

SCIENCE *et* **VIE**

NUMÉRO HORS SÉRIE



5 F

**AVIATION
73**

MOTEURS

courses

La revue de Collection du Sport Automobile

tient à la disposition de ses nouveaux lecteurs les premiers numéros de la nouvelle série

N 96
SPECIAL 24 H. du MANS
(Rétrospective et actualité)
LES FORMULES II 1972



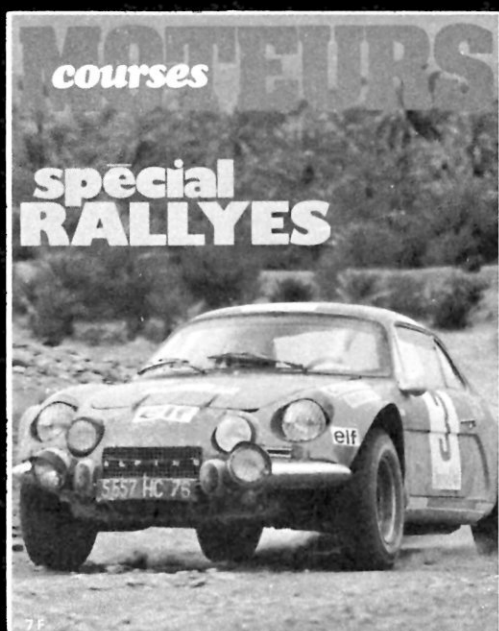
N 95
SPECIAL
Championnats du Monde
FORMULE 1 et PROTOTYPES



N 97
SPECIAL
22 essais complets des plus
rapides voitures de sport



N 98
SPECIAL
BILAN DU SPORT
AUTOMOBILE 1972
Les Champions de formules
Le Panorama complet de
tous les championnats



N° 99

SPÉCIAL RALLYES :

Les hommes
Le matériel
Les épreuves

LES ESSAIS :

Mercedes 350 SE
Porsche Carrera RS
Fiat Abarth Compétition
Alpine Groupe 4

à paraître prochainement:
SPÉCIAL 24 H DU MANS 1973

Championnats du Monde (Prototypes et Formule I)
Championnats d'Europe (Sport et Formule II)



Notre couverture : Commandé par l'Espagne, l'Afrique du Sud et, bien entendu, la France (105 exemplaires), le Mirage F-1 à moteur SNECMA Atar 9 K 50 va entrer en service dans les escadres de l'Armée de l'Air. La version évoluée à réacteur SNECMA M. 53 pourrait intéresser plusieurs pays et donner lieu, au plan industriel, à une importante collaboration internationale. (Document Avions Marcel Dassault).

SOMMAIRE DU N° HORS-SÉRIE

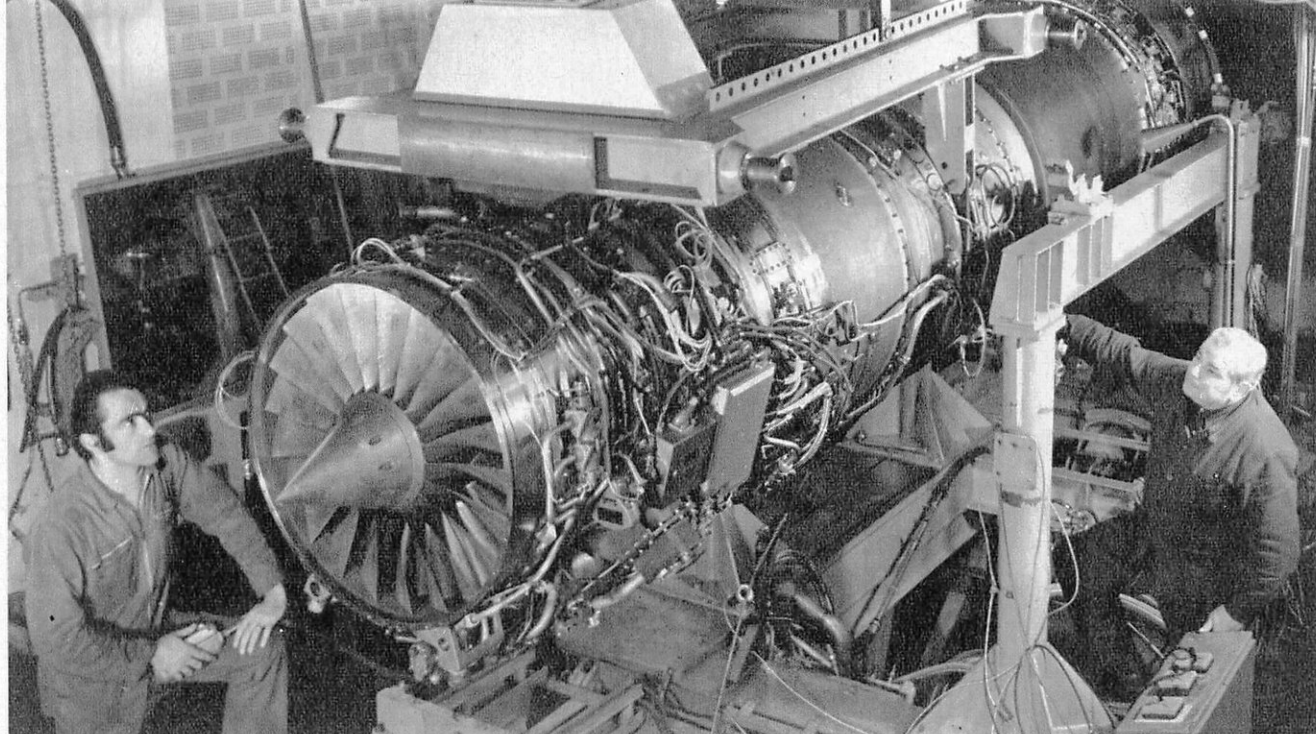
AVIATION 73

MAI 1973

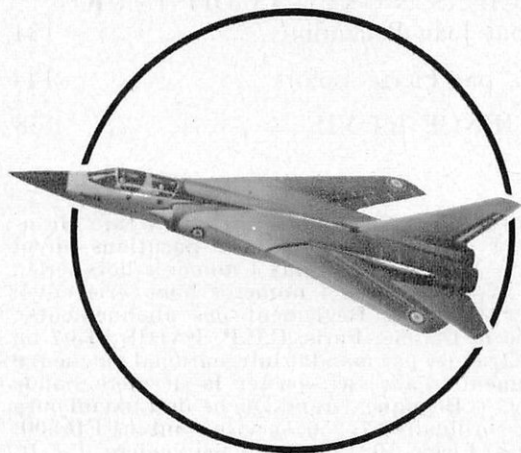
INDUSTRIE MONDIALE : Les programmes militaires au secours des constructeurs ? par Roland de Narbonne	6
AEROPORTS : Roissy en service en 1974 par Roland de Narbonne	26
HORIZON 85 : Une nouvelle génération d'avions gros porteurs ? par Pierre Lefort	32
MOTEURS : Vingt-cinq ans de propulsion par réaction opérationnelle, par Jacques Lachnitt	44
VOL A VOILE 73, par Michel Battarel	58
AVIATION PRIVEE, par Jean-Paul Magelle	
— Les avions légers de construction française	90
— Bimoteurs et biturbines d'affaires	96
— Les « jets » d'affaires	102
LES FORCES AERONAVALES, par Philippe Pierre	
— Forces aéronavales et stratégie mondiale	106
— Du patrouilleur maritime à l'hélicoptère	114
— Les missiles navals	130
LES AERODYNAMICIENS N'ONT PAS DIT LEUR DERNIER MOT, par Jean Pellandini	134
LE VOL VERTICAL, par Pierre Lefort	144
A LA LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE	158

Tarif des abonnements : UN AN. France et États d'expr. française, 12 parutions : 40 F (étranger : 49 F); 12 parutions envoi recom. 58 F (étranger 85 F); 12 parut. plus 4 numéros hors série : 55 F (étranger : 68 F); 12 parut. plus 4 numéros hors série envoi recom. : 79 F (étranger : 116 F). Règlement des abonnements : Science et Vie, 5, rue de la Baume, Paris. C.C.P. PARIS 91-07 ou chèque bancaire. Pour l'Étranger par mandat international ou chèque payable à Paris. Changements d'adresse : poster la dernière bande et 1,50 F en timbres-poste. — Belgique, Grand Duché de Luxembourg et Pays-Bas (1 an) : service ordinaire FB 350, service combiné FB 500. Règlement P.I.M. Services, Liège, 10, boulevard Sauvenière, C.C.P. 283-76. — Maroc : règlement à Sochepress, 1, place de Bandoeng, Casablanca, C.C.P. Rabat 199.75.

Directeur général : Jacques Dupuy. Rédacteur en chef : Serge Caudron. Maquettistes : Louis Boussange, Alain Tercinet. Direction, Administration, Rédaction, 5, rue de la Baume, 75008 Paris. Tél. 266.36.20. Publicité : Excelsior Publicité-Interdéco, 170 bis, bd Montparnasse. Tél. 325.23.57. Chèque Postal : 91-07 PARIS. Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS.



M53



le M53 équipera la deuxième génération des Avions
MARCEL DASSAULT/BREGUET AVIATION Mirage F1
et G8, actuellement propulsés par l'ATAR 9K50.

**turbo-
réacteur
capable
de
mach
2,5 +**

SNECMA

150, BD HAUSSMANN • 75361 PARIS CEDEX 08
Téléphone: 227.33.94 • FRANCE



Des centaines de métiers techniques d'avenir ...

vous ouvrent la voie vers une situation assurée

Quelle que soit votre instruction, et tout en poursuivant vos occupations actuelles, vous pouvez commencer chez vous, quand vous voulez et à votre cadence, l'une des



Elèves en stage pratique (dates convenues en commun) dans l'un des Laboratoires de notre Organisme.

L'ETMS assure à ses élèves la mise (ou remise) au niveau nécessaire avant la préparation de l'un des

DIPLOMES TECHNIQUES D'ETAT
(CAP - BP - BTn - BTS - INGENIEUR)

ou d'une formation libre.

Le CERTIFICAT DE SCOLARITE - ETMS est très apprécié des Employeurs qui s'adressent à notre Service de Placement.

Dans le monde entier et principalement en Europe, l'avenir sourit aux techniciens de tous niveaux. Quels que soient votre âge, votre disponibilité de temps, votre désir de continuer vos études, de vous perfectionner au travail, de vous recycler ou de préparer une reconversion, l'ETMS vous aidera à trouver et à acquérir progressivement, selon votre convenance, la formation théorique et pratique adaptée à votre cas particulier et qui vous ouvrira toute grande la porte sur un bel avenir de promotions professionnelles et sociales.

Très larges facilités.
Possibilité Alloc. Fam. et sursis.
L'ETMS, membre du SNED,
s'interdit toute démarche à domicile.



ORGANISME PRIVÉ RÉGI PAR LA LOI DU 12.7.71

94, RUE DE PARIS

94220 CHARENTON PARIS TEL. 368.69.10

Pour nos élèves belges :
CHARLEROI : 64, Bd Joseph II
BRUXELLES : 12, Av. Huart Hamoir

FORMATIONS PERMANENTES

par correspondance et stages pratiques

que l'Ecole Technique Moyenne et Supérieure de Paris - le plus réputé des Organismes Européens exclusivement consacré à cette forme d'enseignement technique - vous propose dans plus de

250 préparations uniquement techniques

donnant accès aux meilleures carrières :

Informatique	Mécanique
Programmeur	Automobile
Electronique	Aviation
Radio	Béton
Télévision	Bâtiment T.P.
Electricité	Constr. métall.
Automation	Génie civil
Chimie	Pétrole
Plastiques	Froid
Chauffage, Ventilation, etc...	

Envoyez aujourd'hui même le bon ci-contre (complété ou recopié) à l'ETMS pour recevoir gratuitement et sans engagement sa BROCHURE COMPLETE N° A22 de près de 300 pages

Je demande à l'ETMS

94, rue de Paris
94220 CHARENTON-PARIS
l'envoi sans engagement de sa

BROCHURE GRATUITE N° A22



NOM et PRÉNOM

ADRESSE

FORMATION ENVISAGÉE

Étudier et fabriquer des avions est notre affaire

**à vous
de juger !**



HR 100/210 cv - Continental inj., 6 cyl.
Croisière max. 272 km/h - meilleure au-
tonomie 2 800 km.

Nous vous invitons à découvrir le HR 100/210 et à le comparer aux meilleurs appareils concurrents. Vous pourrez ainsi choisir notre avion en connaissance de cause.

Mais les AVIONS ROBIN vous offrent davantage.

Nous savons par expérience que le meilleur avion a besoin du meilleur service et croyez bien que pour vendre un HR 100/210 par semaine il faut pouvoir offrir davantage au pilote qu'une page de publicité.



AVIONS PIERRE ROBIN

B.P. 38
21001 DIJON CEDEX
Tél. 35.40.40
Telex 35818

AERO SERVICE ATLANTIQUE

Aérodrome La Rochelle-Laleu
17000 LA ROCHELLE
Tél. 34.82.70

ROBIN S.A.

Aérodrome Toussus-le-Noble
78350 BUC
Tél. 956.35.14

ÉCOLE VIOLET

Etablissement privé d'Enseignement Supérieur
Fondée en 1902

Reconnue par l'État
(Décret du 3 janvier 1922)

**ÉLECTRICITÉ
ÉLECTRONIQUE
MÉCANIQUE INDUSTRIELLES**

SECTION DES ÉLÈVES INGÉNIEURS
Diplôme officiel d'ingénieur
Électricien-Mécanicien

SECTION DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS

SECTION SPÉCIALE SUPÉRIEURE
Les jeunes filles sont admises en externat

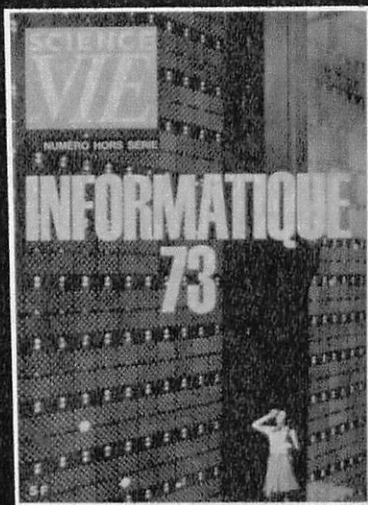
SECTION SPÉCIALE PRÉPARATOIRE

SECTION PRÉPARATOIRE
recevant les élèves à partir des classes de seconde

INTERNAT - DEMI-PENSION - EXTERNAT

115, avenue Emile-Zola
70, rue du Théâtre

75739 Paris Cedex 15 - Tél. : 577-30-84



**L'INFORMATIQUE AU SERVICE
DE L'HOMME DANS LA VIE MODERNE**

ENSEIGNEMENT - MÉDECINE - BANQUES
GESTION DES ENTREPRISES
CONTROLE DE L'ESPACE AÉRIEN
TRACÉS D'AUTOROUTES
CRÉATION ARTISTIQUE - ETC.

