plus puissants, ce qui se traduit par un relèvement du plafond en vol stationnaire, spécialement en atmosphère tropicale.

Une expansion soutenue

L'analyse des ventes d'hélicoptères réalisées par l'Aérospatiale fait apparaître que, sur les quelque 4 000 appareils vendus jusqu'ici, l'expor-



2



3

Trois productions de la division « hélicoptères » de la SNIAS. 1 / Construite en coopération franco-britannique, la version SA-341 B de la Gazelle, destinée à l'Armée britannique. 2 / Le SA 330 F, version civile du Puma, équipé de deux turbines Turboméca Turmo IV de 1 400 ch et d'un rotor quadripales. Cet appareil peut atteindre 260 km/h au niveau de la mer. 3 / Né de l'association d'une cellule d'Alouette II et d'un groupe propulseur d'Alouette III (un Turboméca Artouste III B de 550 ch), le SA 315 B Lama peut transporter une tonne à l'élingue.

tation, avec 68 % du total, a représenté une part prépondérante. Elle progresse notablement aujourd'hui, puisque la proportion actuelle des ventes à l'étranger se situe aux environs de 80 %.

Les appareils légers, de masse totale inférieure à 5 t, ont jusqu'ici constitué numériquement la plus large part des ventes avec près de 90 % du total, mais les hélicoptères de tonnage supérieur prennent maintenant une place de plus en plus marquée, tendant vers 25 % en nombre et 60 % en valeur.

Bien que la majorité des contrats ait intéressé le secteur militaire, avec 74 % du nombre total des appareils vendus, les utilisateurs civils et para-civils se révèlent de plus en plus nombreux. Les ventes à cette clientèle représentent actuellement environ 40 % de la valeur des commandes enregistrées et tous les appareils de la gamme y figurent.

L'énumération de la très large variété d'emplois civils de ces appareils serait bien longue.

Citons seulement quelques exemples :

- Sous tous les climats, les Alouette volent au secours des accidentés sur les cimes, en haute mer ou tout simplement le long des routes.
- Sur les chantiers, le Lama remplace bien souvent les engins de levage et est imbattable pour les transports en haute montagne.
- La vitesse et le confort des Gazelle font merveille dans le transport d'affaire porte à porte, mais aussi dans les évacuations sanitaires d'urgence, ainsi que dans la police.
- Dans la recherche pétrolière, avec déjà plus de 20 appareils en service, les Puma, qui seront bientôt rejoints par les super-Frelon, assurent, avec régularité et par tous les temps, la relève des équipes de forage sur les plates-formes en mer.
- Récemment, c'est encore un Puma de la Gendarmerie belge qui est intervenu avec succès contre un violent incendie d'hydrocarbures dans le port d'Anvers. Un autre Puma est au service des pompiers de Tokyo.

Comment le marché va-t-il évoluer dans la prochaine décennie ? Tous les experts semblent d'accord pour prévoir une expansion modérée, mais certaine, de la demande.

L'Amérique du Nord constitue une large part du marché potentiel. Si le secteur militaire ne nous est pratiquement pas ouvert aux USA, par contre, profitant de notre implantation commerciale actuelle, nos appareils peuvent conquérir sur le nouveau continent une part non négligeable d'un marché civil dont l'importance a déjà été soulignée.

Quelques problèmes techniques

Sur l'hélicoptère, on utilise presque toujours des turbomoteurs. Il y a à cela de nombreux avantages, et entre autres celui de pouvoir disposer d'un régime de fonctionnement maintenu constant grâce à un régulateur spécial incorporé dans la fonction de dosage de la quantité de carburant. De la sorte, le rotor peut assurer une force de sustentation constante dans une gamme très étendue de conditions extérieures.

La société française Turboméca a récemment mis sur le marché son nouveau turbomoteur Arriel, et a procédé à ses essais en vol sur un hélicoptère Gazelle spécialement aménagé.

L'Arriel est un turbomoteur de conception modulaire composé de cinq éléments principaux : le compresseur basse-pression, le compresseur haute-pression, la turbine, le réducteur et l'entraînement des accessoires avec la transmission. La masse totale du moteur nu est inférieure à 120 kg. L'Arriel développe 650 ch pour une consommation spécifique de 260 g/ch/h, et 690 ch de puissance maximale d'urgence (durée : 2,5 mn seulement). Comme il s'agit d'un moteur entièrement nouveau, les performances pourront être améliorées de façon appréciable et, en particulier, l'Arriel devrait prochainement développer 750 ch en régime maximal d'urgence.

Pour Turboméca, l'Arriel est le successeur logique des Artouste et Astazou qui équipent les hélicoptères Alouette. Les premières applications sont prévues sur les hélicoptères SA 360 Dauphin et SA 365 bimoteur, ainsi que sur la Gazelle, dans le cadre d'une revalorisation future de cet hélicoptère monomoteur. Par ailleurs, Turboméca sortira dans environ deux ans un turbomoteur à turbine libre de 1 800 ch destiné à l'hélicoptère Super-Puma.

Si le rotor, comme nous l'avons signalé, est une « aile » d'une assez grande complexité, la structure proprement dite d'un hélicoptère est plus simple que celle d'un avion. On recherche alors la simplicité de fabrication afin d'obtenir un prix de revient sans cesse diminué. Mais la difficulté consiste à obtenir à la fois résistance, légèreté et fiabilité (c'est-à-dire la sécurité). On s'efforce même de réaliser la structure en « fail safe », c'est-à-dire que si un élément a une défaillance, un autre doit pouvoir le remplacer.

Il y a beaucoup de modes de construction : tubes d'acier soudés (sorte de charpente métal-

lique) ; structure monocoque en tôle mince légèrement raidie ; structure stratifiée en fibres de verre et résine polyester ; structure sandwich (nid d'abeille ou mousse collée entre deux plaques de revêtement) ; structure thermoformée (matériau rendu plastique par chauffage à une température d'environ 120 °C), etc.

Quant au rotor, organe essentiel de l'hélicoptère, on le simplifie sans cesse. Il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer le rotor d'une Alouette avec celui d'un appareil moderne comme la Gazelle ou le Lynx.

Il faut se rappeler que chaque pale d'un rotor fonctionne comme une aile d'avion. Le problème est de modifier, en plus ou en moins, son angle d'incidence (ou de pas) afin de moduler la force aérodynamique produite. Cette variation de pas est possible en articulant chaque pale autour de son axe longitudinal.

Comme les pales tournent en même temps que l'ensemble du rotor est animé d'un mouvement de translation, il faut bien réaliser que la vitesse résultante en bout de pale est nettement plus grande en position avançante qu'en position reculante. Ainsi, la pale avançante « porte » davantage, et en conséquence doit pouvoir se lever alors que la pale reculante doit pouvoir s'abaisser pour corriger ces différences. Une articulation dite « de battement » est alors nécessaire.

Enfin, puisque chaque pale se lève et s'abaisse tout en tournant, il faut introduire les forces de Coriolis et laisser à chaque pale la possibilité de tourner à une vitesse angulaire qui ne soit plus rigoureusement constante.

Au total, chaque pale d'un tel rotor, dit « rotor articulé », doit être équipée de trois articulations, et aussi d'un dispositif complet d'amortissement des vibrations. Un tel ensemble, nécessairement complexe et onéreux tant en fabrication qu'en maintenance, se devait d'être étudié de très près afin d'aboutir à des solutions plus simples.

1 / L'hélicoptère italien à hautes performances Agusta A 109 va commencer sa carrière commerciale. Il est équipé de deux turbines Allison de 350 ch. 2 / Le Bell Jet Ranger II, à rotor bipale de type semi-rigide et turbine de 400 ch, peut emporter cinq personnes. 3 / Héritier du BO 105 qui connaît un net succès, le BO 106 peut transporter jusqu'à 7 personnes avec un niveau de performances comparables à celles de son prédécesseur. 4 / La version 4A de l'appareil italien Silvercraft SH est destinée au travail agricole.





2



3



4

La technologie a effectivement pu évoluer considérablement, et cela avec comme objectif final la réalisation d'un rotor entièrement rigide. Mais cela ne va pas tout seul, car, si l'on veut supprimer à chaque pale les articulations, cela veut dire qu'il faut abandonner les pales entièrement métalliques et les remplacer par des pales en matière plastique, rigides mais déformables. On peut aussi « aider » les pales dans leurs mouvements de flexion, par exemple en remplaçant les roulements par la superposition de disques de métal et d'élastomères ayant la propriété de se déformer légèrement. Cette solution est utilisée sur Gazelle.

On peut encore aller plus loin, et réaliser, comme sur l'hélicoptère Westland Lynx, un moyeu de rotor entièrement déformable.

Il n'y a toutefois pas de solution miracle, car le remplacement d'éléments articulés par des éléments rigides mais déformables se traduit toujours par l'apparition de vibrations qu'il faut ensuite éliminer. Cela nécessite des études très poussées et surtout une longue expérimentation, tant au sol qu'en vol. Mais, au moins, on peut maintenant parler de rotors plus simples au point de vue mécanique, avec réduction des frais d'entretien et de maintenance. On améliore ainsi la notion de potentiel et on accroît la durée de vie des pales.

Les risques de givrage

Beaucoup de missions devraient pouvoir être exécutées quelles que soient les conditions météorologiques. Malheureusement, la majorité des hélicoptères sont encore aujourd'hui interdits de vol en atmosphère givrante. La protection de l'hélicoptère contre le givrage doit alors occuper une place prépondérante dans le domaine de la recherche.

Quand les gouttelettes d'eau très petites (diamètre d'environ 20 microns) qui constituent les brouillards ou les nuages sont en surfusion et rencontrent un corps solide dont la température est inférieure à 0 °C, elles se solidifient en recouvrant peu à peu la structure d'une couche de très petits cristaux de glace blanche et brillante.

Dès le début des conditions givrantes, ce sont les pales qui sont touchées. Les dépôts sont à peu près uniformes et spécialement sur le bord d'attaque. Sur le fuselage, le givre se dépose essentiellement sur les aspérités : balais d'essuie-glaces, lave-glace, partie avant du cockpit, train d'atterrissage, etc.