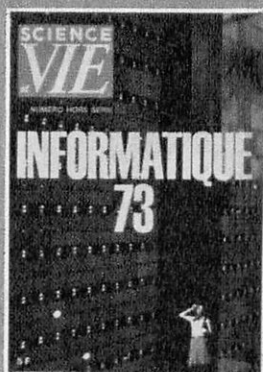
Commandez ce numéro à votre marchand de jour-
naux habituel ou à défaut à SCIENCE & VIE,
5, rue de la Baume, Paris (8^e). Envoi contre la
somme de 5,50 F au C.C.P. 32826-31 La Source.

Une véritable encyclopédie du savoir, les numéros hors-série de

Pour vous aider à retrouver nos principaux sujets, nous les avons classés par ordre numérique. Vous pourrez ainsi, soit compléter votre collection, soit commander les volumes qui vous intéressent à l'aide du bon spécial qui figure ci-dessous.

SCIENCE et VIE

- N° 45 Médecine-Chirurgie
- N° 46 Habitation
- N° 49 Électronique
- N° 52 Auto 1960/61
- N° 53 Chemins de Fer
- N° 54 Aviation 1961
- N° 55 Énergie
- N° 56 Auto 1961/62
- N° 57 Photo-Cinéma
- N° 61 Électricité
- N° 62 Week-End 1963
- N° 64 Auto 1963/64
- N° 65 Radio
Télévision
- N° 66 Photo-Cinéma
- N° 68 Auto 1964/65
- N° 69 L'Automatisme
- N° 70 Aviation 1965
- N° 71 Auto 1965/66
- N° 73 Les Chemins de Fer 1966
- N° 74 Habitation
- N° 75 Photo-Ciné
- N° 76 Auto 1966/67
- N° 78 Aviation 1967
- N° 79 Auto 1967/68
- N° 80 Photo-Cinéma
- N° 81 Télévision



- N° 83 Transport Aérien
- N° 85 Les Greffes
- N° 87 1969 Aviation 1969
- N° 89 1969 L'Auto-mobile 1969/70
- N° 90 1970 Photo Ciné 1970
- N° 91 1970 Navigation de plaisance
- N° 93 1970 Auto 1970/71
- N° 95 1971 Aviation 1971
- N° 96 1971 L'Auto-mobile 71
- N° 97 1971 Photo-cinéma 72
- N° 98 1972 Marine 72
- N° 99 1972 Diététique
- N° 100 1972 Auto-Moto 73
- N° 101 1972 Photo Ciné Son
- N° 102 Informatique 73

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION

De nombreux lecteurs désireux de compléter leur collection ne parviennent pas à trouver les numéros manquants. Ceux-ci sont disponibles à notre service de vente et leur seront expédiés à réception de leur commande accompagnée du règlement. Écrire à :

SCIENCE & VIE « PROMOTION 1 », 5, rue de La Baume - PARIS 8^e - tél. 266.36.20

Nom :

Adresse :

Numéros demandés :

Ci-joint mon règlement : F

(F 5.- par numéro, plus 10 % du montant de la commande pour frais d'envoi).

Chèque bancaire

Chèque postal
(CCP 32.826-31 La Source)

Mandat-lettre

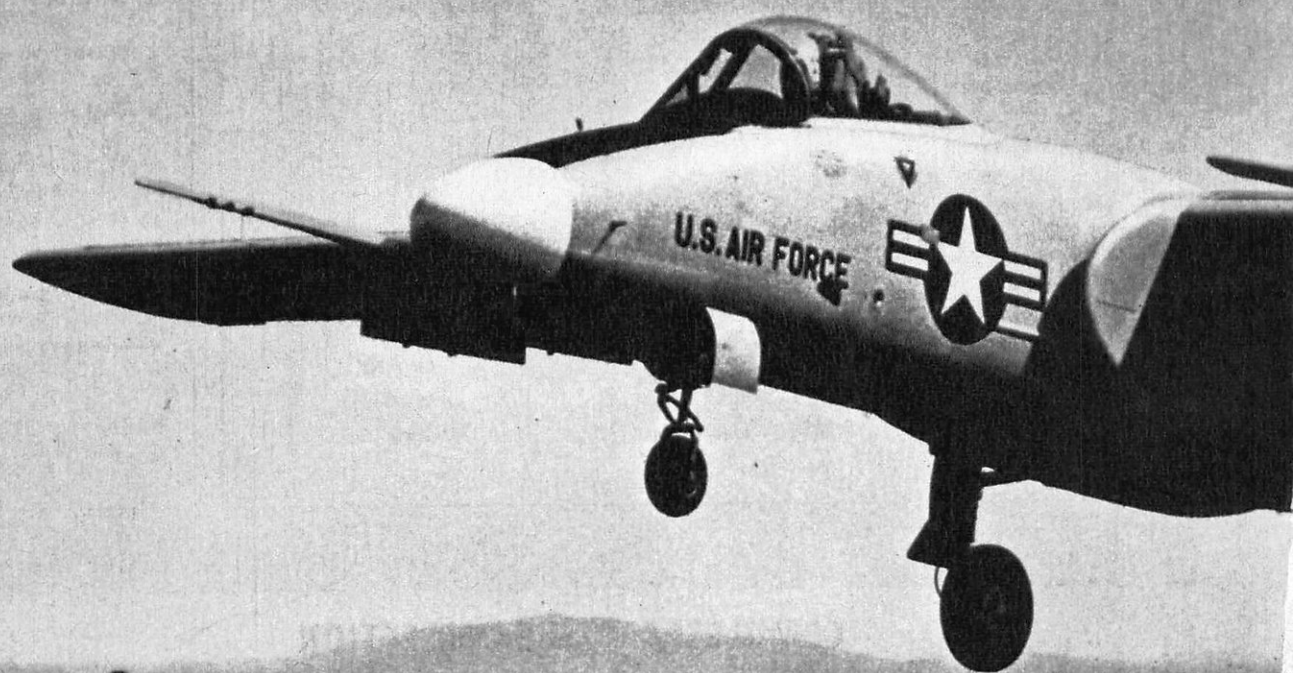
A L'ORDRE DE EXCELSIOR-PUBLICATIONS

Aucun envoi ne
pourra être fait
contre remboursement.

(à découper ou à recopier)

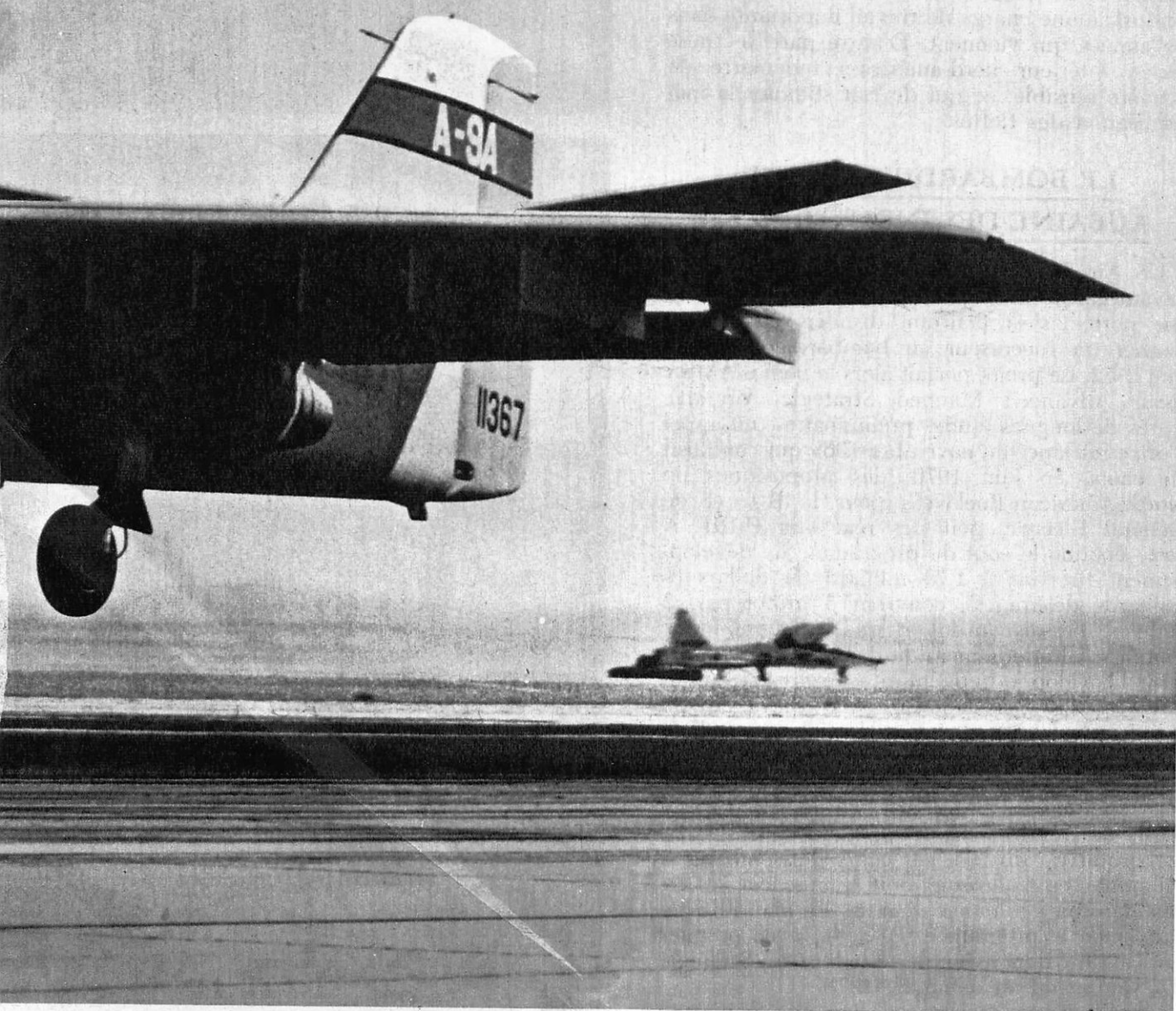
INDUSTRIE MONDIALE

Les programmes militaires au secours des constructeurs ?



Ce curieux appareil à la silhouette antédiluvienne, le Northrop A-9 A, est pourtant de conception moderne, puisque destiné à servir d'artillerie volante à l'US Air Force. Il a été battu par son concurrent Fairchild-Hiller A-10 A.

L'industrie aérospatiale mondiale a connu des jours meilleurs que ceux qu'elle vit actuellement. Dans un contexte de crise financière latente et affectées par les difficultés propres à leurs principaux clients civils, les compagnies aériennes, les firmes s'efforcent de marquer des points au plan des commandes militaires. De fait, aux Etats-Unis, les principaux programmes nouveaux sont militaires. En Europe, les budgets de la défense nationale ne permettent guère d'espérer le salut de ce côté-là, à moins de jouer à fond la carte de l'exportation. Mais, civiles ou militaires, les productions européennes se heurtent à la vigilance du complexe politico-industriel américain.



Partout dans le monde, l'industrie aérospatiale connaît des heures difficiles auxquelles elle était mal préparée. Une période faste de près de quinze ans lui avait donné des habitudes de facilité : programmes militaires abondants ; programmes spatiaux énormes (dans le cas des U.S.A.) ; expansion galopante du transport aérien. Tout a changé en quelques années.

L'environnement politique et le prix sans cesse croissant des matériels ont considérablement limité les programmes militaires. Passé l'engouement initial, les études de missiles et les projets spatiaux se sont trouvés réduits dans de très fortes proportions. Les grands constructeurs s'approprièrent à mettre l'accent sur les appareils civils quand le dernier de leurs marchés qui soit encore en expansion — le transport aérien — a lui aussi fléchi, victime de sa mauvaise gestion et de la crise économique mondiale.

Tel est le contexte aéronautique en 1973. Peut-on espérer une évolution favorable ? Elle s'amorce aux Etats-Unis, mais n'a pas encore gagné l'Europe. Outre-Atlantique, en effet, plusieurs projets militaires sont en cours de réalisation et de lancement, qui devraient donner à l'industrie une charge de travail importante dans les années qui viennent. D'autre part, le trafic aérien intérieur nord-américain redémarre de manière sensible, ce qui devrait stimuler la modernisation des flottes.

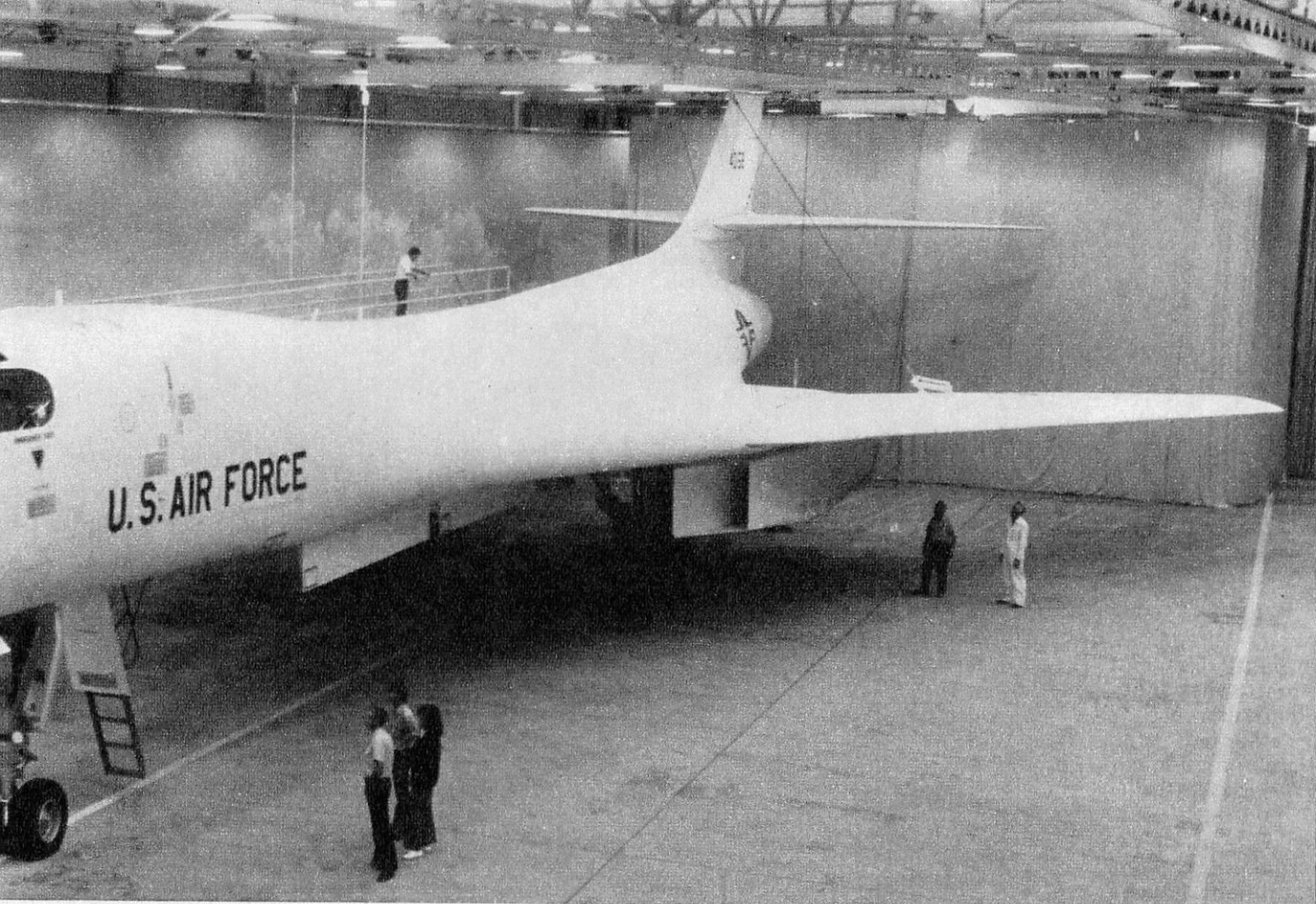
LE BOMBARDIER PILOTE AUBAINE DES INDUSTRIELS ?

L'US Air Force, qui s'est trouvée longtemps à l'avant-garde des promoteurs des missiles à longue portée, s'est pourtant décidée, en 1965, à donner un successeur au bombardier subsonique B-52. Le projet portait alors le nom d'AMSA (pour Advanced Manned Strategic Aircraft). Après de longues études préliminaires, un appel d'offre fut lancé en novembre 1969 qui conduisit au choix, en juin 1970, des propositions de North-American-Rockwell, pour le B-1, et de General Electric, pour les réacteurs F-101. A cette époque le coût du programme de développement fut fixé à 1,75 milliard de dollars (9 milliards de francs), couvrant 5 prototypes, 2 cellules d'essais au sol et une quarantaine de moteurs. Ultérieurement, et dans le but de maintenir l'enveloppe budgétaire à un niveau raisonnable malgré l'escalade des prix, le programme a été réduit : 3 prototypes de vol, une cellule d'essais statique et une cinquantaine de moteurs seulement seront construits, pour un budget porté néanmoins à 2,6 milliards de dollars (13 milliards de francs).

Le prototype du B-1, en cours d'assemblage à Palmdale, en Californie, doit commencer ses essais dans un peu moins d'un an. En mai 1975 serait lancé le programme de série, avec premier vol en 1977 d'un avion de série livré au Strategic Air Command au début de 1978.

La production s'étalera sur cinq ans et portera

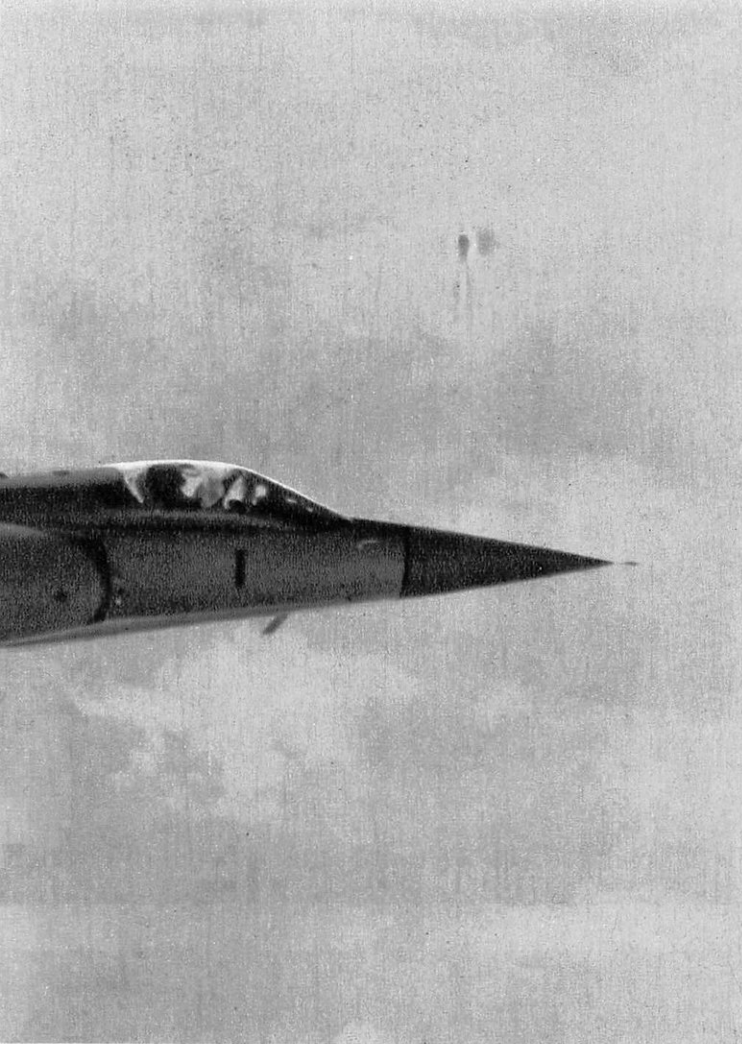




Les Etats-Unis demeurent, avec l'U.R.S.S., le seul pays capable de lancer sans coopérants les programmes aéronautiques les plus ambitieux. Le bombardier bissonique B-1 de North-American Rockwell devra à sa voilure à géométrie variable une souplesse d'emploi inégalée. Le B-1 commencerait ses essais en vol en 1974. Connaitra-t-il moins d'ennuis que l'ambitieux C-5A — le plus gros avion du monde — dont la production vient de se terminer avec la 86^e unité ?

Avec le Mirage F-1 (en haut), Dassault détient sans doute le digne successeur du « Mirage III ». Déjà commandé par la France, l'Afrique du Sud et l'Espagne, il pourrait séduire d'autres pays, notamment dans sa version à réacteur M-53. Le Mirage G-8 à géométrie variable (en bas) n'aura, quant à lui, pas de suite immédiate. Il aura néanmoins permis de déterminer, dans des conditions tout à fait exceptionnelles, le meilleur compromis de flèche acceptable pour l'avion de combat à voilure fixe des années 80.





sur 240 avions environ, au prix moyen de 178 millions de francs l'unité, soit une enveloppe globale de 43 milliards de francs (8,5 milliards de dollars). Chiffre qui paraît d'ailleurs optimiste. A cette somme, il faudra ajouter le prix des ravitailleurs, sans doute des versions spéciales des Boeing 747 ou Lockheed Galaxy. Non que le B-1 ne puisse se satisfaire des Boeing KC 135, mais ils seront alors hors-d'âge. La construction d'une flotte spéciale de ravitailleurs doublerait le prix de l'opération.

L'impact économique et social du projet B-1 est considérable. Sous-traitants moteurs et cellule compris, le développement du bombardier occupe actuellement 70 000 personnes, dont 25 000 sont directement concernées. Au stade de la série, l'effectif total sera porté à 192 000 personnes.

Pesant jusqu'à 180 tonnes au décollage, le B-1 se contentera de pistes relativement modestes, grâce à sa voilure à géométrie variable qui, d'autre part, lui assurera en vol une souplesse d'emploi exceptionnelle. Cet avion, qui aura la taille et les performances de Concorde, pourra voler en transsonique à 150 m d'altitude, atteindre Mach 1,3 à 300 m, passer Mach 2,2 à 15 000 m, tout en se posant et décollant à la vitesse d'une Caravelle et en se ravitaillant en vol à moins de 750 km/h. Emportant plus de 73 tonnes de carburant, il franchira plus de 12 000 km sans ravitaillement et tiendra l'air jusqu'à 36 heures, cette fois avec ravitaillement en vol.

Selon les versions, le tonnage d'électronique embarquée oscille entre 2,5 et 5 tonnes : systèmes de navigation, calculateur de bombardement, radar de suivie de terrain, appareillage de contre-mesures électroniques... L'armement sera réparti en trois soutes de fuselage et deux points sous les ailes. Véritable arsenal, le B-1 emportera des missiles SRAM, des bombes thermo-nucléaires et des charges classiques.

Sur le plan de la structure, on notera que si les alliages de titane (20 % du poids) et l'acier (16 %) sont utilisés, la plus grande part revient aux alliages légers (40 %), ce qui prouve que Mach 2,2, vitesse de Concorde, est bien celle qui présente le moins de risques technologiques.

En opérations, le B-1 se caractérisera par sa capacité à effectuer des pénétrations à très basse altitude et à vitesse élevée, ce qui le rendra difficile à détecter et à combattre. Afin de limiter les efforts sur la cellule des rafales rencontrées au ras du sol, il sera équipé d'un système automatique inédit qui, détectant les variations d'accélération, transmettra les ordres nécessaires aux servo-commandes à très court temps de réponse des gouvernes.

LES AVIONS DE COMBAT EUROPÉENS

Le B-1 est le seul bombardier lourd en construction dans les pays occidentaux. Seuls avec les U.S.A. les Soviétiques peuvent absorber les frais

de développement de tels programmes. Ils ne s'en privent d'ailleurs pas. On a bien parlé aussi d'une possible utilisation militaire de Concorde, mais rien n'a été prévu en ce sens. L'adaptation ne serait sans doute pas très aisée, car il ne suffit pas d'accrocher une bombe A sous le ventre d'un avion de transport pour en faire un bombardier !

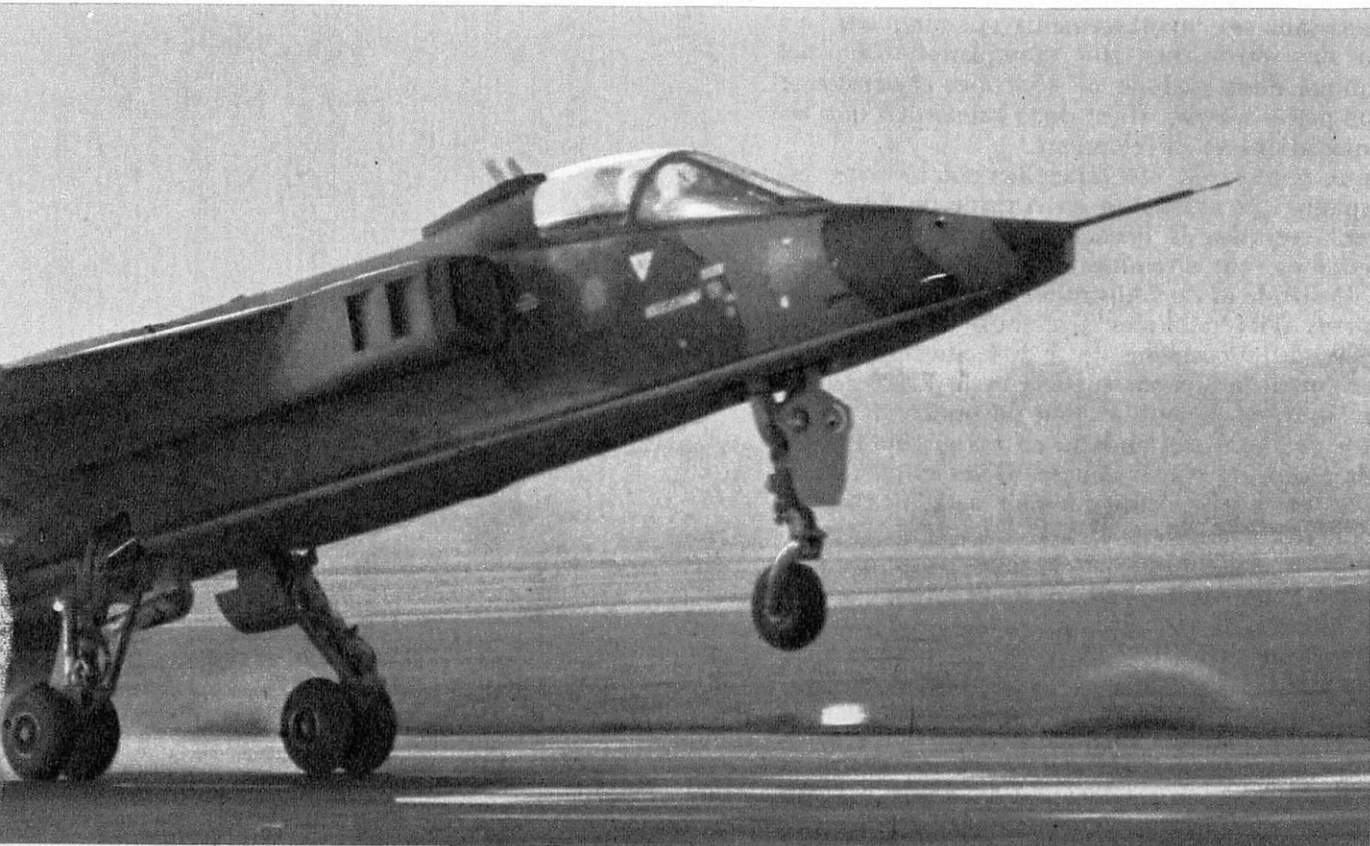
En France, l'Etat-Major a dû renoncer au projet ambitieux du Dassault G-4, biplace de combat biréacteur à géométrie variable qui devait succéder au Mirage IV dans la Force de dissuasion. La formule aérodynamique mise au point avec un succès complet, il est apparu qu'un tel appareil, avec tout son environnement électronique et les servitudes de ravitaillement en vol que nécessiterait le plein emploi de ses capacités d'attaque et de reconnaissance lointaine, était hors de portée des budgets français. D'autre part, on était conduit à construire un monstre impossible à exporter, luxe que ne peut plus s'offrir l'Armée de l'air française, dont les besoins auraient été d'environ 75 appareils seulement.