Des conditions de givre sévères correspondent à un dépôt de l'ordre de 1 mm par minute. On constate alors une rapide détérioration des qualités de vol et des performances. Par ailleurs, en se détachant de façon désordonnée, les morceaux de glace peuvent déséquilibrer l'appareil, aller frapper des parties vitales de la structure ou encore être absorbés par les moteurs.

Afin que le pilote soit averti de l'apparition du givrage, on dispose généralement, dans son champ visuel, un petit bâton métallique de 15 cm

qui a tendance à capter la glace dès que l'on se trouve en atmosphère givrante.

Le remède contre le givrage consiste généralement à chauffer électriquement les parois exposées. On laisse dans un premier temps les surfaces se recouvrir de glace, puis on les réchauffe pendant un temps très court. La glace qui est en contact avec la partie chauffée fond, et il se crée une pellicule d'eau ; l'essentiel de la glace restante n'est alors plus solidaire de la structure et peut se détacher. Au moins faut-il que la couche de glace éjectée soit aussi fine que possible, afin de ne pas endommager par percussion des éléments structuraux de l'hélicoptère.

On peut aussi dégivrer au moyen de mélanges fluides (par exemple 90 % alcool éthylique et 10 % glycérine) distribués à travers des matériaux poreux, ou bien éjectés à partir de petits orifices convenablement espacés.

Dans l'ensemble, le dégivrage est souvent possible, mais au prix d'une complication importante et d'une perte de puissance généralement considérable si l'on veut effectivement voler en atmosphère très givrante.

Des précautions spéciales doivent être prises pour éviter l'ingestion de neige ou de morceaux de glace par les entrées d'air des moteurs. On s'efforce généralement de réchauffer les entrées d'air par circulation d'air chaud prélevé sur les moteurs eux-mêmes. Des essais de boucliers anti-glace, disposés correctement à l'avant des moteurs, ont donné des résultats très satisfaisants.

Accroître la vitesse

On peut concevoir ou imaginer n'importe quel appareil, on veut toujours qu'il se déplace plus vite. On est généralement satisfait quand on peut le doter d'un moteur plus puissant, éventuellement même en modifiant sa structure. Mais, sur l'hélicoptère classique, il y a, hélas, une impossibilité majeure : on n'arrive pas à dépasser 360 km/h. La raison en est simple : Quand un hélicoptère avance avec ses pales tournant, on trouve à l'extrémité de la pale dite « avançante », une vitesse résultante maximale. Dans la direction opposée, cette vitesse résultante est évidemment minimale. A l'extrémité d'une pale avançante, la vitesse arrive à être voisine de 300 m/s, soit environ 90 % de la vitesse du son. On entre alors dans une zone critique.

Au voisinage de la vitesse du son, des forces importantes de traînée aérodynamique apparaissent, de sorte qu'il faut pouvoir disposer momentanément d'une puissance plus élevée. Et qu'il faut modifier le profil d'aile ou de pale afin de permettre un meilleur écoulement aérodynamique. Tout cela, on le réalise parfaitement sur un Concorde ou un Mirage, mais il n'en est pas de même sur un hélicoptère.

Ne serait-ce que pour simplifier la fabrication de série, on se contente généralement de pales sensiblement rectangulaires avec des profils plus ou moins symétriques. Et s'il est question d'installer un moteur plus puissant pour vaincre une



Boeing reste en concurrence avec Sikorsky dans le programme UTTAS (hélicoptère de transport tactique pour l'US Army). Les prototypes que la firme a fait voler (photo en haut de page) incorporent de nombreuses innovations, en particulier concernant le rotor.

La motorisation est assurée par deux turbines General Electric T 700 de 1500 ch. En bas, un modèle d'essais statiques du YAH-63 proposé par Bell dans le cadre du programme AAH (hélicoptère d'attaque). La vitesse de croisière du YAH-63 dépasserait 300 km/h.

traînée plus importante, on ne peut oublier qu'un kilogramme de moteur en plus, c'est un kilogramme de charge marchande en moins que l'on peut transporter.

Vouloir faire voler plus vite un appareil du genre hélicoptère conduit en fait à en modifier la définition.

■ Dans une première formule, expérimentée aux USA chez Sikorsky, on utilise deux rotors tournant en sens inverse. Dans un premier stade, ces deux rotors sont superposés, constitués de pales rigides en titane et relativement rapprochés l'un de l'autre. L'idée dominante est qu'on peut accroître la sustentation d'une façon simple sans

toutefois atteindre la vitesse du son sur les pales avançantes. Comme nous l'avons vu, là où la vitesse périphérique d'une pale est plus élevée, la sustentation croît ; là où cette vitesse est plus faible, la sustentation décroît. En ajoutant les sustentations produites par les pales des deux rotors tournant en sens inverse, on obtient une sustentation globale plus élevée et on peut réduire le régime de rotation pour une vitesse de translation plus élevée.

Sikorsky compte obtenir 550 km/h en hélicoptère pur avec cette formule, baptisée ABC (Advanced Blade Concept). Un résultat semblable est attendu en formule ASSC (Advanced Side by Side Concept) avec deux rotors disposés côte à côte. Les appareils correspondants n'existent encore qu'à l'état de prototypes d'essais.

■ Une deuxième formule est celle du combiné, hélicoptère muni d'une aile capable d'assurer la sustentation à partir de 200 ou 300 km/h. Un combiné avait été autrefois expérimenté par Lockheed aux USA, le XH 51 A, avec une vitesse voisine de 480 km/h.

Une fois la vitesse de 250 à 300 km/h atteinte, l'aile assurait à elle seule la sustentation, comme sur un avion, et les pales du rotor tournaient alors au pas nul ; peu importe qu'il y ait des phénomènes supersoniques en bout de pale puisque le rotor ne produisait plus de sustentation. Malheureusement, le mouvement de translation ne pouvait plus être assuré en inclinant le rotor comme sur un hélicoptère classique, et il avait fallu ajouter un turboréacteur pour permettre à l'appareil d'évoluer à grande vitesse.

On peut réaliser un combiné en utilisant la thermopropulsion des pales. A cet effet, on installe sur l'hélicoptère un turbogénérateur, c'est-à-dire un turbomoteur dont le compresseur aspire plus d'air qu'il n'en faut pour assurer la combustion du carburant. L'excès d'air comprimé est envoyé à l'intérieur des pales pour les maintenir en rotation à la façon d'un tourniquet hydraulique de jardin. Cette solution correspond à celle d'un hélicoptère classique thermopulsé tel que le Djinn de l'Aérospatiale, la fameuse « 2 CV de l'air ».

Si on envoie l'air comprimé vers l'arrière, on réalise alors un mode de propulsion semblable à celui des avions du type « jet ». Il faut toutefois avoir ajouté une petite aile capable d'assurer la sustentation en vol de translation, et n'effectuer la déviation du jet d'air comprimé vers l'arrière qu'à une vitesse suffisante pour maintenir sur l'appareil en vol la sustentation nécessaire.

Cette solution est étudiée de près. Elle constitue une possibilité, mais son développement est lié directement à celui des jets fluides. Des études ont lieu en France, aux USA et en RFA. Une vitesse de 400 à 500 km/h est envisagée.

■ Une troisième formule consiste en une solution du genre « convertible ». Il y en a au moins trois qui actuellement donnent lieu à des recherches ou même à des essais : le Tilt Rotor, le Trac Rotor et le Rotor Stop.

Le Tilt Rotor, étudié par l'Aérospatiale, Westland et Bell, est un rotor inclinable qui, suivant la définition classique du convertible, est utilisé soit comme rotor d'hélicoptère quand il tourne dans un plan sensiblement horizontal, soit comme hélice quand il tourne dans un plan vertical ou, mieux, incliné. On pourrait ainsi dépasser 600 km/h.

Le Trac Rotor (Trac : Telescoping Rotor Aircraft) est un rotor à pales télescopiques qui devrait permettre d'atteindre des vitesses supérieures à 700 km/h. L'idée directrice est d'utiliser un rotor à grand diamètre en vol vertical ou en vol à faible vitesse, et de réduire ce diamètre au fur et à mesure de l'accroissement de la vitesse de translation. Avec un diamètre réduit à 60 % de sa valeur maximale, on diminue efficacement les effets négatifs rencontrés avec les rotors classiques du fait de leur grande taille et de leur vitesse périphérique élevée.

Le concept Trac constitue un pas vers la réalisation de systèmes de rotor escamotables, ce qui devrait permettre d'accroître d'une façon sensible le potentiel de vitesse de l'hélicoptère. Les essais de ce dispositif ont lieu à la fois en soufflerie ainsi que sur un hélicoptère Sikorsky S61 spécialement aménagé.