Allégé, réduit dans ses ambitions opérationnelles à des missions de défense et d'attaque sur des distances limitées, le G-4 est devenu le G-8, dont deux prototypes volent, l'un en biplace, l'autre en monoplace. Ces puissants appareils, équipés de deux réacteurs SNECMA Atar 9K50 n'auront sans doute pas de suite malgré leurs grandes qualités.

Il est apparu en effet que la géométrie variable fait payer cher, en poids et en complexité, des avantages de souplesse d'emploi dont on tire peu parti sur un avion de combat n'ayant pas de grandes ambitions en matière de distance franchissable. En revanche, l'expérience acquise avec le Mirage F.1 témoigne de ce qu'une aile fine en forte flèche peut être un excellent compromis de performances et de simplicité. En tout cas, pour l'avion de combat qui devrait entrer en service vers la fin de cette décennie, l'Etat-Major de l'Armée de l'air hésite entre une voilure à géométrie fixe et une autre à flèche variable. L'appareil en question sera équipé de deux réacteurs SNECMA M.53 et aura une vitesse de pointe de l'ordre de Mach 2.5, impliquant l'utilisation dans sa structure de matériaux évolués. Il sera armé de canons et de missiles et pourra emporter une bombe nucléaire tactique. Il ne semble pas que cet appareil doive prendre la relève du Mirage IV, les missions de dissuasion étant confiées aux missiles du plateau d'Albion et aux sous-marins nucléaires. Néanmoins, il sera polyvalent, avec trois missions de base : défense aérienne, attaque nucléaire et reconnaissance.

Le Mirage F.1, appareil à hautes performances (Mach 2.2), fait payer relativement cher les avantages qu'il apporte par rapport au Mirage III à aile delta. S'il vole plus vite, va plus loin, utilise des pistes plus courtes et se révèle plus maniable en combat, il coûte aussi près du double. De telle sorte que l'Armée de l'air, en ré-





Produit en série de part et d'autre de la Manche, le Jaguar va entrer en service à quelques semaines d'intervalle dans l'Armée de l'Air française et dans la Royal Air Force. En haut, décollage d'un monoplace dans sa définition britannique, télémètre laser dans la pointe avant. En bas, mise au point des premiers Jaguar français chez Dassault-Breguet.

partissant ses investissements sur cinq ans, n'a pu s'en offrir que 105 exemplaires. De quoi équiper deux escadres de 45 avions et constituer une petite réserve. Il est donc primordial que les exportations se développent.

Deux ventes ont été officiellement réussies, en Espagne (22 avions) et en Afrique du Sud (une trentaine, plus la licence de fabrication). Deux décisions sont attendues avec intérêt : celles de la Hollande et de l'Australie. Les Pays-Bas pourraient, d'ici quelques semaines, annoncer leur choix du successeur du F.104 Starfighter. En lice aussi, le Viggen suédois et le P.530 Cobra de Northrop, encore à l'état de projet.

Une décision néerlandaise en faveur du F.1 serait grosse de conséquences. D'abord parce que la commande porterait sur plus de 200 avions et donnerait probablement lieu à d'intéressants accords de coopération industrielle. Ensuite, parce qu'il s'agirait sans doute d'un F.1 à moteur M.53, dont la France n'a pas voulu faute de crédits et qui offre des performances sensiblement améliorées. Le lancement du programme F.1-M.53 a fait l'objet d'une décision récente à l'échelon gouvernemental. Les premiers vols pourraient avoir lieu en 1977. Le F.1-M.53 séduit aussi beaucoup l'Australie, l'Italie, la Belgique. Confiant, Dassault escompte vendre encore plus que F.1 que de Mirage III et V. Le Mirage III, dont les commandes dépassent 1 300 unités au moment de la rédaction de ces lignes, ne paraît d'ailleurs pas encore au terme de sa carrière industrielle. Il est probable que la production durera jusqu'en 1974. Le paradoxe est que son succès porte ombrage au Jaguar, qui fait maintenant partie de la même écurie, c'est-à-dire du groupe Dassault-Bréguet.

Alors que ce biréacteur de combat est sur le point d'entrer en service dans la Royal Air Force et l'Armée de l'air, n'a guère encore remporté de succès à l'exportation. On rapporte qu'une première vente serait sur le point de se conclure en Amérique du Sud. L'Inde serait intéressée par la licence de fabrication. Le rejet par la Marine Nationale, au profit d'un Super-Etendard, ne contribue pas à dorer son blason. De fait, le Jaguar a vu sa mise au point compliquée par les caprices de son réacteur Rolls-Royce-Turboméca Adour, tandis que son prix de revient s'enflait redoutablement par rapport aux estimations d'origine. Les exigences de la RAF ont eu, en effet, pour conséquence de compliquer un avion que les Français souhaitaient simple et économique.

Le Panavia Panther, ex MRCA 75, connaît les mêmes vicissitudes. On sait que ce Multi-Role Combat Aircraft est développé en commun par la Grande Bretagne (42,5 % du programme), l'Allemagne Fédérale (42,5 %) et l'Italie (15 %). Il s'agit d'un biréacteur de combat à géométrie variable dont le lancement effectif a eu lieu en juillet 1970, l'entrée en service étant alors escomptée pour 1975. Elle n'est plus attendue avant 1977 et les prix de revient paraissent lancés dans une escalade vertigineuse.



S'il est maintenant assuré que le prototype volera à l'automne 1973 ou au début de 1974, bien des doutes subsistent quant au lancement de la série. Car, peu à peu, l'ambition du programme s'est trouvée limitée : abandon de la version monoplace ; réduction du nombre des prototypes ; renoncement au développement d'un radar nouveau. Les promoteurs du Panavia avaient, il est vrai, poussé le goût du risque jusqu'à associer un réacteur nouveau à une cellule inédite, ce qui se révèle toujours périlleux.

Dans le même temps, l'Italie renforce ses dotations en F. 104 S, ce qui laisse planer quelques doutes sur son enthousiasme.

LES ÉTATS-UNIS EN VEDETTE

Les dépassements de prix ne sont pas seulement le fait des projets européens et le cas du Grumman F.14 Tomcat est significatif.

L'apparition du Mig 23 Foxbat, et l'aisance avec



laquelle il s'est joué des tentatives d'interception par les Phantom II israéliens au-dessus du Sinaï, a incité les forces armées américaines à renouveler leurs appareils de première ligne. L'Air Force a choisi le F.15 Eagle à voilure fixe, la Navy le F.14 Tomcat à géométrie variable. Ce dernier est l'objet actuellement d'une bagarre sans précédent entre son constructeur, Grumman, et l'Administration américaine. A l'origine, la commande de la Navy devait porter sur 720 exemplaires, le plafond du programme étant fixé à 2,4 milliards de dollars. Elle fut réduite à 313 unités, malgré quoi Grumman a été obligé de demander 545 millions de dollars de crédits supplémentaires pour terminer ses livraisons, l'opération devant néanmoins se solder par une perte globale de 23 millions de dollars.

La crise a atteint son paroxysme lorsque, en décembre dernier, Grumman a refusé d'accepter le contrat couvrant la tranche de 48 avions à produire en 1973, menaçant de fermer ses

Pour son nouvel avion de supériorité aérienne, le McDonnell Douglas F-15 Eagle, l'U.S. Air Force a fait confiance à une aile à géométrie fixe, plus légère, moins complexe et moins onéreuse que l'aile variable du Grumman F-14 destiné à l'US Navy.

A noter le curieux empennage séparé en deux ensembles de part et d'autre des réacteurs. La première série vient d'être lancée.



Deux concurrents à un ambitieux programme lancé par l'US Air Force, celui de l'AMST (pour

Advanced Medium Short Take-off and Landing Transport). Les firmes Boeing (projet en page de

portes — avec les conséquences sociales et économiques que cela représente — plutôt que de continuer à perdre un million de dollars par appareil livré. L'affaire est en cours de négociation, et il paraît assuré qu'une solution à l'amiable sera trouvée, mais elle témoigne des difficultés qu'ont les constructeurs de matériels aéronautiques à définir des prix qu'ils puissent tenir en dépit des vicissitudes économiques. Des bruits courent cependant, d'une commande de F.15 par la Navy après abandon partiel du F.14. Le F.15 Eagle semble, quant à lui, ne pas connaître trop d'incidents de parcours. Les 20 appareils de pré-série sont en cours de livraison et les 30 premiers de série sont financés sur l'année budgétaire 1973. Déjà, des dépassements budgétaires se sont produits, mais, l'US Air Force ayant accepté de les absorber, le développement du F.15 devrait se poursuivre harmonieusement. D'autres programmes d'avions de combat existent aux U.S.A. Citons :

— le programme AX d'un biréacteur d'attaque

au sol, pour lequel Northrop et Fairchild-Hiller s'affrontaient. La victoire de cette dernière firme, à l'issue d'une compétition en vol, pourrait lui donner quelques centaines d'exemplaires à construire dans les prochaines années ;

— le programme de chasseur léger, dans lequel s'affronteront le monoréacteur Model 401 de General Dynamic et le P.600, biréacteur de Northrop. Premiers vols dans dix-huit mois ;

— le North-American Rockwell XFV-12 A, chasseur Mach 2 à décollage vertical, que la Navy destine à ses futurs Sea Control Ships. De formule révolutionnaire, cet appareil aura en face de lui un concurrent plus « classique » dont le choix n'a pas été annoncé ;

— le programme AMST d'avion de transport tactique à décollage court, destiné à succéder au Lockheed C.130. Deux projets, ceux de McDonnell — Douglas et de Boeing, ont fait l'objet d'un marché d'étude qui devrait se matérialiser par la construction de deux prototypes de chaque appareil, la confrontation en vol déter-



gauche) et McDonnell-Douglas (en page de droite) ont reçu la commande de deux prototypes cha-

cune. On parle déjà d'applications civiles pour l'un au moins de ces projets, le McDonnell-Douglas.

minant le vainqueur.

Ailleurs dans le monde, les projets militaires sont beaucoup plus modestes. Un mot néanmoins du Hawker-Siddeley Harrier à décollage vertical, pionnier dont le démarrage est lent mais réel. Commandé par la Royal Air Force et les US Marines, il retiendrait aussi l'attention de la Royal Navy et de ... la Chine.

Une belle bagarre s'annonce sur le marché mondial des avions d'entraînement, entre l'Alphajet franco-allemand et le HS.1182 britannique. Le premier, développé par le tandem Dassault-Breguet/Dornier est un biréacteur (deux Larzac), dont l'Allemagne et la France doivent commander 400 exemplaires au moins. Le second, commandé par la RAF, dispose d'un seul Adour, sans post-combustion.

Ainsi, dans le domaine militaire, les Etats-Unis tiennent la vedette. Ils préparent non seulement le renouvellement de leurs flottes de combat, mais aussi des appareils plus légers et moins coûteux, susceptibles de trouver des débouchés

à l'exportation, en dehors des « cadeaux » faits à des pays alliés. Car les Américains n'ont jamais très apprécié le succès des matériels français exportés. Les commandes de Mirage en Amérique du Sud ont été considérées comme un véritable camouflet, encore qu'il ne soit guère étonnant que ces pays aient retenu un avion Mach 2 + offrant de larges possibilités d'emploi, à des Northrop F.5 transsoniques. Si des avantages ont été acquis, nous aurions tort, en France, de nous endormir sur nos lauriers.

LE PROGRAMME CONCORDE

Cette nécessité d'exporter, appoint économique non négligeable lorsqu'il s'agit de matériels militaires, devient vitale avec les matériels civils. Si les besoins de la défense nationale peuvent encore justifier des programmes industriels limités, le transport aérien entend payer ses avions aux conditions les plus favorables. Il importe donc que le prix de vente soit établi sur la base

d'une production aussi large que possible, qui limite l'incidence de l'amortissement des frais industriels. Mais il n'est pas tellement facile de vendre 300 unités au moins d'un même modèle d'avion, surtout pour les Européens.

Si la taille des principales compagnies américaines est telle qu'elles peuvent commander jusqu'à 30 ou 40 appareils de même modèle à la fois, chiffre atteint par Air-France avec la Caravelle au bout de plusieurs années seulement, les matériels civils européens n'ont eu jusqu'ici aux Etats-Unis que des succès éphémères. Avec une soixantaine d'appareils vendus à trois compagnies, le BAC 111 reste un exemple isolé. La seule chance de l'emporter consiste donc à offrir à un moment déterminé un appareil qui présente une avance telle que la commande soit imposée par les conditions de concurrence. Ce fut le cas de Concorde. Mais les circonstances ont voulu qu'il débouche sur le marché au mauvais moment, en pleine crise du transport aérien.

La France et la Grande-Bretagne devaient-elles lancer Concorde ? Le pari, certes, était osé, mais nullement déraisonnable, puisque les Américains pensaient faire mieux et les Soviétiques aussi bien. Les Américains, depuis, ont abandonné — momentanément — leur projet trop ambitieux de SST, et il était trop tard à ce moment-là pour qu'ils puissent rattraper Concorde. Les Russes, eux, parviennent au terme de leurs efforts avec la mise en service prochaine du Tupolev 144.

Si l'on doit reconnaître que l'erreur initiale sur les estimations de coût du programme de développement est difficilement pardonnable, ce programme a, par contre, été mené remarquablement sur le plan technique.

Tous les problèmes inhérents à un projet aussi nouveau ont, semble-t-il, été résolus au mieux, sauf en ce qui concerne le moteur. L'Olympus actuel donne satisfaction sur le plan des performances et de la robustesse, mais il n'en demeure pas moins marqué par son ancienneté de conception. Sa consommation spécifique ne semble pas pouvoir être beaucoup diminuée, ni la poussée augmentée dans de bonnes conditions, et aucun réacteur de rechange n'existe à l'heure actuelle. Une possibilité, d'ici quelques années, résiderait peut-être dans le réacteur F-101 du bombardier américain B-1.