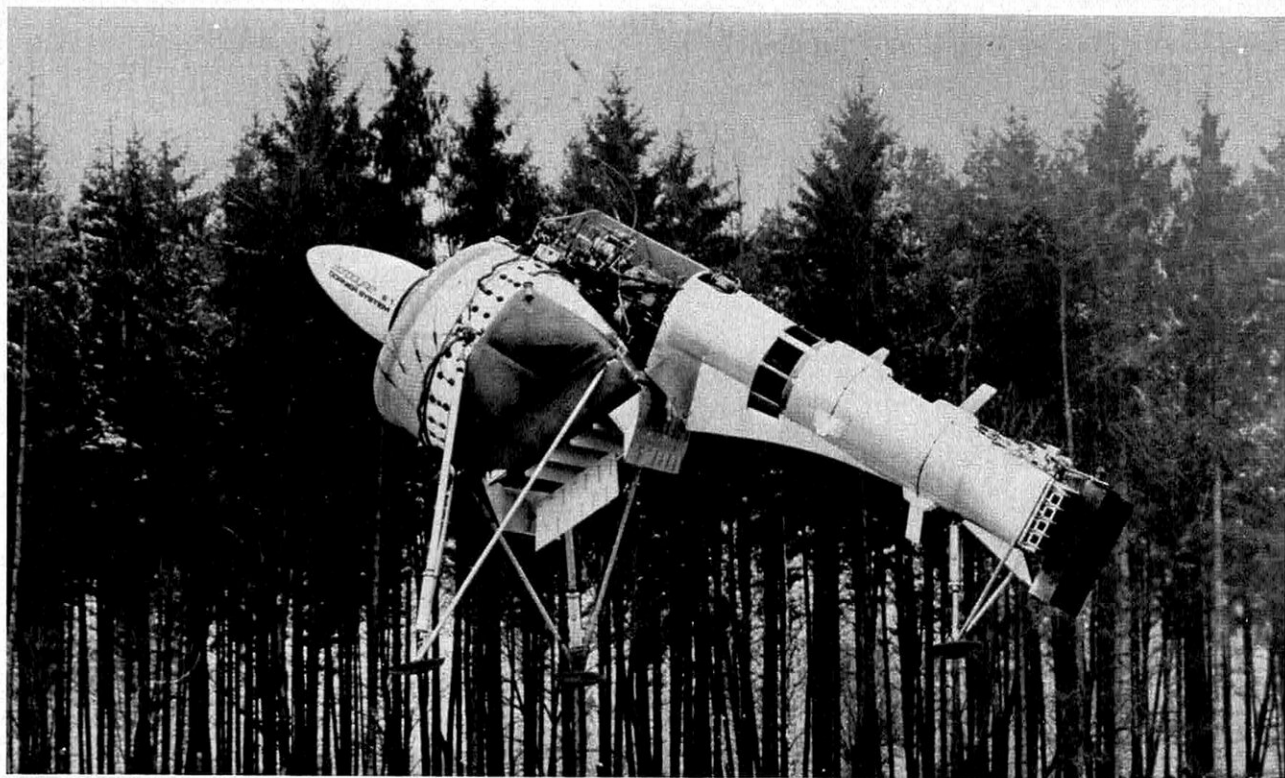
Le Rotor Stop n'est autre qu'un rotor classique que l'on s'efforce d'immobiliser en vol. Cette formule pourrait s'adapter à n'importe quel rotor, celui-ci étant stoppé en vol afin de n'offrir que le minimum de traînée aérodynamique en translation à vitesse élevée. Des études sont en cours à la Sté Charles Marchetti. Ultérieurement, on envisage même le repliage des pales en position arrière, la dernière phase étant leur escamotage à l'intérieur de la partie supérieure du fuselage.

■ Une quatrième formule est constituée des plates-formes sustentatrices, non pilotées et en conséquence télécommandées. Ces engins capables d'effectuer un vol stationnaire à faible altitude sont munis d'un rotor à 2, 3 ou 4 pales. L'entraînement est effectué par une technique hélicoptère, à savoir un jet de gaz en bout de pale sur la plate-forme Kiebitz de Dornier, ou bien un moteur électrique sur les héliscopes de la Sté Charles Marchetti. Par ailleurs, Kaman et ITT (USA) ont aussi en essai des plates-formes volantes.

Les plates-formes sont toutes réalisées avec un net souci de simplicité et de rusticité, et elles suscitent un intérêt certain de la part de nombreux utilisateurs potentiels. Afin d'améliorer les conditions d'utilisation, on se préoccupe actuellement de les rendre autonomes, avec une télécommande par radio.

Encore des recherches avancées

Généralement, tous les constructeurs disposent d'importants moyens d'essais au sol. Ce qui manque par contre, ce sont les moyens d'essais en vol. On se rappelle que les essais en vol des rotors rigides Bölkow ont eu lieu en aménageant



Deux engins télécommandés nés en Allemagne fédérale à la suite des travaux de Dornier. En haut, l'Aérodyne, qui comprend une manche à écoulement avec soufflante. Des volets disposés à l'extrémité de la manche permettent la déflexion du jet de la verticale à l'horizontale. La soufflante est entraînée par une turbine à gaz dont l'échappement sert au contrôle en lacet et en tangage. En bas, la plate-forme Kiebitz, qui est entraînée par un rotor à réaction alimenté en air comprimé. Le diamètre du rotor atteint 8 m.

une Alouette 2 spécialement : on pouvait alors disposer d'un banc d'essais volant et étudier le comportement du rotor dans toutes les conditions de vitesse et d'accélération.

C'est dans cet esprit que Sikorsky réalise actuellement un appareil un peu spécial, le RSRA (Rotor System Research Aircraft). C'est un matériel d'essai sur lequel on pourra utiliser de nombreux appareillages de mesures et d'enregistrement, afin d'étudier le fonctionnement en vol d'un rotor de 2 à 6 pales et de tous ses mécanismes de commande. Le RSRA sera équipé de systèmes de propulsion indépendants, et même plusieurs types de moteurs pourront être expérimentés. Il sera en outre doté d'une aile afin de pouvoir voler comme un avion.

Dans un domaine différent, on étudie le rotor de type supersonique. Il s'agit là d'un véritable problème d'aérodynamique doublé de contingences sérieuses de fabrication. Les difficultés à résoudre sont nombreuses : traînée importante au voisinage de la vitesse du son avec excédent de puissance nécessaire, réalisation d'extrémités de pales avec des profils spéciaux à décrochage retardé, etc. Westland, en Grande-Bretagne, se penche sur ce problème.

On étudie aussi le rotor en « nœud papillon ». Sur le plan technique, on l'obtient en prenant deux rotors bipales décalés de 30° environ. Un des deux rotors tourne toujours dans le sillage de l'autre, et il en résulte une interaction dont les effets pourraient être favorables. Des essais sont en cours, et en particulier chez Bell aux USA.

L'idée du rotor entièrement électrique a été expérimentée jusqu'ici sur les plates-formes téléguidées dont il a été question. Un générateur électrique produit au sol du courant qui est en-

L'HÉLICOPTÈRE ET LE CINÉMA

On n'a jamais fini d'énumérer les utilisations de l'hélicoptère. Celui-ci a, ces dernières années, conquis une place de plus en plus importante dans le « 7^e Art ».

Pour les producteurs de films, chaque minute compte : l'hélicoptère assure donc le transport de charges et de personnel, avec des gains de temps, donc d'argent. Il offre aux metteurs en scène des possibilités nouvelles de travelling et de plans panoramiques. Enfin, de plus en plus nombreux sont les scénaristes qui imaginent des situations dramatiques que seul l'hélicoptère permet de dénouer.

Secteur d'activité où la rapidité de déplacement joue un rôle capital, le cinéma était, jusqu'à présent, prisonnier de l'éternel dilemme : voiture ou avion, avec tout ce que cela comportait d'inconvénients. D'un côté les routes encombrées, puis les limitations de vitesses grignotant peu à peu les facilités que la voiture pouvait apporter il y a 20 ans. De l'autre, les servitudes dues aux horaires imposés, aux liaisons terminales, aux formalités, contre-balançant les avantages attendus d'un avion de ligne ou privé.

L'arrivée sur le marché d'hélicoptères suffisamment rapides et confortables pour constituer un instrument de liaison complet marque la fin de cette alternative. Par rapport à l'avion, même le plus perfectionné, l'hélicoptère offre l'avantage d'atterrir n'importe où, même sur les lieux de tournage les plus inattendus, et d'y amener à pied d'œuvre en quelques minutes les artistes, les techniciens et le matériel.

Parmi les plus utilisés, l'hélicoptère léger Gazelle, le plus rapide du monde (312 km/h), bat de loin n'importe quel autre moyen de transport pour des liaisons point à point de l'ordre de 500 km, tandis que le Lama est le champion incontesté pour le transport en altitude et vers des lieux inaccessibles.

L'hélicoptère est une plate-forme idéale pour les prises de vues. Sa maniabilité permet à l'opérateur de conserver son objectif centré sur un objet déterminé, tout en s'en rapprochant et s'en éloignant à son gré, ce qui permet les angles de prises de vues les plus insolites.

Le problème qui a dû être résolu pour les prises de vues par hélicoptère est celui des vibrations. La société française Héli-Union, qui a équipé des Alouette 2 et 3 pour les prises de vues cinématographiques, a mis au point un système d'amortissement très efficace, le siège de l'opérateur et le support de sa caméra étant montés sur ressorts et silentbloks filtrant toutes les vibrations.

Les pilotes ont ainsi ajouté de nouvelles qualifications à celles exigées par leurs brevets : la technique de prises de vues par hélicoptère leur impose en effet de participer à la réalisation du film aux côtés du cameraman et de se mettre dans l'ambiance du scénario afin de donner à l'appareil les mouvements souhaités.

voyé par fils jusqu'au moteur d'entraînement des pales.

L'extension à un hélicoptère réel ne constitue encore qu'un projet, mais on l'étudie. Actuellement, sur un hélicoptère « mécanique » tel que Gazelle ou Super-Frelon, un turbomoteur qui tourne entre 30 000 et 50 000 tr/mn est muni d'une boîte de réduction intégrée avec une prise aux environs de 6 000 tr/mn. A partir de cette prise, on entraîne un rotor qui tourne aux environs de 300 tr/mn, et cela par l'intermédiaire d'une BTP (boîte de transmission principale) qui est toujours lourde, encombrante et onéreuse. L'idée d'entraîner un alternateur intégré à grand régime (par exemple 40 000 tr/mn) permettrait d'avoir à disposition sur l'hélicoptère du courant électrique, par exemple à 400 Hz. Ce courant alimenterait alors par fils un moteur électrique tournant aux environs des 300 tr/mn du rotor, et cela au prix d'une grande simplification.

Un alternateur est d'autant plus léger qu'il tourne plus vite, et, dans ce cas, au lieu d'un turbomoteur avec un premier réducteur intégré puis une BTP, on aurait tout simplement un turbomoteur entraînant directement à grand régime un alternateur. On pourrait d'ailleurs installer le turbomoteur n'importe où puisqu'il n'y aurait que des fils électriques entre l'alternateur et le rotor.

Sur chaque turbomoteur utilisé en aviation, on trouve toujours un régulateur incorporé dont le rôle est de maintenir le régime de rotation à la valeur fixée par le pilote, et cela quelles que soient les conditions atmosphériques. Ce même régulateur permettrait de réguler l'alternateur, et l'on serait ainsi assuré d'obtenir un courant électrique à une fréquence rigoureusement constante.

La sustentation électrique est étudiée actuellement en France par la société Charles Marchetti, et, aux USA, on expérimente un alternateur tournant au régime de 100 000 tr/mn.

Le moins que l'on puisse dire, c'est que l'hélicoptère est l'objet d'un intérêt soutenu dans le monde entier. Ses possibilités uniques suffisent à expliquer cette intense activité de recherche. On remarque d'ailleurs que l'hélicoptère a considérablement évolué depuis vingt ans. Les appareils actuels sont beaucoup plus simples et plus sûrs que leurs prédécesseurs. Et un véritable fossé sépare de ce point de vue une Gazelle d'une Alouette.

On a fait de très gros progrès en ce qui concerne la sécurité. Les structures « anti-crash » permettent aujourd'hui aux hélicoptères de résister à des chocs qui auraient autrefois été meurtriers. Les pales ont aussi des durées de vie beaucoup plus longues que jadis, presque illimitées. Et ceci s'accompagne d'une forte économie de maintenance. Le succès de l'hélicoptère signifie aussi que les recherches doivent se poursuivre dans divers domaines, en particulier dans celui de la réduction du bruit. Il en est de même pour les vibrations, aux effets si désagréables.

Pierre LEFORT

DE CENTRE A CENTRE... EN AVION



Cinq minutes seulement avant le décollage, les passagers embarquent dans le Twin Otter d'Air Transit.

Dans son article, notre collaborateur Pierre Lefort nous montre que l'avion moyen ou gros porteur à décollage court est encore à construire. Il existe néanmoins des avions de faible tonnage aux performances de décollage et d'atterrissage remarquables. C'est le cas, par exemple, du biturbine de Havilland « Twin Otter ». Une expérience de transport ville à ville avec ce type d'appareil mérite d'être signalée. Celle de la filiale Air Transit de la Compagnie Air Canada. Dans les colonnes qui suivent, Catherine Richard nous conte ce qu'elle a vu de Montréal à Ottawa.

En le voyant pour la première fois, on pense à un insecte, un insecte rouge et particulièrement

industriel. Depuis le 24 juillet, on ne voit que lui dans le ciel de Montréal et d'Ottawa. Comme les insectes, il atterrit et décolle en un tour de main, se gaussant les gratte-ciel, des voies aériennes encombrées, traçant sa route au plus juste, en droite ligne...

Cet insecte rouge, c'est une révolution dans le monde du transport aérien. Pour la première fois au monde, deux villes sont reliées centre à centre par une ligne aérienne, battant tous les moyens de transport conventionnels (y compris les transports par air), par sa rapidité, sa souplesse d'emploi, sa régularité, son efficacité.

Pour la première fois au monde, une compagnie a pu afficher, après six semaines d'exploitation, des coefficients de remplissage de 89 % !

Pour la première fois au monde, un gouvernement expérimente et juge une idée sur pièces, dans les conditions réelles d'exploitation.

Une expérience bien préparée

Depuis plusieurs années, les aviateurs de tous les pays se sont penchés sur l'étude d'appareils à décollage et atterrissage court, plus communément appelés ADAC en français et STOL (short take-off and landing) en anglais.

Beaucoup de solutions ont été imaginées. Plusieurs prototypes ont volé. Mais à part le Hawker « Harrier » (qui est d'ailleurs un VTOL-vertical take-off and landing) en service dans la R.A.F. et la Navy américaine, aucun n'a été construit en série. On se rappelle les Breguet 941/942, alias Mc Donnell 188 aux U.S.A., dont la construction a été abandonnée en France malgré ses « tournées » très réussies.

Au Canada, l'industrie aéronautique est l'une des plus avancées dans ce domaine. A Toronto, de Havilland-Canada poursuit des projets très élaborés, certains en collaboration avec la Nasa amé-

ricaine (notamment à partir d'un DHC Buffalo équipé d'un système d'atterrissage à coussin d'air).

Outre ces recherches qui doivent déboucher sur la définition des futurs gros porteurs ADAC, de Havilland-Canada développe depuis 1946 une ligne d'appareils très réussis, rustiques, destinés à des tâches variées dans les conditions les plus rudes : celles du Grand Nord canadien où l'infrastructure est souvent très sommaire. Il y a eu le « Beaver », le « L'Otter », le « Caribou ». Depuis plus de dix ans, il y a le DHC-6 « Twin Otter ».

Tous ces appareils ont des caractéristiques, grande vitesse ascensionnelle, contrôle aisé aux basses vitesses, qui en font pratiquement des ADAC. Le « Twin Otter », quant à lui, se pose, arrêté, en 350 m seulement, après le passage d'un obstacle de 15 m de haut. Au décollage, il passe ce même obstacle 400 m après le lâcher des freins ! Presque aussi bien que le Breguet 941 qui, lui, n'exigeait que 300 m !

Disposant du « Twin-Otter », le grand mérite du gouvernement canadien pour expérimenter dans les conditions réelles une liaison ADAC, a été de créer un système cohérent et complet : l'avion, l'aéroport, les aides spéciales de navigation, le ramassage des voyageurs en ville, etc. Le ministère des Transports et le ministère de l'Industrie et du Commerce ont conjointement déterminé les conditions dans lesquelles l'expérience est vala-

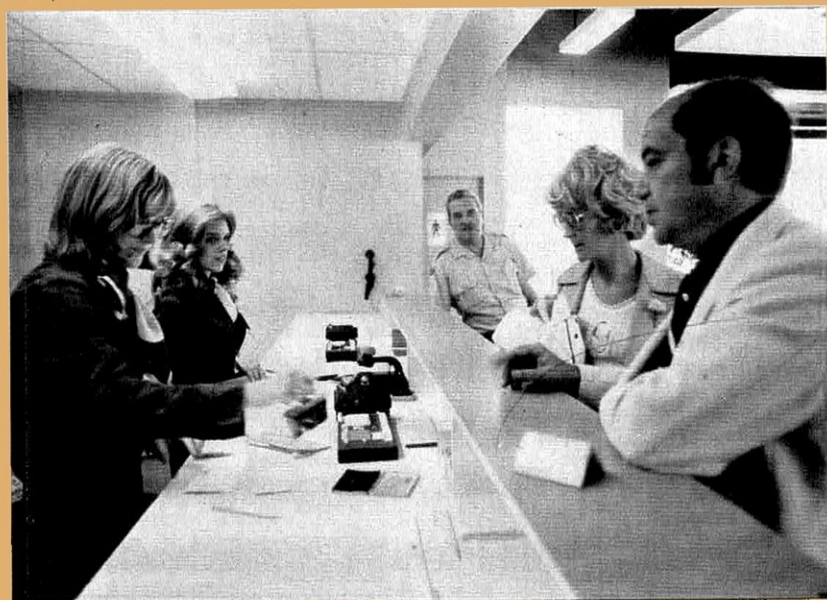
ble. Il fallait deux grandes villes pas trop éloignées (150 km), bien reliées par les moyens de transports conventionnels pour que l'éventuel succès ne soit pas dû uniquement à l'absence de concurrence. Il fallait enfin qu'elles aient des terrains libres à proximité même de leurs centres pour installer des ADAC-ports.

Montréal et Ottawa ont été choisies. On enregistre 2,5 millions de voyageurs par an entre ces deux villes. Elles sont très bien reliées : 18 liaisons d'autobus dans chaque sens, 17 vols par jour sur les DC-9 d'Air Canada, 2 départs de trains chaque jour. L'ADAC-port de Montréal a été construit sur l'immense parking Victoria construit à l'occasion de l'exposition universelle de 1967. Il est à cinq minutes du centre. On a édifié l'ADAC-port d'Ottawa sur une ancienne base militaire située en plein quartier résidentiel. Il faut 10 à 15 mn en voiture pour rejoindre le centre. C'est peu, très peu, si l'on compare le temps qu'il faut pour aller aux traditionnels aéroports !

Comme un ticket de métro

Le gouvernement canadien a demandé à la compagnie nationale Air Canada de créer une filiale, Air Transit, pour exploiter le système ADAC. En principe Air Transit vivra deux ans, le temps d'une expérience. Après le 1^{er} septembre 1976, c'est encore le mystère le plus complet sur sa destinée.

On peut retirer son billet dix minutes seulement avant l'embarquement.