Une bonne partie du marché potentiel de Concorde lui demeure fermée par défaut de quelques centaines de kilomètres de distance franchissable. S'il est démontré que la version définitive assurera ses liaisons contractuelles Paris-New York et Londres-New York sans difficulté, il n'en est plus de même au départ de Francfort, Genève ou Rome. Et il ne saurait être question, d'une escale intermédiaire, qui « casserait » l'avantage de vitesse de Concorde.

Tout espoir, cependant, n'est pas perdu, car l'entrée en service de Concorde, sous les couleurs d'Air-France et des British Airways, démontrera si l'on peut ou non, faire bénéficier cet avion d'une réglementation particulière. Les essais



Rarement un avion aura fait couler tant d'encre et suscité autant de discorde que... Concorde.



Cette merveilleuse réussite technique sera-t-elle un échec industriel et commercial ? Deux ans

nous séparent de la réponse qui suivra de peu l'entrée en service à Air France et British Airways.

ayant montré avec certitude l'aptitude de Concorde à transporter sa charge marchande nominale (11 250 kg soit 108 passagers et 3 150 kg de bagage et fret) sur un peu plus de 6 000 km, il reste à savoir s'il pourrait être autorisé à consommer une partie des réserves de carburant au profit de la distance franchissable. Car pour satisfaire aux règlements actuellement en vigueur, Concorde se posera au terme de son vol avec un poids de carburant supérieur à la charge commerciale ! La précision de la navigation et l'efficacité des systèmes de contrôle dans les zones terminales montreront, au bout de quelques mois d'utilisation en service commercial, si ces marges de sécurité peuvent être réduites. C'est ce qui justifie la position prudente d'un certain nombre de compagnies aériennes, comme Lufthansa et Middle East Airlines, qui, sans commander Concorde dans l'immédiat, lui gardent leur confiance.

Il est logique de penser que l'ensemble des transporteurs aériens viendra au vol supersonique. Des données politiques, ou économiques, ou les deux à la fois, expliquent les prises de position de Panam, TWA, Sabena, pour ne citer que les compagnies dont le déficit est chronique depuis plusieurs années. En ce qui concerne les compagnies intérieures américaines, leur position découlera des constatations faites au cours des premiers mois d'exploitation de Concorde, quant au bruit au décollage et en croisière.

Le programme industriel se poursuit donc, à un rythme sans doute un peu ralenti. Aux commandes fermes des British Airways (5 appareils) et d'Air-France (4 appareils) s'en ajouteront sans doute bientôt quelques autres, comme celles d'Iran Air et de la Chine Populaire. La mise en fabrication d'une nouvelle tranche d'avions au-delà des 16 lancés actuellement, mise en fabrication nécessaire pour éviter une rupture de fabrication, sera donc un acte de foi supplémentaire. Dans deux ans, quand Concorde aura terminé sa traversée du désert et sera à la veille d'entrer en service, nous pourrons établir un bilan. Un optimisme raisonnable est permis.

L'AIRBUS A. 300 DANS LA CAMPAGNE ÉLECTORALE

L'Airbus européen, un autre projet qui a défrayé la chronique de ces derniers mois, jusqu'à être entraîné, on se demande pourquoi, dans le maëlstrom d'une campagne électorale...

Lancé à l'initiative de la France et de l'Allemagne avec la coopération d'industriels britanniques, hollandais et espagnols, ce biréacteur gros porteur subit, comme les autres matériels européens, les contre-coups de la crise économique. Arrivant sur un marché perturbé par les mauvais résultats des compagnies, ces avions sont défavorisés par la dévaluation du dollar et la tendance au protectionnisme qui se développe outre-Atlantique. Leur succès dépend finalement très peu de leurs qualités propres.

L'Airbus, biréacteur à grande capacité (285 à 345 places) destiné aux lignes moyen-courrier, se trouve confronté aux deux triréacteurs américains, McDonnell-Douglas DC-10 et Lockheed Tristar, dont la capacité est de l'ordre de 330 places en version de base. Il est un fait que les deux modèles américains ont une longueur d'avance et ont bénéficié de commandes massives des compagnies américaines. Ils totalisent chacun plus de 150 commandes fermes auxquelles s'ajoutent, dans le cas du DC-10, celles des versions long-courrier.

Au début du printemps, le A 300 B, quant à lui, ne pouvait revendiquer que 38 commandes et options, mais il n'y a pas lieu, ici non plus, de douter du succès. D'abord parce que cet avion vole bien, quoi qu'on en ait dit, et l'on s'attend même à ce que ses performances soient un peu supérieures à celles prévues. Ensuite, parce que les premières commandes d'Air France, Lufthansa, Ibéria, ne sont qu'un début. La flotte d'Air-France, vers 1985, devrait être d'au moins 30 appareils de cette catégorie et il en est de même pour Lufthansa et Iberia. Une version militaire de ravitaillement en vol a été proposée à l'Armée de l'air, pour compléter ou remplacer le KC-135.

Le marché de ce type d'appareil est estimé à 1 200 avions en 10 ans. Les promoteurs du A 300 pensaient raisonnablement obtenir un tiers de ce pactole. C'était avant le choix du Tristar par les British Airways et avant la dévaluation du dollar, deux éléments qui rendront la bataille un peu plus dure. Un marché important demeure néanmoins, à telle enseigne que McDonnell-Douglas envisage très sérieusement le lancement d'un DC-10 « Twin » obtenu par raccourcissement du fuselage et suppression du réacteur de queue. Le prototype sortirait en 1974, les livraisons commençant fin 1975. Par rapport aux triréacteurs, ces appareils offriraient l'avantage de coûts — d'achat et d'exploitation — moins élevés.

Si l'Airbus européen a deux années d'avance, le DC-10 Twin peut séduire des compagnies ayant déjà acquis des DC-10 triréacteurs, puisque les deux types ont 95 % d'éléments communs. Lockheed envisage aussi un « Bistar ». Au total, on peut tout de même se demander si ces biréacteurs sont suffisamment différents des versions moyen-courrier des triréacteurs dont ils sont issus. La situation est d'ailleurs rendue encore plus confuse par l'apparition d'une ver-

Les investissements consentis par Dassault dans le programme Mercure sont tels qu'un échec pourrait être lourd de conséquences pour cette firme. Voici encore un appareil de qualité qui risque de faire les frais du contexte politico-économique, les vicissitudes du dollar compromettant ses chances sur un marché américain dont la conquête est pourtant essentielle. Une commande d'Air France pourrait dégeler le marché européen.



sion court-courrier du Boeing 747, avec structure renforcée pour supporter les efforts plus fréquents de ce genre de trafic, et qui pourra emporter de 498 à 538 passagers.

DES «CRÉNEAUX»... ENCOMBRÉS

La percée de matériels nouveaux est rendue difficile par une tendance actuelle, signe il est vrai d'un « mieux » dans l'économie du transport aérien, à savoir une série de commandes massives passées récemment, qui portent, c'est un peu inattendu, sur des matériels déjà anciens. C'est le cas du DC-9 qui, en quelques semaines, s'est vu honoré de près de 70 commandes. Le même phénomène est à signaler chez Boeing, où la grande vedette demeure le 727 triréacteur. Record absolu en matière d'avions de transport à réaction, il a dépassé légèrement le cap des 1 000 avions commandés. Pour 1973, Boeing prévoit de livrer onze 707, quatre-vingt-treize 727, vingt-deux 737 et vingt-huit 747.

Autre victime — relative — de cette politique, le biréacteur Mercure, court-courrier de la Société Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation. Excellent sur le plan technique, le Mercure est lent à démarrer sa carrière commerciale. Premier handicap, le manque d'expérience de Dassault dans ce domaine très particulier des avions de gros tonnage. Il a fallu tout apprendre, et ce n'est guère facile. Ce manque d'expérience inquiète sans doute un peu aussi les compagnies. Par ailleurs, le « créneau » initial du Mercure n'en est pas vraiment un, car envahi par des appareils anciens dont le rendement spécifique n'est pas excellent, mais dont l'achat est amorti. Si beaucoup de compagnies ont des besoins, dans la gamme un peu supérieure des court-moyen courriers, pour remplacer les Caravelle, DC-9 et BAC-111, le Mercure s'y heurte à l'omniprésent Boeing 727 que Boeing vend maintenant à peine plus cher.

Pour mieux lutter, il a fallu prévoir une nouvelle version, avec distance franchissable et capacité accrues. Il s'agit du Mercure 200, dont le marché potentiel est d'au moins 100 machines, ce qui mérite quelque considération... La décision d'Air-France, qui devrait intervenir, dans son principe, avant le Salon du Bourget, sera déterminante.

L'échec du Mercure entraînerait de graves difficultés pour Dassault, qui a été amené à investir des sommes considérables dans l'étude de l'avion et dans l'implantation de cinq usines devant permettre d'assurer une cadence pouvant atteindre 6 appareils par mois.

De nombreux autres projets sont en gestation de par le monde, qui portent sur des matériels plus modestes, soit destinés aux lignes d'apport et à l'aviation d'affaires (dont l'expansion est spectaculaire aux U.S.A. et en France), soit préparant la future génération de transports peu bruyants à décollage court. Un article de ce

numéro est d'ailleurs consacré à ce dernier sujet. Au milieu de la profusion de projets de transports de tonnage modeste, nous retiendrons deux programmes ayant atteint déjà le stade de la réalisation : le VFW-Fokker 614 et le Falcon-Mystère 30.

Animé par deux réacteurs à soufflante SNECMA-Rolls Royce M-45 H placés au-dessus de l'aile, le VFW-614 est un appareil très rustique de 40 à 44 places. Il devrait trouver d'importants débouchés en Afrique, en Amérique du Sud et en Asie, où il faudra bien un jour remplacer les DC-3 qui restent ou les Fokker F-27 qui leur ont succédé. Endeuillé par la perte du premier prototype, le programme industriel est maintenant lancé et débouchera en 1974 sur les premières livraisons des quelque 30 commandes et options enregistrées.

Comme le VFW-614, le Falcon-Mystère 30 devra redouter la concurrence du Yak-40 soviétique, offert à des prix très bas. Ces prix ne semblent pas, toutefois, suffire à convaincre la clientèle. Il est vrai que la certification du Yak-40 est en cours dans plusieurs pays.

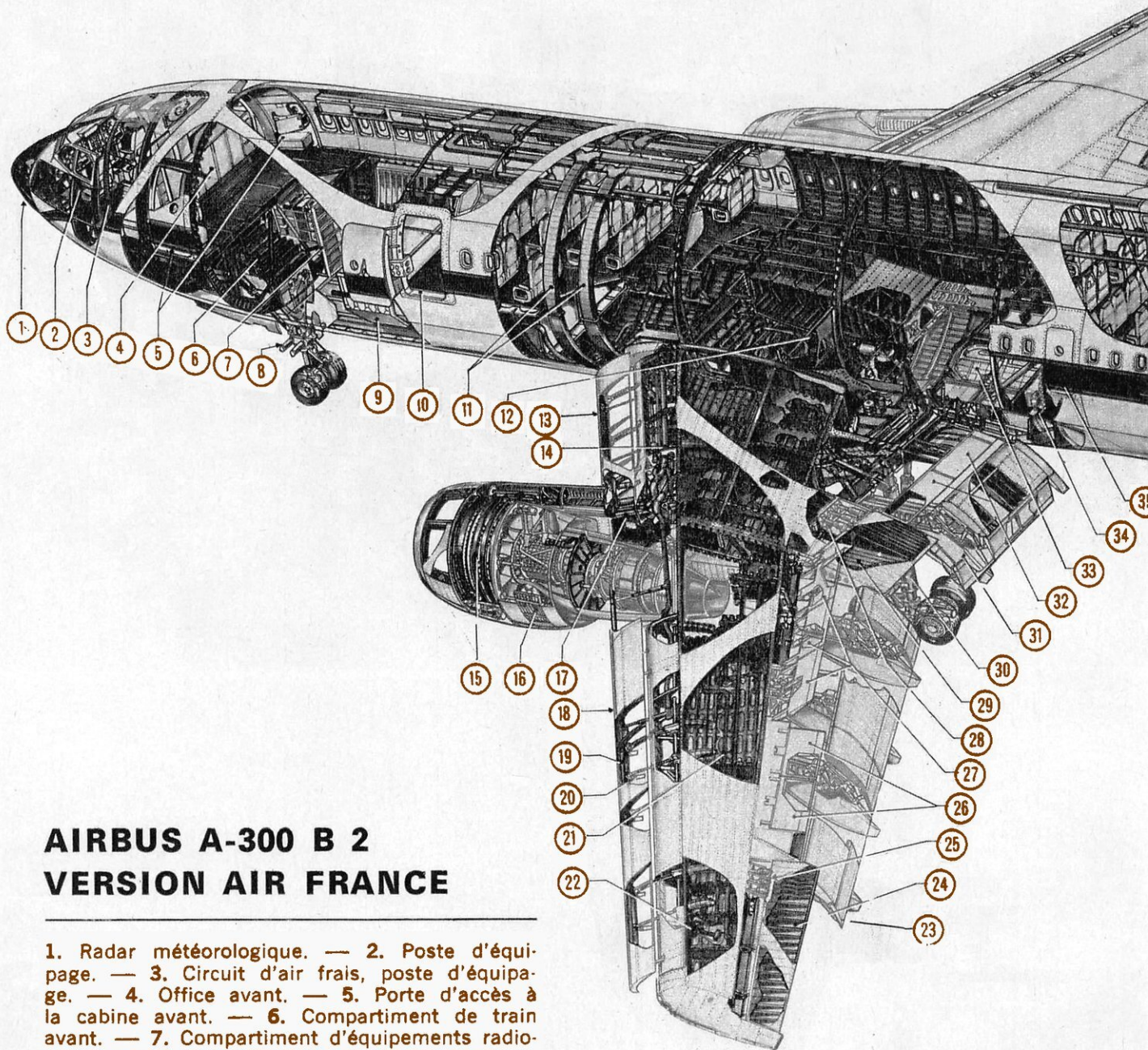
Extrapolation du Mystère 20 destiné aux lignes de troisième niveau, le Falcon-Mystère 30 a sensiblement évolué en cours d'étude. Un prototype quelque peu différent de la version de série envisagée sera présenté au Salon du Bourget. Pour le développement de la série, une aide récupérable a été sollicitée du gouvernement. Le Falcon-Mystère 30 offrirait une quarantaine de places. Bien que non destiné aux mêmes utilisations que le VFW-614 ou le Yak-40, le marché du Mystère 30 pourrait recouvrir partiellement celui des deux autres modèles. Ses deux réacteurs Lycoming ALF-502 à double flux, silencieux et « propres », lui permettront d'opérer sans inconvénient sur les aérodromes de province, en général très proches des agglomérations. L'annonce, toute récente, d'une version triréacteur, vient renforcer l'idée d'une concurrence avec le Yak-40.

Tels sont les principaux programmes aéronautiques lancés de par le monde. Nous n'avons parlé ni du Japon, ni du Brésil, ni de l'Italie, ni de l'Espagne... La liste n'est pas exhaustive, mais témoigne de ce que l'activité aéronautique dans le monde est de moins en moins limitée aux grandes nations. Sauf pour les très gros projets, les constructeurs traditionnels doivent s'attendre à rencontrer une concurrence de plus en plus vive des industries nationales.

R. de NARBONNE

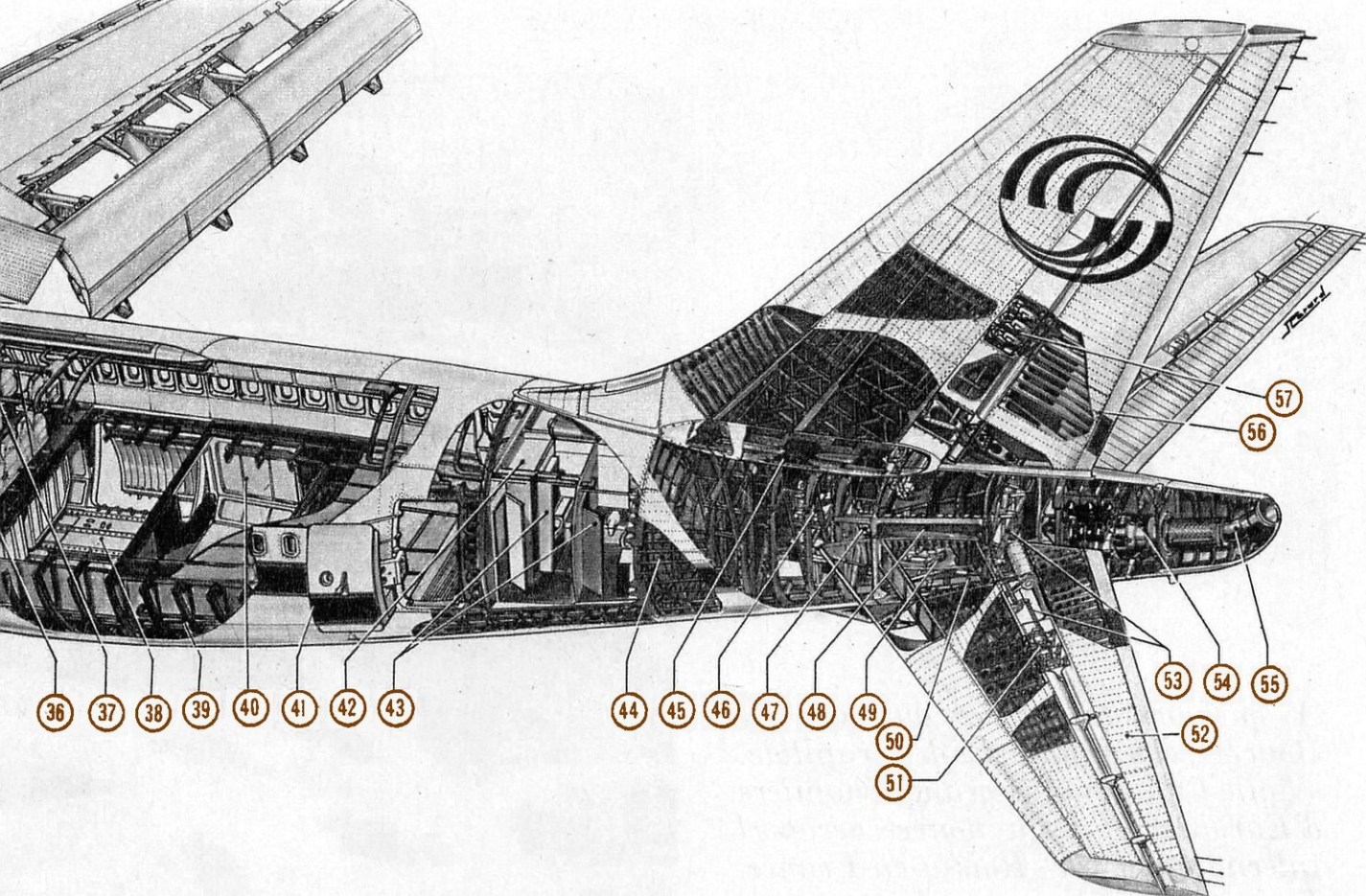
Comme le Mercure, l'Airbus aura nécessairement besoin du marché américain pour connaître le succès commercial et couvrir ses frais de développement. Ici aussi, la partie peut être compromise par des problèmes extra-techniques. La production de série est en cours et l'Airbus devrait entrer en service au début de 1974. Il sera alors le premier appareil de sa catégorie, ce qui pourrait améliorer ses chances (voir pages suivantes).





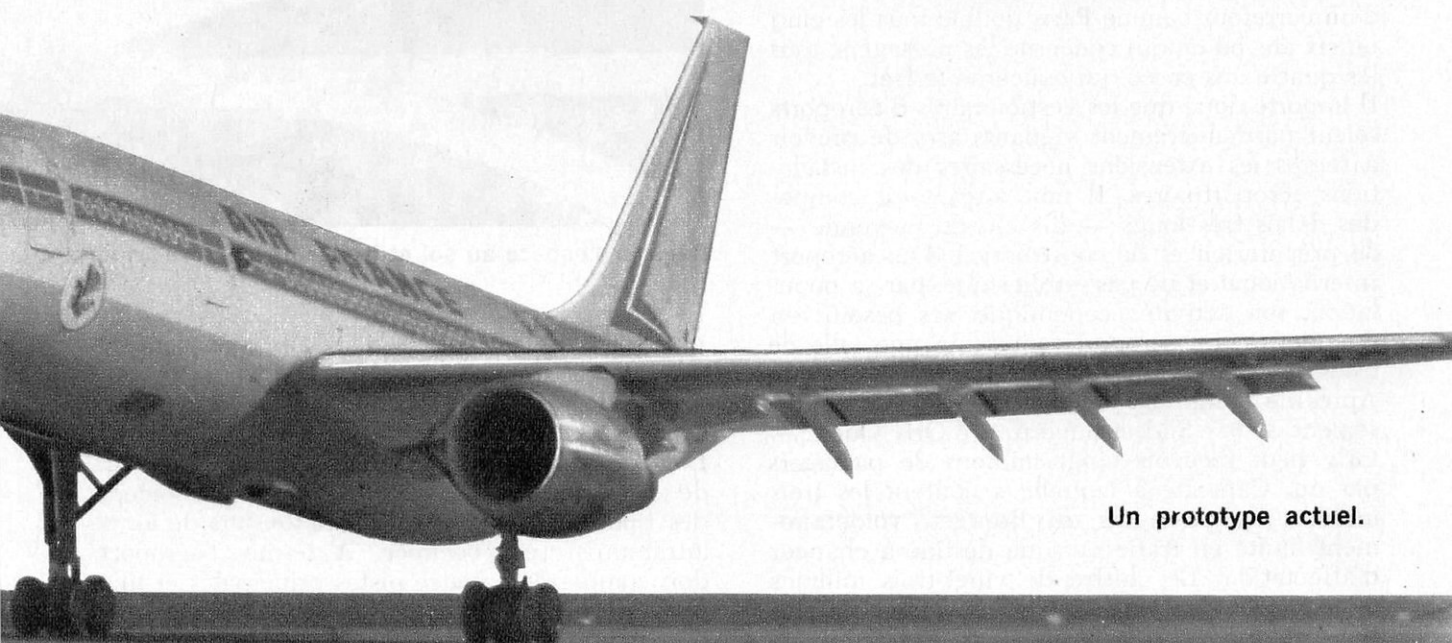
AIRBUS A-300 B 2 VERSION AIR FRANCE

1. Radar météorologique. — 2. Poste d'équipage. — 3. Circuit d'air frais, poste d'équipage. — 4. Office avant. — 5. Porte d'accès à la cabine avant. — 6. Compartiment de train avant. — 7. Compartiment d'équipements radio-électroniques. — 8. Train d'atterrissage avant. — 9. Soute à fret avant (12 conteneurs). — 10. Porte d'accès à la cabine. — 11. Gaine de distribution d'air dans la cabine. — 12. Compartiment des groupes de conditionnement d'air. — 13. Bec intérieur de bord d'attaque. — 14. Circuit d'air chaud prélevé sur réacteurs. — 15. Réacteur General Electric CF6-50C. — 16. Grille d'inversion de poussée sur le flux de dilution. — 17. Pylône-support de réacteur. — 18. Bec externe de bord d'attaque. — 19. Circuit de dégivrage des becs. — 20. Vérin à vis de commande de becs. — 21. Circuit de combustible. — 22. Réservoir de mise à l'air libre. — 23. Volet de courbure externe. — 24. Aileron basse vitesse. — 25. Servocommandes d'aileron basse vitesse. — 26. Spoilers. — 27. Aérofreins. — 28. Servocommandes d'aileron « toutes vitesses ». — 29. Aileron « toutes vitesses ». — 30. Train d'atterrissage principal. — 31. Volet interne de courbure. — 32.



Destructeurs de portance. — 33. Compartiment de train d'atterrissage principal. — 34. Moteur hydraulique, à commande électrique, de volets. — 35. Porte de secours de cabine. — 36. Antennes d'équipements radio. — 37. Circuit de conditionnement d'air en cabine arrière. — 38. Soute arrière (8 conteneurs). — 39. Circuit d'air de conditionnement de soute à bagages. — 40. Soute à bagages. — 41. Porte d'accès à la cabine arrière. — 42. Office arrière. — 43. Toiletttes. — 44. Cloison de pressurisation arrière. — 45. Ferures d'attache de dérive. — 46. Timonerie de

commande de direction. — 47. Moteur hydraulique de commande de plan horizontal. — 48. Caisson de plan horizontal. — 49. Timonerie et restitution d'effort de profondeur. — 50. Cana-lisation d'air du groupe auxiliaire vers le groupe de conditionnement et circuit de démarrage. — 51. Servocommandes de profondeur. — 52. Volet de profondeur. — 53. Timonerie d'attaque des servocommandes de profondeur. — 54. Groupe auxiliaire. — 55. Echappement et silencieux du groupe auxiliaire. — 56. Gouvernail de direc-tion. — 57. Servocommandes de direction.



Un prototype actuel.

Roissy en service en 1974

A quelques kilomètres au nord du Bourget, et à vingt-deux de la capitale, s'agit l'un des plus grands chantiers d'Europe, celui du nouvel aéroport international de Roissy-en-France. La première aérogare entrera en service, avec la piste n° 1, le 15 mars de l'année prochaine. Roissy offrira alors une capacité de sept millions de passagers par an.

Bien que périodiquement en crise, le transport aérien se développe constamment, divers facteurs techniques, économiques, ou sociaux se combinant pour amener à l'avion des populations toujours élargies.

Pour fixer les idées, disons que le trafic aérien d'un carrefour comme Paris double tous les cinq ou six ans en ce qui concerne les passagers, tous les quatre ans en ce qui concerne le fret.

Il importe donc que les gestionnaires d'aéroports soient particulièrement vigilants afin de prévoir à temps les extensions nécessaires des installations aéroportuaires. Il faut aussi tenir compte des délais très longs — dix ans en moyenne — de préparation et de construction d'un aéroport international et ne pas oublier que, par sa population, son activité économique, ses besoins en énergie, un tel aéroport représente une ville de trente à quatre-vingt mille habitants.

Après de nombreux aménagements — agrandissement d'Orly-Sud et ouverture d'Orly-Ouest — Orly peut recevoir vingt millions de passagers par an. Capacité à laquelle s'ajoutent les trois millions de passagers du Bourget, volontairement limité en trafic puisque destiné à changer d'affectation. Le chiffre de vingt-trois millions de passagers par an sera effectivement atteint par l'aéroport de Paris en 1975. Il l'aurait été



Dégager l'espace au sol et traiter un nombre important

plus tôt, sans la crise de deux ans que vient de traverser le transport aérien.

Roissy-en-France ouvrira donc à point nommé, le 15 mars 1974.

Lors de son entrée en service, Roissy sera loin de sa forme définitive. Une partie seulement des 1 000 ha de l'emprise totale (le tiers de Paris intramuros) sera occupée. A terme, l'aéroport doit comporter : quatre pistes principales et une piste secondaire ; deux ou trois aérogares ; d'immenses installations de fret ; une zone in-



d'avions gros porteurs a conduit à la conception de Roissy 1 : aérogare centrale et sept bâtiments satellites.

dustrielle ; une zone technique pouvant recevoir simultanément en entretien une cinquantaine d'appareils de tous tonnages ; une unité centrale regroupant les activités commerciales ouvertes au public et où aboutiront les transports en commun.

Dans sa première phase, Roissy comportera une seule piste, une aérogare, des installations de fret et techniques partielles, et l'ensemble des annexes dont la construction ne pouvait être scindée dans le temps : centre de navigation

aérienne, centrale thermo-frigo-électrique, château d'eau, central téléphonique, bureaux, ateliers...

L'ensemble pourra recevoir sept millions de passagers par an, donnant à l'aéroport de Paris une capacité compatible avec le trafic prévu jusqu'en 1980 environ. Le complément nécessaire à cette époque est d'ores et déjà en préparation : une deuxième piste et l'aérogare Roissy 2 sont en chantier depuis quelques mois.

Notons qu'il est tout à fait exceptionnel d'avoir

pu trouver aussi près de Paris une zone aussi vaste et aussi peu bâtie répondant à toutes les exigences. A titre d'exemple, le troisième aéroport de Londres sera construit à plus de 70 km de la capitale...

L'AÉROGARE ROISSY 1

La conception de l'aérogare Roissy 1 a été guidée par trois préoccupations : réduire le plus possible le trajet des passagers vers les avions ; faire de cette aérogare une « machine à prendre l'avion » ; l'adapter aux avions de grande capacité.

Tout ceci s'est traduit dans la forme originale de Roissy 1 : un corps central en contact avec les moyens de transport terrestres et sept bâtiments satellites auxquels viennent accoster les avions.