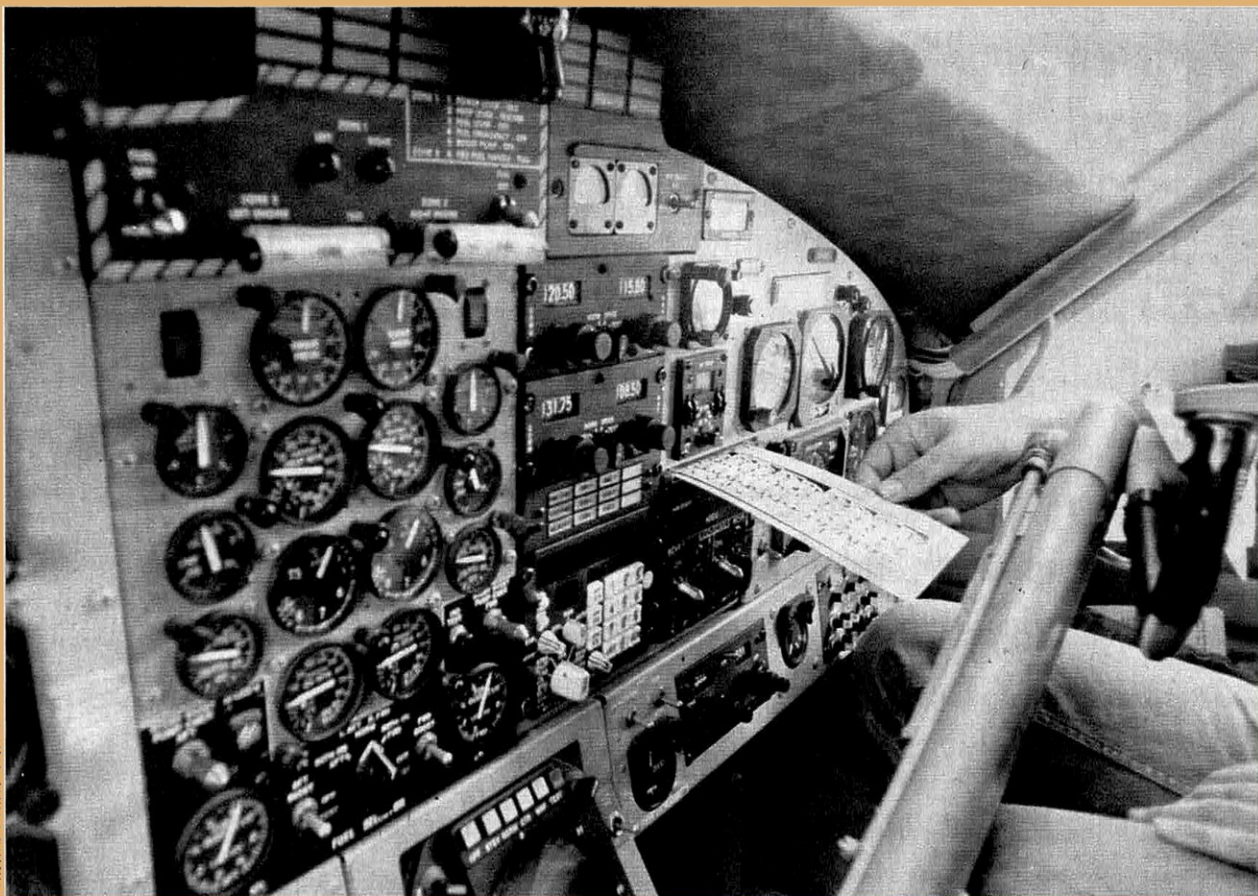


Pour le moment, l'expérience est tout à fait concluante puisque après un mois de fonctionnement, les coefficients de remplissage étaient de 85 % ; après six semaines ils passaient à 89 %. Jusqu'au début de septembre, la fréquence était d'un vol toutes les heures dans chaque sens, plus un vol toutes les demi-heures aux moments de pointe. Depuis le 10 septembre, la fréquence est d'un vol toutes les demi-heures avec, aux heures de pointe, un vol toutes les dix minutes !

Prenons le film de la journée d'un homme d'affaires qui doit se rendre à Ottawa. Il a décidé de prendre l'avion à 10 h. La veille, ou quelques jours avant, il réserve sa place par téléphone : le billet sera disponible à l'ADAC-port ou dans les agences de voyages. Jusque là pas de réel changement avec l'avion conventionnel. Mais à 9 h 45, il prend le minibus d'Air-Transit qui a son point d'attache devant l'hôtel Bonaventure en plein centre de Montréal. A 9 h 50, il est à l'ADAC-port. Il retire son billet, qui se présente sous la forme d'un coupon anonyme, tel un ticket de train ! A 9 h 55 il embarque dans l'avion rouge qui attend à 20 m de la sortie. A 10 h pile, il décolle.

La cabine n'est pas haute, et les grandes statures ne peuvent s'y déplier totalement, mais l'aménagement intérieur est confortable, bien conçu : le nombre de sièges a été ramené de 20 à 11 par rapport au Twin-Otter d'origine, pour plus d'espace et d'agrément. Chaque passager a son hublot pour profiter de la vue laissée par les ailes hautes. D'ailleurs, le temps de suivre le cours sinueux et tranquille du Saint Laurent et de parcourir la presse du matin, et l'avion rouge se pose à Ottawa. Il est 10 h 45. Un minibus attend notre homme à sa sortie d'avion. A 11 h, il est devant l'Holiday Inn, au cœur de la capitale fédérale.

En autobus il serait arrivé à 12 h 20 ; en train, à 12 h 10, en voiture particulière, à midi, et enfin par les vols réguliers d'Air-Canada à 11 h 45 (avec 30 mn de vol effectif) ! Les prix des passages avions sont sensiblement les mêmes. Un aller coûte 20 \$ par Air-Transit, 18 \$ par Air-Canada. Mais le billet Air-Transit comprend soit le transport par minibus, soit le stationnement gratuit sur le parking de l'ADAC-port... Pour aller du cen-



A bord du Twin Otter, le pilote insère une carte perforée dans le « terminal » de l'ordinateur au sol.

tre de Montréal à l'aéroport international de Dorval, la note de taxi ne se monte pas à moins de 5 \$...

A petit appareil, gros équipement

Pour distancer ainsi de plusieurs longueurs tous les autres modes de transport, Air-Transit grignote du temps à chaque stade de l'opération de transport. La compagnie utilise seule l'ADAC-port. Le passager n'a pas à faire des queues interminables pour avoir sa carte d'embarquement. Et la piste est toujours libre pour les atterrissages et décollages. Les formalités d'embarquement sont réduites au minimum. Il suffit de se présenter cinq minutes avant le départ. C'est surtout l'appareillage de l'avion (les Canadiens disent l'« avionique ») qui est remarquable. Afin de manœuvrer en pleine ville, il a fallu équiper les avions rouges d'un matériel qui n'existe pas même sur les plus gros appareils conventionnels. Pour atterrir en 200 m près d'immeubles, il faut attaquer la descente à angle prononcé (de 6 à 9°). Cela est rendu possible

grâce à un système à micro-ondes qui indique au pilote, et ce par tous les temps, s'il dévie ou non de la voie d'approche. Pour gagner des minutes précieuses, les avions rouges volent au plus court, leur trajectoire tendant vers la ligne droite.

Mais comme la voie aérienne est très encombrée au-dessus de Montréal et de son aéroport international, il a fallu concevoir un nouveau système de navigation régional.

Avant chaque décollage, un ordinateur au sol est programmé suivant les renseignements du moment : le pilote n'a qu'à introduire une carte perforée dans le terminal de bord. Tout au long du vol, l'ordinateur émettra des données sur la position, la direction, et l'attitude de l'appareil. Tout est retranscrit sur l'écran de bord : la route est tracée à 20 m près ! C'est ainsi que l'on passe à basse altitude juste au-dessus de Dorval (l'aéroport international de Montréal) au milieu des jets ! Sans danger...

Avec cette liaison Ottawa-Montréal, le Canada prend véritablement une avance considérable. Evidemment, ce n'est en-

core qu'un début et on objectera que le bilan financier n'est pas connu. Si le succès se confirme, la faible capacité en sièges offerts par le « Twin Otter » grèvera sans doute la rentabilité. Mais de Havilland prépare déjà la réponse : le DHC-7 dit « Dash-7 », dont la décision de construction en série vient d'être prise. L'appareil commence ses essais en vol. C'est un quadriturbo-propulseur pour 50 passagers environ.

Une version Air-Transit, avec toute l'« avionique » inhérente au système, est d'ores et déjà prévue. Des hélices à faible vitesse de rotation, mais de très grand diamètre, assureront un très faible niveau de bruit, qualité essentielle pour un avion évoluant en milieu urbain.

Malheureusement, si le système Air-Transit s'adapte parfaitement à l'Amérique du Nord, en France il serait beaucoup plus difficile d'en faire autant, nos villes étant très peu dégagées et les terrains possibles inexistantes. Et quand ils existent, on les livre aux promoteurs immobiliers : Is-sy-les-Moulineaux...

Catherine RICHARD

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE AVIATION

Nouvelle adresse:

43, rue de Dunkerque, 75010 PARIS
Tél. 878.09.95 - C.C.P. 4192-26 PARIS

AÉRODYNAMISME

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — Rebuffet P. — (Cours professé à l'École Nationale supérieure de l'Aéronautique). **Tome I.** Généralités de mécanique des fluides. Phénomènes et principes généraux. Souffleries aérodynamiques. Appareillages de mesure et d'observation des écoulements. Corps géométriquement simples. Aile. Hélice. Avions. Aérodynes à hélices sustentatrices. Liste des planches et tableaux. Monographies de souffleries. Profils d'ailes. 795 p. 16 x 25, 660 fig., relié, 3^e édit., 1969 F 196,00

Tome II: Généralités. Moyens d'essais aérodynamiques et appareillages de mesure. Aérodynamique supersonique des corps de révolution. Problèmes de couche limite. Écoulements bidimensionnels transsoniques autour de profils d'ailes. Écoulements tridimensionnels autour d'une aile. Avions et missiles en écoulements transsoniques et supersoniques. Problèmes de basses vitesses. Problèmes d'aérodynamique interne: prise d'air, phénomènes au culot d'un corps, sorties d'air. Éléments d'aérodynamique hypersonique. 568 p. 16 x 25, 421 fig., 13 planches hors-texte, relié toile, 1966 F 152,00

L'AÉRODYNAMIQUE DU VOL DE L'AVION. — Boisson A. — L'air: milieu du vol. L'air au repos; altimétrie. L'air en mouvement; anémométrie. Étude physique de l'écoulement de l'air. L'aile. Caractéristiques géométriques. Écoulement autour d'une aile. Forces aérodynamiques sur l'aile. Le moment de tangage de l'aile. **Caractéristiques aérodynamiques longitudinales de l'avion.** L'avion complet. Moment de tangage en vol rectiligne: gouverne de profondeur bloquée, gouverne de profondeur libre. Moment de tangage dû au mouvement de tangage. Moment de tangage en manœuvre: gouverne de profondeur bloquée, gouverne de profondeur libre. Rôle de l'empennage horizontal. Influence du nombre de Mach sur les caractéristiques aérodynamiques longitudinales. Les compensateurs. L'hélice. **Caractéristiques aérodynamiques transversales de l'avion.** Influence du dérapage et du braquage des gouvernes transversales. Équilibre transversal en vol rectiligne. Effets des vitesses angulaires de roulis et de lacet. Équilibre transversal en vol en virage horizontal permanent. 328 p. 18 x 27, 327 fig., relié toile, 1969 F 163,00

AÉRODYNAMIQUE ET MÉCANIQUE DU VOL. — Flecniakoska H. — Aérodynamique: Notions fondamentales et principes généraux. Action de l'air sur un corps quelconque. L'aile. Les empennages et les gouvernes. L'avion. L'hélice. Domaine subsonique compressible et domaine transsonique. Domaine supersonique. **Mécanique du vol:** Équations du vol. Facteur de charge, traction, puissance. Vol en palier uniforme. Vol en montée et en descente. Décollage et atterrissage. 232 p. 16 x 25, 213 fig., 1970 F 41,00

MÉCANIQUE DU VOL

LA MÉCANIQUE DU VOL. Performances des avions et des engins. — George L. et Vernet J.-F. — Position du problème. Trièdres de référence. Hypothèses habituelles du calcul des performances. Les forces de masse. Les forces de propulsion. Les forces aérodynamiques (généralités, régime subsonique). Les forces aérodynamiques en transsonique et en supersonique. Précisions sur les notions d'altitude et de vitesse. Les équations du vol. Considérations sur l'équation de sustentation. Calcul des performances (principe des diverses méthodes). Puissances utilisables et nécessaires. Poussée utilisable et nécessaire (précisions sur les définitions). Caractéristiques du vol en palier. Avions à hélices. Aérodynes à réaction. Étude du virage. Le vol sans moteur. Les accélérations longitudinales. La montée à vitesse pratiquement constante. La montée à vitesse variable. Décollage et atterrissage. Distance franchissable. Autonomie. Exemples de problèmes d'optimisation d'avions de transport. Notions élémentaires sur la stabilité et la maniabilité. Les phénomènes limitant les performances. **Annexe:** La propulsion par l'hélice. Méthode graphique d'exploitation de l'équation de sustentation. Recherche d'une loi de montée optimum. Quelques remarques sur les performances des véhicules hypersoniques terrestres. Exercices de calculs des performances. Abaques et tableaux numériques. 468 p. 16 x 25, 344 fig., 17 planches, relié, 2^e édit., 1969 F 196,00

COURS D'AÉROTECHNIQUE. — Serane G. R. — Fluides au repos. Fluides en mouvement. Résistance de l'air. Essais. Étude des corps simples dans le vent. L'aile. L'avion. La maquette. Les propulseurs. Mécanique du vol de l'avion. Équilibre de l'avion autour du centre de gravité. Performances d'un avion. Hydroaéronautique. Principaux instruments de bord. 358 p. 14 x 22, 324 fig., 3^e édit., 1963 F 104,00

CONSTRUCTION-MOTEURS

TECHNIQUE AÉRONAUTIQUE (Avions-Missiles). — Maurice de Lorris R. — Généralités, classifications, aperçus de synthèses. Modes de propulsion des appareils volants et missiles. Principes de construction résultant de la mécanique du vol et de la résistance des matériaux. Architecture générale et configuration des avions et giravions: technologie des ensembles et organes principaux. Les problèmes techniques déterminant la conception: caractéristiques, performances, qualités et aptitudes. Les problèmes technologiques déterminant la réalisation: assemblages, installations de bord, servitudes internes et externes. Les engins autoproulsés guidés; classification; description et comparaison des missiles. Le guidage; des systèmes de navigation; téléguidage et autoguidage des engins balistiques et spatiaux. Éléments pratiques de technique aéronautique: étude de l'expérimentation des prototypes; modification; variété des problèmes affluents. 256 p. 16 x 25, 53 fig., 20 planches photos, 12 tableaux, 1 dépliant hors-texte, relié toile, 1961 F 55,00

ÉLÉMENTS DE CALCUL DE CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE. — Guillenchmidt P. — Tables. Formules. Technologie. Renseignements généraux: mécanique, technologie des matériaux employés dans la construction. Courbes de flambage établies d'après les formules Johnson-Euler. Résistance des matériaux appliqués à la construction aéronautique. Flambage. Cisaillement. Calcul des nœuds. Flexion. Poudres continues. Centre de cisaillement et centre élastique. 620 p. 13 x 21, 331 fig. et table, relié toile, 2^e édit. revue et mise à jour, 1952 F 50,00

LES TURBORÉACTEURS. — (Coll. « Science-Poche » n° 35). — Boudigues S. — La réaction: Action des corps immobiles, des corps en mouvement. Réaction d'un corps sur le support qui le projette. La propulsion: La propulsion sur terre, sur l'eau, dans l'air. L'hélice. Les réacteurs. Les fusées. Les réacteurs: Le statoréacteur. Le turboréacteur. Thermodynamique: Rendement pour l'usage. Aspects propulsifs: Le rendement propulsif. Éjection directe des gaz chauds. Le double-flux. Le turbopropulseur. La réchauffe. Aérodynamique: La manche d'entrée. Les compresseurs. Les turbines. La tuyère. Les apports de chaleur: Combustion. Réchauffe. La régulation. La technologie des turboréacteurs. L'aspect métallurgique. 128 p. 11 x 17, 40 fig., 19 planches hors-texte, 1970 F 10,00

L'HÉLICOPTÈRE. Théorie et pratique. — Lefort P. et Menhe R. — Introduction: Unités S.I. Généralités. Aérodynamique. Configuration du rotor. Éléments constitutifs d'un hélicoptère: Rotor. Groupe moteur. Cellule. Organes de transmission. Commandes de vol. — Calcul des performances et essais en vol. — Stabilité, maniabilité et manœuvrabilité. Problèmes divers de résistance des matériaux. Pratique des hélicoptères: Missions de l'hélicoptère. Hélicoptère Sud-Aviation 3130-Alouette II. Hélicoptère Sud-Aviation 3160-Alouette III. Hélicoptère Sud-Aviation 1212-Djinn. Hélicoptère Sud-Aviation 3210-Super-Frelon. Aperçu sur quelques hélicoptères étrangers. 256 p. 18,5 x 24, nouv. édit. 1975 F 66,00

PILOTAGE-NAVIGATION

MANUEL DU BREVET DE PILOTE PRIVÉ D'AVION. Tome I. Le voyage aérien (Livres 1, 2, 3). — Belliard R., Forgeat R. et Hémond A. — Météorologie: La nature de l'atmosphère. Le vent. Les nuages et les précipitations. Les masses d'air; les fronts et les systèmes nuageux. Les phénomènes météorologiques et la sécurité du vol. Assistance météo-

rologique à l'aviation. **Navigation aérienne:** La terre et les cartes. Principes élémentaires de la navigation. Navigation pratique du pilote privé. **Circulation aérienne:** Contrôle du personnel navigant et du matériel volant. Règles de l'air. Service de la circulation aérienne. Règles de vol à vue. Règles particulières. **Annexes:** Balisage des aérodromes. Termes et symboles aéronautiques. Questions et réponses. 530 p. 18 x 22, 325 fig. et cartes en noir et couleurs, 8 photos hors-texte. 2 cartes hors-texte couleurs. Nbr. tabl., 7^e édit. 1973 F 48,00

Tome II: Connaissance de l'avion léger (Livre 4), Hémond A. — La technique du vol: L'avion et son milieu. L'aile et la sustentation. Le vol. Le contrôle du vol et la stabilité. 142 p. 18 x 22. 178 fig., 3^e édit. 1973 F 15,00

(Livre 5). **Le groupe motopropulseur. — Hémond A. — Principe du moteur d'avion:** Caractères généraux des moteurs à combustion interne. Le moteur à explosion. — **Fonctionnement et réalisation:** Particularités et classifications des moteurs d'aviation. Comment sont assurées les fonctions du moteur. — L'hélice: Présentation et description de l'hélice. Comment fonctionne une hélice. Les différents types d'hélice. — **La conduite du moteur:** Les commandes du moteur et le contrôle de son fonctionnement. La mise en route. Les opérations précédant le décollage. La conduite du moteur au cours du vol. Les opérations relatives à l'atterrissage et à l'arrêt du moteur. Pour éviter le givrage du carburateur. — **Les pannes et l'entretien:** Les anomalies de fonctionnement. Notions sur l'entretien du moteur. 112 p. 18 x 22, 89 fig., 4^e édit. 1974 F 13,50

NAVIGATION AÉRIENNE DU PILOTE PRIVÉ. — Périé E. — Connaissances de base: La terre. Les cartes. Les compas. **ABC de la navigation:** Vitesses, route et cap. Triangle des vitesses, dérive, cap vrai. Résolution pratique du triangle des vitesses. Le calculateur d'estime ou compas. Le cap magnétique, le cap compas. En route! A tous vents! **Compléments de navigation:** La dérive. Le déroutement. Mesure du vent et de la vitesse propre. Relevement et gisement. **Éléments de radio-navigation:** Radioélectricité et électronique. La radiogoniométrie. Le radio-compas ou ADF. Le V.O.R. La radiogoniométrie VHF ou VDF. Annexes. 288 p. 16 x 24, 163 fig., et photos, 7 p. hors-texte, cartes couleurs, 1972 F 38,10

INTRODUCTION AU PILOTAGE. — Périé E. — Les principes du pilotage. Effets primaires des gouvernes. La sustentation. La finesse. Le décrochage. Le virage. Les effets secondaires. L'altimètre. L'anémomètre. Le variomètre. La bille. L'indicateur de virage; le gyroscope. L'horizon artificiel. Le conservateur de cap. Le compas. 290 p. 15 x 23,5, 160 fig., 6 photos hors-texte. 4^e édit., 1972 F 26,55

PREMIERS PAS VERS LE PILOTAGE. Les bases de la méthode française. — Meillassoux F. — Programme d'instruction élémentaire. Fiche de progression Avion. Accoutumance. Démonstration de l'effet primaire des gouvernes. Études de la pente et de la cadence à inclinaison nulle, étude de l'inclinaison. Les procédures (4 parties). Effets moteurs. Utilisation du moteur en vol. Étude du vol aux grands angles, décrochages. Étude des manœuvres au sol. Vol rectiligne en palier, montée, descente. Étude: de l'approche en ligne droite, du décollage vent de face, de l'atterrissage face au vent. Variation et maintien de la pente en virage. Variation: de la cadence en virage, de cadence à inclinaison et pente constantes. Mise en sortie de virage. Précision du virage. Tour de piste et approche en L. Correction du virage et du vol rectiligne à l'aide de la bille. Virages précis contrôlés à la bille. Étude de l'autorotation. Lexique. 128 p. 24 x 18, 157 fig., relié toile, 5^e édit. 1973 F 45,00