La recherche des parcours piétonniers les plus courts a conduit à une forme cylindrique pour l'aérogare centrale, les déplacements horizontaux s'y faisant selon les rayons. Le bâtiment est réparti sur onze étages, dont deux en sous-sol. Le voyageur pénètre dans l'aérogare avec le véhicule qui l'a amené. S'il s'agit d'une voiture individuelle, il stationnera dans l'un des étages supérieurs de l'aérogare, vastes parcs de trois mille places auxquels on accède par des rampes hélicoïdales. Auparavant, il aura peut-être utilisé le système d'enregistrement dit « au volant », permettant un transfert direct des bagages de la voiture sur des tapis roulants.

A l'intérieur de l'aérogare, la circulation verticale des passagers se fait par des ascenseurs rapides et des « escalators », des escaliers étant prévus en secours.

Dès l'origine des études, il a été convenu de séparer les mouvements « départ » des mouvements « arrivée » sur deux niveaux différents. Les satellites étant utilisés pour les deux fonctions, cela impliquait qu'ils soient reliés à un étage intermédiaire neutre de transfert dans l'aérogare centrale.

Le niveau « départ » est organisé en zones circulaires concentriques et relié à l'étage « transfert » par des tunnels équipés de tapis roulants traversant le puits central autour duquel est construit l'aérogare. Le niveau « arrivée », ceinturé par un anneau routier, voit son activité concentrée autour des carrousels de livraison des bagages.

Les satellites ont été implantés assez loin de l'aérogare centrale afin que les avions puissent circuler et stationner. Cette disposition tend évidemment à rallonger les distances à parcourir par le passager. La mécanisation a apporté une solution : les tunnels de transfert aux satellites comportent deux voies roulantes — une dans chaque sens — transportant les voyageurs de bout en bout. Ces tunnels sont flanqués de gaines dans lesquelles circulent des chariots télé-guidés véhiculant les bagages.

Les satellites forment un contraste frappant avec l'aérogare centrale. Cette dernière est tout en-

tière tournée vers l'intérieur et ne possède comme fenêtres que les vitres du puits axial. Les satellites, au contraire, sont entièrement vitrés et le passager y baigne directement dans l'activité de l'aéroport. Leurs installations sont réduites, puisqu'ils sont considérés comme des salles d'embarquement-débarquement dans lesquelles les passagers doivent passer le minimum de temps.

Grâce aux passerelles télescopiques, les satellites peuvent « traiter » les avions les plus variés et, dans le cas d'appareils de grosse capacité, le temps d'escale peut être réduit par la desserte, sur les deux flancs, par les passerelles de deux satellites. L'ensemble des sept satellites de Roissy 1 pourra recevoir une cinquantaine d'appareils simultanément.

ROISSY 2

La deuxième phase des travaux de Roissy va pouvoir s'accélérer dans les mois qui viennent. Déjà, les engins de travaux publics décapent les assises de la deuxième piste dont la disponibilité pourra éviter que l'ensemble de l'aéroport ne soit bloqué par un incident sur la piste 1.

A l'origine des études, il était envisagé de compléter l'aérogare n° 1 par quatre ensembles identiques. Le fait que l'on ait changé d'avis ne condamne pas pour autant cette formule aérogare-satellites.

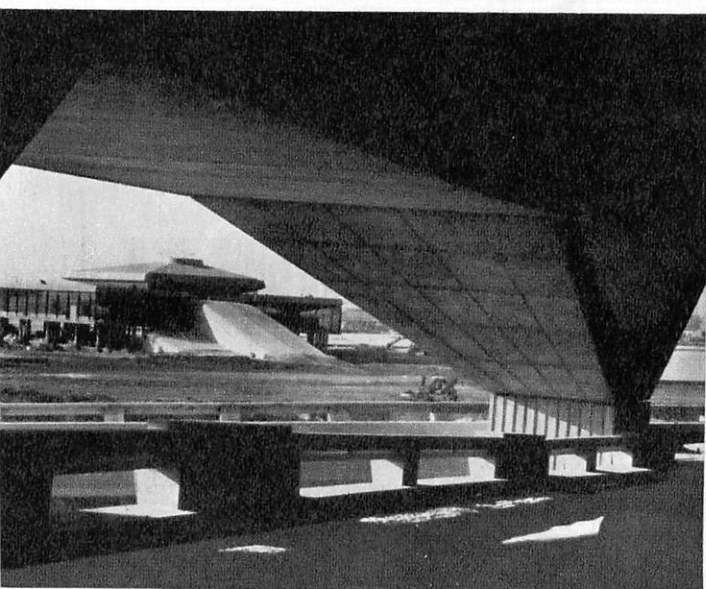
La première tranche, destinée à assurer l'ouverture de l'exploitation, doit, en effet, être banalisée entre diverses compagnies et recevoir au contact des avions aussi nombreux que possible, ne stationnant qu'un minimum de temps. L'évolution du trafic a conduit au contraire à réserver en priorité l'installation suivante à Air France, ce qui implique une flotte beaucoup moins diversifiée. D'autre part, il fallait que cet ensemble puisse évoluer dans le temps afin d'éviter d'offrir au départ une capacité sans commune mesure avec les besoins et d'immobiliser des capitaux trop longtemps.

Implantée au sud de Roissy 1, Roissy 2 aura à terme une capacité de vingt millions de passagers. Elle aura la forme d'un chapelet de quatre « modules de trafic », formés chacun d'une paire d'aérogares disposées symétriquement par rapport au système routier d'accès. Dans cette formule, une partie des avions ne vient plus au contact de l'aérogare et, stationnant à distance, est desservie par des autobus spéciaux. Un grand avantage réside dans la possibilité de construction progressive, chaque aérogare formant un demi-module indépendant de son symétrique. L'ouverture du premier module de Roissy 2 est prévue pour 1978, époque à laquelle on pense que Roissy 1 viendra à saturation.

A la même époque, l'aérogare de fret connaîtra une forte extension. En effet, Roissy est le seul aéroport du continent à n'être pas limité en surfaces d'installations, et l'Aéroport de Paris est décidé à faire de notre capitale une plate-



En voiture, on accédera directement à l'aérogare, entourée de ses satellites (ci-dessous).



Photos Aéroport de Paris

forme européenne de traitement et de redistribution du fret. Cette zone sera d'ailleurs complétée par une zone industrielle sur laquelle pourraient venir s'implanter certaines activités de transformation, éventuellement sous douane. Les installations de fret pourront, au début, traiter de 300 000 à 400 000 t par an. A terme, elles s'étendront sur trois kilomètres, le long des aires de stationnement.

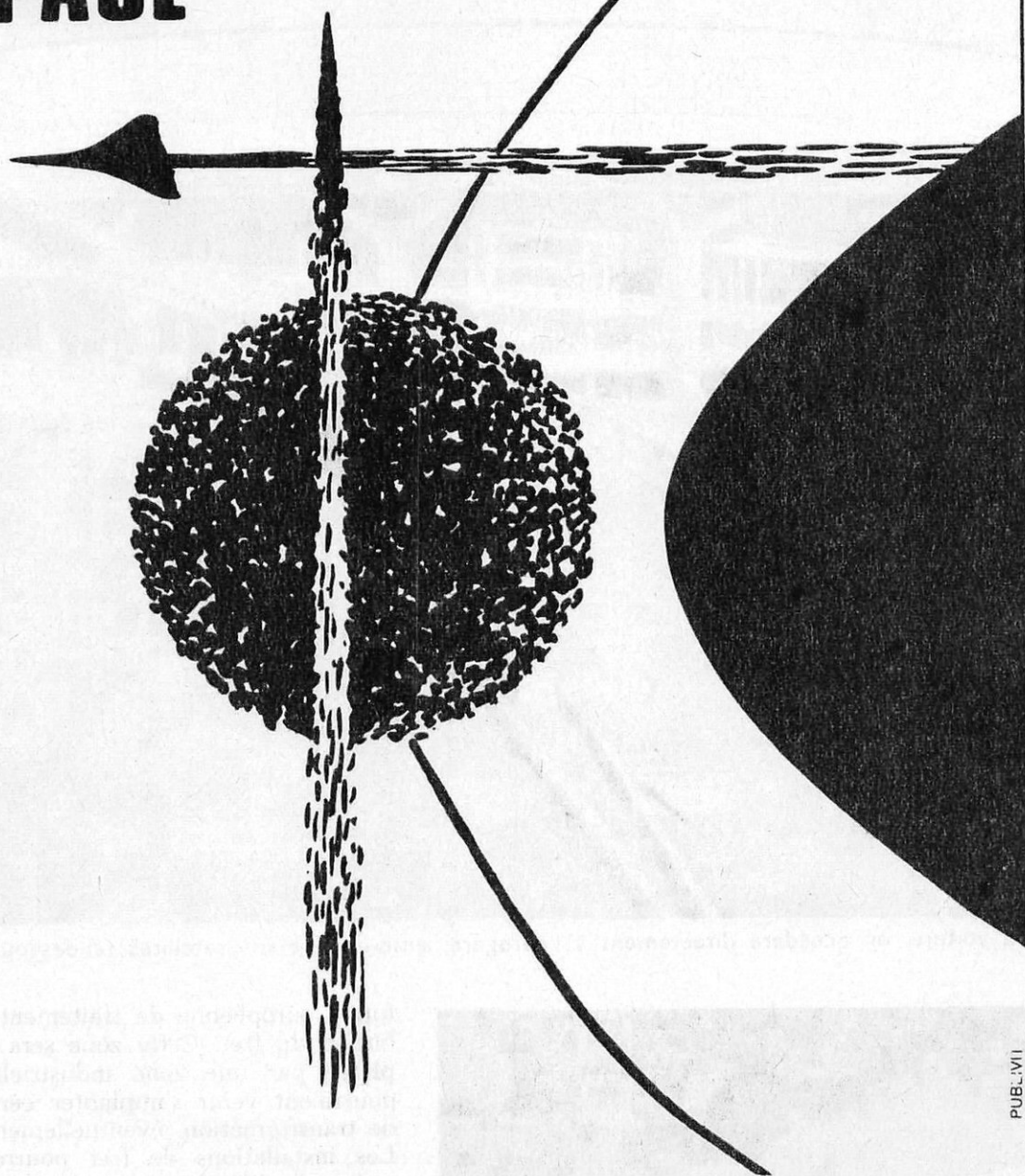
On pense que Roissy-en-France sera entièrement développé vers 1990. Le montant total des travaux a été estimé à six milliards de francs constants, dont un milliard et demi pour la première tranche et trois cent cinquante millions pour la première phase de l'aérogare n° 2.

Jusqu'à présent, l'aéroport de Paris a tenu un double pari de délai et de prix, ce qui n'est pas tellement courant pour un chantier de cette importance.

R. de N.

AERONAUTIQUE ESPACE

Villardet



PUBL. VII

30^{ème} SALON INTERNATIONAL DE PARIS

LE BOURGET 25 MAI - 3 JUIN 1973

LA REUSSITE c'est d'abord une sérieuse formation

Et pour l'ECOLE UNIVERSELLE, c'est avant tout de bonnes études de base permettant d'acquérir les connaissances indispensables à l'exercice d'une profession.

L'ECOLE UNIVERSELLE PAR CORRESPONDANCE

ETABLISSEMENT PRIVE CREE EN 1907 — 59 BOULEVARD EXELMANS 75781 PARIS CEDEX 16

*Vous donnera cette formation, quels que soient votre âge ou votre niveau.
Elle met à votre disposition un enseignement adapté aux techniques nouvelles,
une diversité de cours personnalisés
répondant à toutes les situations et dans tous les secteurs.*

Sté. Techn. Publicité

● Demandez l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse en précisant les initiales et le N° 919

CA : AVIATION CIVILE :- PILOTES-INGENIEURS

TECHNICIENS-HOTESSES DE L'AIR-BREVET DE PILOTE PRIVE

P.R: **INFORMATIQUE** : Initiation - Cours de Programmation Honeywell-Bull ou I.B.M., de COBOL, de FORTRAN - C.A.P. aux fonctions de l'informatique - B.P. de l'informatique - B. Tn. en informatique - (Stages pratiques gratuits - Audio-visuel).

E.C: **COMPTABILITE** : C.A.P. (Aide-Comptable) - B.E.P., B.P., B. Tn., B.T.S., D.E.C.S. - (Aptitude - Probatoire - Certificats) - Expertise - C.S. révision comptable - C.S. juridique et fiscal - C.S. organisation et gestion - Caissier - Magasinier - Comptable - Comptabilité élémentaire - Comptabilité commerciale - Gestion financière.

C.C: **COMMERCE** : C.A.P. (Employé de bureau - Banque - Sténodactylo - Mécanographe - Assurances - Vendeur) - B.E.P., B.P., B. Tn., H.E.C., H.E.C.J.F., E.S.C. - Professorats - Directeur commercial - Représentant **MARKETING** : Gestion des entreprises - Publicité - Assurances - **HOTELLERIE** : Directeur Gérant d'hôtel - C.A.P. Cuisinier - Commis de restaurant - Employé d'hôtel - **HOTESSE** (Commerce et Tourisme).

R.P: **RELATIONS PUBLIQUES ET ATTACHES DE PRESSE.**

C.S: **SECRETAIRIATS**: C.A.P., B.E.P., B.P., B. Tn., B.T.S. - Secrétariats de Direction - Bilingue - Trilingue - de médecin - de dentiste - d'avocat - Secrétaire commerciale - correspondance - **STENO** - (disques - Audio-visuel) - **JOURNALISME** - Rédacteur - Secrétaire de rédaction -

A.G: **AGRICULTURE** : B.T.A. - Ecoles vétér. - Agent Techn. Forest.

I.N: **INDUSTRIE** : C.A.P., B.E.P., B.P., B. Tn., B.T.S. - Electro-techn. - Electronique - Mécanique Auto - Froid - Chimie.

DESSIN INDUSTRIEL : C.A.P., B.P. - Admission F.P.A. -

T.B: **BATIMENT - METRE - TRAVAUX PUBLICS** : C.A.P., B.P., B.T.S. - Dessin de bâtiment - Chef de chantier - Conducteur de travaux - Géomètre - Métreur - Métreur vérificateur - Admission F.P.A.

P.M: **CARRIERES SOCIALES ET PARAMEDICALES** :

S.T: **C.A.P. d'ESTHETICIENNE** (Stages pratiques gratuits).