COMMENT PERFECTIONNER SON PILOTAGE. — Méthode de formation continue pour tous les pilotes. Meillassoux F. — Le perfectionnement du virage. La prise de terrain par encadrement (P.T.L.). La prise de terrain en S (P.T.S.). Évolution en vol glissé rectiligne. La prise de terrain à 180° (P.T.U.). Approche et atterrissage de précaution. L'atterrissage forcé sans moteur. — 65 p. 21 x 15. 49 fig., 14 illustrations h. t. 1973 F 35,00

LE PILOTAGE SANS VISIBILITÉ. — Meillassoux F. — Le tableau de bord. L'organisation visuelle intérieure. Les relations instrumentales avec la pente, la cadence et l'inclinaison. Le contrôle du vol en ligne droite. Le vol rectiligne en montée, descente et palier. La montée et la descente minutées. Le « S » vertical A. Le virage standard. Le « S » vertical B, C, D. Le décollage aux instruments. L'approche du décrochage. Le tableau partiel. Le rétablissement des positions inhabituelles. Le patron. — 54 p. 21 x 13. 41 fig. 1971 F 25,00

ÉLÉMENTS DE PILOTAGE CLASSIQUE. — Delime F. — Quelques définitions. Mécanique du virage correct. Actions principales ou effets primaires des gouvernes: Effets secondaires des gouvernes; effets moteurs et de la manette des gaz. Pratique du virage. Déséquilibre en virage; utilisation de la bille. Étude du tour de piste (avions simples). Évolution avec vent. Manœuvre de décurité. Annexes. — 148 p. 21,5 x 27, 19 fig., 2^e édit., 1968 F 25,00

PILOTER UN AVION EN 10 LEÇONS, et tout sur les clubs de A à Z. — Théoval M. — La découverte du terrain. Mise en route. Le décollage. Tenues en ligne de vol. Les régimes de vol. Approche et atterrissage. Les virages. Mise en virage, sortie de virage. Utilisation de la bille. Le tour de piste. Lexique. — 156 p. 14 x 20, 41 fig., 1973 F 24,50

LE VOL AUX INSTRUMENTS. — Charot G. — Connaissance et utilisation de l'avion. L'avion et ses équipements. Les instruments de bord. Utilisation de l'avion. **Météorologie.** Les principaux éléments météorologiques. Les masses d'air et leurs météores. Cartes et diagrammes; prévisions du temps. **Navigation.** Notions générales de cartographie. La navigation à l'estime. Contrôle de la navigation par les aides-radio. Préparation et exécution du vol. **Les aides électroniques à la navigation aérienne.** Le rôle et l'utilisation des aides à la navigation aérienne. Notions sur la propagation des ondes électromagnétiques. Principes de fonctionnement des aides électroniques. Utilisation, performances et limitation d'emploi des aides électroniques. **Réglementation aérienne.** Définition et principes fondamentaux. Les différents contrôles. Les règles de transmission. Exemples de procédure. 360 p. 18 x 22. 236 fig. et cartes. Tr. nbr. tabl., 1970 F 48,00

LA RADIOTÉLÉPHONIE (Manuel du Brevet de Pilote privé d'avion). — Sérian B. — Navigation. Cours de radiotéléphonie. Analyse de la radiotéléphonie. La circulation autour de l'aérodrome. La circulation en route. La radiogoniométrie élémentaire. Procédures radiotéléphoniques en route. Compléments. The figt. Radios communications procédures. 188 p. 18 x 22, 25 fig. 10 photos, 3^e édit. 1974 (bilingue) F 33,00

JE VEUX NAVIGUER ET RADIONAVIGUER. — F. Meillassoux. — L'orientation. Les cartes aéronautiques. La navigation estimée. La navigation observée. Les instruments de navigation. Circulation aérienne. Usage de la radiotéléphonie. Assistance météorologique. La préparation du voyage. L'exécution du voyage. **Utilisation des aides-radio à la navigation.** La Radiogoniomètre. Le Radiocompas. Le V.O.R. Le D.M.E.: mesureur de distance. Le Transpondeur. Le radar. L'I.L.S. **Le voyage radioguidé.** La préparation du voyage. Exécution du voyage. 150 p. 24,5 x 18,5, 156 fig., 1975 F 50,00

LE VOL EN MONTAGNE. Technique et entraînement. — Kossa M. — Technique. Décollage et atterrissage sur pente. Le circuit type d'altiport. Le plan α (l'approche milieu). P.A.T. et P.I.A. L'avion sur un sol enneigé. L'avion sur la pente aux décollage. Le plan d'approche (α + déclivité). Différentes approches et types d'avion. Influence du vent dans un circuit type d'altiport. Matérialisation des types d'approches et paramètres. Glaciers; application de la méthode de base. Tenue machine dans le relief (aérologie). Navigation en montagne. Mise en marche du moteur. Films de différents types d'approches: glaciers, altiport concave (Courchevel), altiport convexe (La Plagne). **Matériel — Avions et skis. — Le pilote d'avion et la montagne:** Connaissance de la neige. Neiges et qualité du glissement. La survie en montagne. 168 p. 20 x 26, 60 photos. 71 schémas. Cart., 1972 F 48,00

RÉGLEMENTATION DE LA CIRCULATION AÉRIENNE à l'usage des candidats aux Brevets du Personnel Navigant de l'Aéronautique Civile. — Flecniakoska H. — L'O.A.C.I. Les types de circulation aérienne. Division de l'espace aérien. Les règles de l'air; les règles de vol à vue et de vol aux instruments. Le plan de vol. Les services de la circulation aérienne (contrôle, information, alerte). Les fonctions exercées (contrôle d'aérodrome, contrôle d'approche, contrôle régional, information en vol). Les minima opérationnels. Utilisation du radar. Généralité sur les messages. Compte rendu AIRMISS. Infractions. L'informatique aéronautique. Incidents et accidents d'avion. Calages altimétriques. Phraséologie air/sol, 196 p. 15 x 21, 59 fig. et cartes, 2^e édit. 1972 F 28,00

LE PARACHUTISME, entre ciel et terre. — Bédard Claude. — Le langage du parachutiste: l'équipement. Sur le terrain. Sous la voile. En chute libre. Les constituants du parachute et ses utilisations; les catégories de parachutes, les utilisations du parachute, utilisation militaire, élément de survie, publicité et relations publiques, vocation sportive. Devenez parachutiste: le cours de base. Familiarisation avec l'équipement fonctionnellement et contrôle de la voile, préparatifs au sol, montée dans l'avion, le repérage, sortie de l'avion, la chute libre, la poignée témoin, le contrôle au sol, l'atterrissage, atterrissages inusités ou hasardeux, malfunctions et procédures d'urgence, le piége, la chute libre avancée, table des distances en chute libre, appareils de sécurité. La compétition: considérations générales, la précision de l'atterrissage, la voltige, le travail relatif, les sauts à l'eau et les sauts de nuit. En chute libre: de Hollywood aux Rapides Lachine. Les Paramanques, Pedro l'homme volant. — 227 p. 13,5 x 20, nombr. fig. et photos, 1973 F 26,00

INITIATION AU PARACHUTISME SPORTIF. — Priick M. — Comment sauter? Le parachute d'entraînement. Démontage: pliage du T.A.P. 660. Le parachutisme sportif. Conditions nécessaires à l'accomplissement du saut. L'atterrissage. Navigation

du parachute. Le parachute de compétition. Certificats, licences et brevets. Les cinq perfectionnements. Les sauts spéciaux. Renseignements divers. 112 p. 13,5 x 18,5, 24 fig., 1967 F 10,00

LA MÉTÉOROLOGIE DU NAVIGANT. — Viat A. — Données premières du problème météorologique. Les mouvements de l'atmosphère. Masse d'air. Fronts et cyclones. Les individus météorologiques. Les bases de la protection météorologique de la navigation aérienne. La protection météorologique de la navigation aérienne. 320 p. 16 x 24, 28 pl. h.t., 7 pl. en couleurs, nouv. édit. 1970 F 57,00

MANUEL DE MÉTÉOROLOGIE DU VOL A VOILE. — Bessemoulin J. et Viat A. — L'atmosphère et les principaux éléments météorologiques. Stabilité. Instabilité. La convection thermique. Formation et évolution des cumulus. Le vol à voile thermique. Action du relief sur l'écoulement de l'air. Le vol à voile dans les ascendances de relief. La circulation générale de l'atmosphère et les fronts. Le vol à voile devant un front froid. Le vol à voile en France. 228 p. 16 x 24, 165 fig., schémas et abaques. 17 photos, 3^e édit. 1967 F 35,80

DIVERS

L'HOMME, L'AIR ET L'ESPACE. Les origines (de l'Antiquité à 1914). — Dollfus Ch. — Les précurseurs. Les ballons, les aérostats. Les pionniers. La force motrice. Naissance de l'aviation. Hostilité et paix (de 1914 à 1945). Beaubois H. — La première guerre aérienne (1914-1918). Les applications civiles. L'aviation militaire. Les progrès techniques. Une guerre du ciel (1939-1945). L'ère aérospatiale (de 1945 à 1965). Rougeron C. — Les cellules. Les moteurs. Aviation militaire. Aviation civile. Les engins. L'aérospatiale. — 550 p. 24 x 32, relié pleine toile, orné de fers à dorer; contenant plus de 1 500 illustrations en noir et en couleurs (photographies, reproductions d'estampes, de peintures ou d'objets de musées et de collections), une table analytique des matières et un index général des mots cités intéressant l'histoire de l'aéronautique et de l'astronautique. 1965 F 140,00

ENCYCLOPÉDIE DE L'AVIATION. — Une équipe internationale de 39 ingénieurs, historiens, instructeurs de vol, pilotes d'essai, journalistes spécialisés et 48 firmes aéronautiques de tous pays ont participé à cette réalisation. Plus de 1 000 illustrations en couleurs et en noir. Une richesse de documentation qui passionnera tous ceux que l'aviation fascine et qui désirent en savoir davantage. 4 grandes parties : Histoire de l'aviation. Cellules et structures. Moteurs et équipement. L'art du vol. Un index illustré de plus de 400 photos et dessins. 400 p. 26,5 x 30, reliure pleine toile décorée aux fers, sous jaquette couleurs, nombr. illustrations, 1973 F 220,00

HISTOIRE DE L'AVIATION. — Chambre R. — L'histoire exhaustive de la conquête de l'air depuis les plus lointaines origines jusqu'à l'extraordinaire aventure de l'espace. — Entièrement rénovée, cette histoire présente aussi les modèles d'avions de tous les pays jusqu'au prestigieux Concorde. — Les origines

lointaines de l'aviation. Les précurseurs. Le premier vol humain. L'époque héroïque. L'aérostation moderne. Histoire de l'hydravion. L'aviation militaire avant la guerre de 1914. Les ailes dans la bataille. La paix ouvre ses ailes. L'aviation à la conquête de la Terre. L'expansion aérienne. La Deuxième Guerre mondiale : les opérations préliminaires, la défaite alliée de 1940 sur le front français. La bataille aérienne d'Angleterre. Renversement de la situation. L'Univers en feu. L'assaut contre la forteresse Europe et la défaite de l'Allemagne. La fin de la Deuxième Guerre mondiale. Évolution, révolution de l'aviation. Orientation nouvelle de l'aéronautique. L'aviation spatiale. Les chevaliers de l'impossible. 592 p. 22 x 28, 1 129 illustr. en noir, 20 hors-texte couleurs. Un dépliant « écorché du Concorde ». Relié toile, 4^e édit., 1972 F 150,70

L'AVIATION DE CHASSE FRANÇAISE 1918-1940. — Jean Cuny et Raymond Danel (alias J. Curnel). — L'Armistice de 1918. Les premières années de paix. 1919-1923. Les années 1924-1928. De la création du Ministère de l'air à celle de l'Armée de l'Air. 1928-1933. Le plan I d'équipement et d'armement de l'armée de l'air 1933-1936. Le plan quinquennal et le plan II. 1936-1937. Le plan V, 1938-1939. La « drôle de guerre » septembre 1939-mai 1940. La campagne de mai-juin 1940. Annexes. 354 p. 18 x 25, 800 photos, plans et tableaux, 1974 F 96,00

LES AVIONS MILITAIRES DU MONDE. — R. J. Roux. — Allemagne Fédérale: Dornier. MBB. Messerschmitt. Bölkow. Blohm. VFW-Fokker. Argentine: FMA-Area De Material Cordoba. Australie: GAF - Government Aircraft Factories. Brésil: Embraer. Neiva. Canada: Canadair. De Havilland Canada. Espagne: Cas Construcciones Aeronauticas. La Hispano Aviacion. France: Avions Mudry. Dassault Bréguet. SNIAS. Grande-Bretagne: BAC-British Aircraft Corporation. Britten Norman Fairey. Hawker Siddeley. Scottish Aviation. Short. Westland. Inde: Hindustan Aeronautics. Israël: Israël Aircraft Industries. Italie: Aeritalia. Aeronautica-Macchi. Agusta. Piaggio. Siai. Marchetti. Japon: Kawasaki. Mitsubishi. NAMC. Shin Meiwa. Nouvelle-Zélande: NZAL. Pays-Bas: Fokker. Pologne: WSK-Mielec. Suède: Saab-Scania. Suisse: Fabrique fédérale d'avions. Pilatus. Tchécoslovaquie: Aero-Vodochody. U.R.S.S.: Antonov. Beriev. Illiouchine. Kamov. Mikoyan. Mil. Myasishchev. Sukhoi. Tupolev. Yakovlev. U.S.A.: American jet industry. Beechcraft. Bell. Boeing. Cessna. Cornell Corporation. Fairchild Republic. General Dynamics. Grumman. Helio Aircraft. Hughes. Kaman. Lockheed. LTV-Ling Temco Vought. McDonnell Douglas. North American Rockwell. Northrop. Sikorsky. Yougoslavie: Soko. 336 p. 18 x 25. Caractéristiques, performances, photos et plans (3 vues), 200 avions militaires actuellement en utilisation, 1974 F 82,00

L'AVIATION D'AUJOURD'HUI. — Lachnitt J. et divers auteurs. — L'aérodynamique et les grandes vitesses. La propulsion des avions. Les techniques et les procédés de fabrication. Procédés de navigation et équipement. Le vol vertical. L'aviation militaire. L'aviation commerciale. Les autres utilisations de l'aviation. La météorologie et l'aviation. Les métiers de l'air. L'avenir. Index alphabétique. 464 p. 15,5 x 23, dont 32 en couleurs. 500 illustr. en noir. Relié toile. Nouv. édit., 1972 F 68,70

COMMANDES PAR CORRESPONDANCE (France et Étranger)

Les commandes doivent être adressées à la LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 43, rue de Dunkerque, 75010 Paris. Elles doivent être accompagnées de leur montant, soit sous forme de chèque bancaire ou de mandat-poste (mandat-carte ou mandat-lettre), soit sous forme de virement ou de versement au Compte Chèque Postal de la Librairie: Paris 4192 - 26. Au montant de la commande doivent être ajoutés les frais d'expédition et d'emballage:

- Commande inférieure à F 100 : taxe fixe F 2,00 + 10 % du montant de la commande.
 - Commande de F 100 à F 150 : taxe fixe F 5,00 + 5 % du montant de la commande.
 - Commande supérieure à F 150 : taxe forfaitaire F 5,00. Recommandation obligatoire : F 2,40.
- Taxe de recommandation : France : F 2,40 ; Étranger : 4,70.

Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 43, rue de Dunkerque, 75010 PARIS

15 JUIN/15 SEPTEMBRE - Ouverture: du mardi au samedi de 10 h 30 à 19 h - Fermeture: le lundi.

LE CATALOGUE GÉNÉRAL

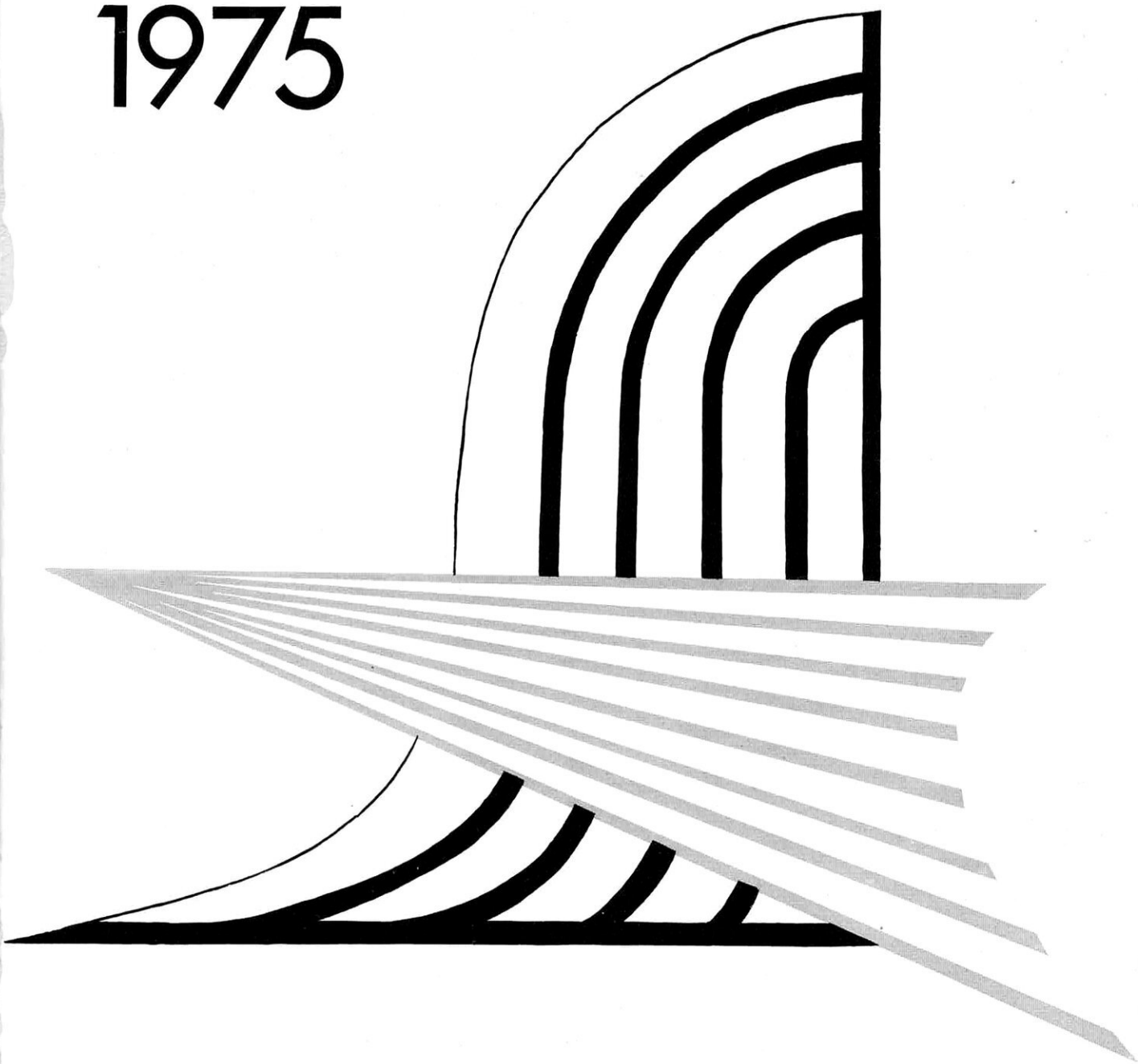
14^e Édition 1975
vient de paraître

4 500 livres techniques et scientifiques classés en 36 chapitres et 156 rubriques
500 pages, format 13,5 x 21, poids 500 g.

PRIX FRANCO F 15,00

aéronautique espace 1975

PUBLI-VIT d'après Villemot



**31^e SALON INTERNATIONAL
DE PARIS** **LE BOURGET 30 MAI - 8 JUIN**