C.B: **COIFFURE** : C.A.P. dame - **SOINS DE BEAUTE** - Esthétique - Manucure - Parfumerie - Diét.-Esthétique.

C.O: **COUTURE - MODE** : C.A.P., B.P. - Coupe - Couture

P.C: **CULTURA** : Perfectionnement culturel - **UNIVERSA** : Initiation aux études Supérieures

D.P: **DESSIN - PEINTURE - BEAUX ARTS** :

R.T: **RADIO - TELEVISION** : (Noir et couleur) Monteur - Dépanneur - **ELECTRONIQUE** : B.E.P., B. Tn., B.T.S.

C.I: **CINEMA** : Technique générale - Réalisation - Projection.

P.H: **PHOTOGRAPHIE** : Cours de Photo - C.A.P. Photographe.

M.M: **MARINE MARCHANDE** : Ecoles - Plaisance.

C.M: **CARRIERES MILITAIRES** : Terre - Air - Mer.

E.R: **LES EMPLOIS RESERVES** : (aux victimes civiles et militaires)

F.P: **POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE** - Administration - Educ. nationale Justice - Armées - Police - PTT - Economie et Finances - Equipement Santé Publique et Sécurité Sociale - Affaires étrangères - S.N.C.F. - Douanes - Agriculture.

*La liste ci-dessus ne comprend
qu'une partie de nos enseignements*

● Révision pour tous les examens - Préparation spéciale BEPC - BAC

T.C: **TOUTES LES CLASSES - TOUTS LES EXAMENS** : du cours préparatoire aux classes terminales A - B - C - D - E - C.E.P., B.E. - Ecoles Normales - C.A. Pédagogique - B.E.P.C. - Admission en seconde - Baccalauréat - Classes préparant aux Grandes Ecoles - Classes techniques : B.E.P. - Bacc. de Technicien F.G.H.

E.D: **ETUDES DE DROIT** : Admission en Faculté des non bacheliers - Capacité - Licence - Carrières juridiques - Droit civil - Droit commercial - Droit pénal - Législation du travail.

E.S: **ETUDES SUPERIEURES DE SCIENCES** : Admission en Faculté des non bacheliers - D.U.E.S. 1ère et 2ème année - Licence - C.A.P.E.S. - Agrégation - **MEDECINE** : P.C.E.M. 2ème cycle - **PHARMACIE - ETUDES DENTAIRE.**

E.L: **ETUDES SUPERIEURES DE LETTRES** : Admission en Faculté des non bacheliers - D.U.E.L. 1ère et 2ème année - C.A.P.E.S. - Agrégation.

E.I: **ECOLE D'INGENIEURS** : (Toutes branches de l'industrie).

O.R: **COURS PRATIQUES : ORTHOGRAPHE - REDACTION** - Latin - Calcul - Conversation - Initiation Philosophie - Math. modernes.

SUR CASSETTES ou DISQUES : Cours d'orthographe.

L.V: **LANGUES ETRANGERES** : Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Russe, Chinois, Arabe - Chambres de commerce étrangères - Tourisme - Interprétariat, **Laboratoire Audio-Actif**

SUR CASSETTES ou DISQUES : Anglais - Allemand - Espagnol.

FORMATION PERMANENTE des entreprises

Séminaires - Laboratoire de Langues - Formation dans l'entreprise - Cours par correspondance.

Demandez la documentation gratuite F.P.P. 919 ou la visite de notre Formateur-Conseil

— E.U. - Promotion - 59 Bd. Exelmans
75781 Paris Cedex 16

BON D'ORIENTATION GRATUIT N° 919

Nom.prénom _____
Adresse _____

Niveau d'études _____ âge _____
Diplômes _____

INITIALES DE LA BROCHURE DEMANDEE

919

Profession envisagée

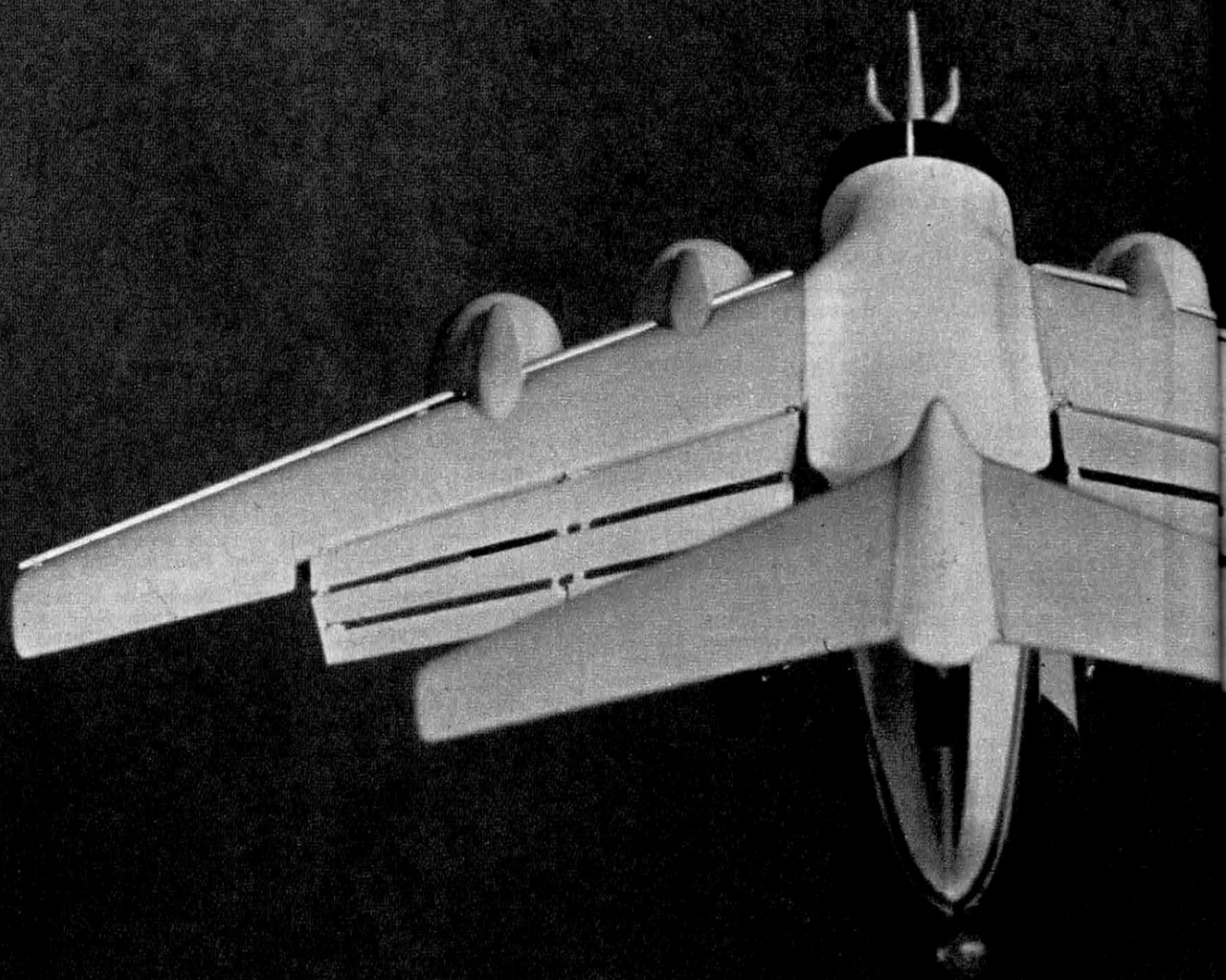
**ECOLE UNIVERSELLE
PAR CORRESPONDANCE**

59 Bd.Exelmans 75781Paris Cedex 16

43, RUE WALDECK-ROUSSEAU
69-LYON 6e
14, CHEMIN FABRON - 06-NICE
15 r. des PENTENTIS BLANCS
31 000-TOULOUSE

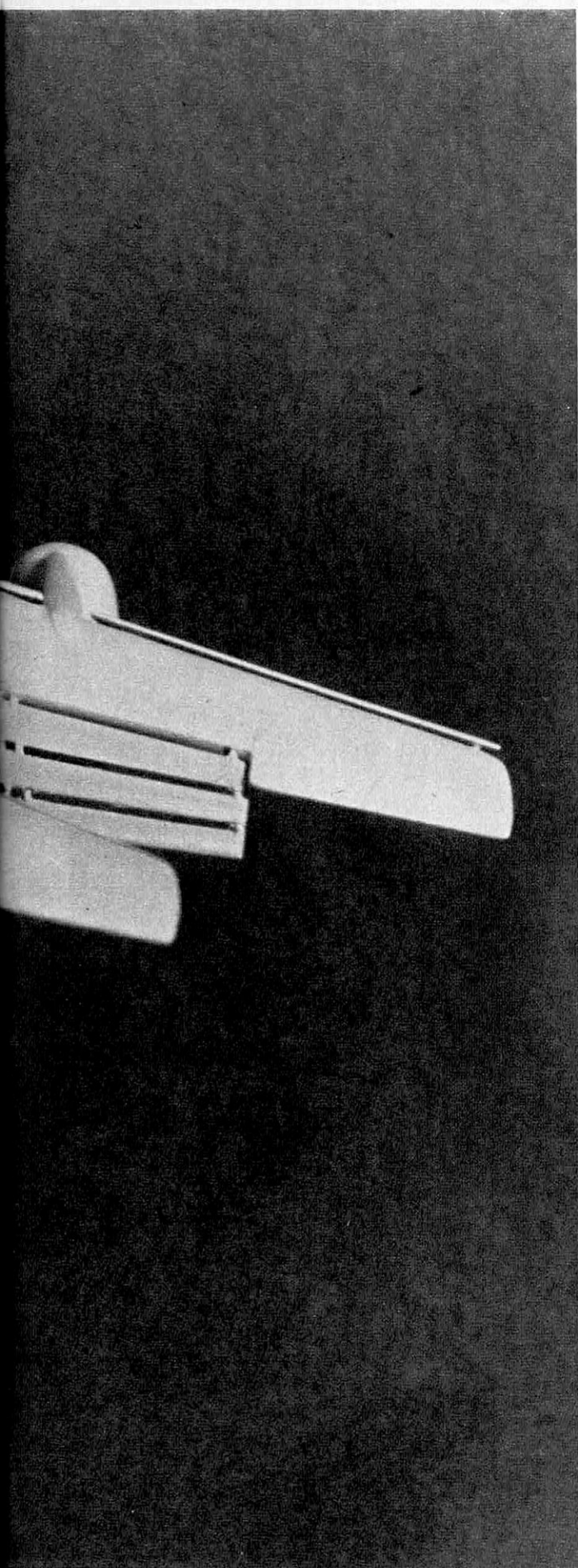
HORIZON 1985

Une nouvelle génération d'avions gros porteurs ?



Il y a une quinzaine d'années, le prototype Alar Volant ouvrait la voie aux recherches sur des avions à décollage court ou vertical. Depuis, de nombreux prototypes ont volé, et un V/STOL de combat, construit en petite série, est devenu opérationnel. Les solutions techniques qu'il utilise ne sont cependant pas adaptables à des avions de ligne capables d'emmener 150 passagers. Ces appareils-là devront avant tout être silencieux, pour que l'implantation de « STOLports » près des grandes agglomérations devienne une réalité.

Le programme QSTOL n'a pas eu de chance. A cause des restrictions de crédits alloués à la NASA, cet avi



L'actuel encombrement des aéroports dans le monde entier est tel que l'on peut être fasciné par les possibilités des avions à décollage et atterrissage court ou vertical. Tout le monde a vu évoluer de ces appareils, ou au moins deux d'entre eux : le Bréguet 941 et le Hawker-Siddeley Harrier. Le Bréguet 941 a volé dans tous les ciels, emmenant à l'intérieur de son fuselage plus de 100 passagers, tout en décollant et atterrissant sur des pistes très largement inférieures à 300 m. Le Harrier a souvent décollé et atterri rigoureusement à la verticale avant de s'élancer en vol supersonique.

Si les manœuvres de tels appareils sont parfaitement réussies, il ne semble pas pourtant qu'ils aient connu tous les développements qu'on aurait pu espérer.

A coup sûr, il y a des motifs à cela... Le Bréguet 941 est-il trop encombrant ? ou trop bruyant ? est-il mal adapté ? Le Harrier est-il, lui aussi, trop bruyant ? Son prix de revient est-il trop élevé ?

Les difficultés actuelles sont essentiellement d'ordre technique. On s'efforce toutefois de les résoudre, et il est certain que le décollage court ou vertical doit finalement s'implanter, avec un marché potentiel qui reste à définir avec précision.

Les appareils correspondants ont déjà des noms : le décollage court est désigné STOL (expression française : ADAC, avion à décollage et atterrissage court) ; le décollage vertical correspond à la formule VTOL (vertical take off and landing), ou ADAV (expression française : avion à décollage et atterrissage vertical).

QUELQUES PRINCIPES DE BASE

Un avion se maintient en vol à condition que la force aérodynamique de sustentation, dirigée verticalement vers le haut, soit suffisante pour équilibrer son poids. Cette force aérodynamique est essentiellement proportionnelle à trois facteurs : la surface de l'aile ; le coefficient de sustentation, qui dépend du profil et de son angle d'incidence par rapport aux filets d'air ; la vitesse de l'avion.

C'est-à-dire que, pour décoller un avion sur une distance courte, donc à vitesse faible ou éventuellement nulle, il faut augmenter le coefficient de sustentation ou bien disposer d'une

aile de plus grandes dimensions.

On peut effectivement augmenter l'angle d'incidence de l'aile, mais on reste limité car, au-dessus d'une vingtaine de degrés, les filets d'air décollent et la sustentation diminue. Quant à l'augmentation des dimensions de l'aile, c'est une formule relativement peu intéressante, car l'avion devient trop lourd et encombrant, et surtout plus instable sous l'action d'un vent latéral. A tel point qu'un avion de ce type aurait du mal à se poser sur des pistes courtes. A défaut d'une force aérodynamique, il faut utiliser une poussée verticale, constituée par le jet des gaz d'échappement d'un ou de plusieurs turboréacteurs. Cette fois, la poussée est facilement contrôlable, orientable dans toutes les directions. La Snecma a démontré la validité de la formule avec son Atar Volant, dont le premier vol piloté eut lieu le 14 mai 1957.

A partir de cette expérimentation, on a envisagé l'utilisation de plusieurs turboréacteurs de sustentation à axe vertical, ou bien la déviation des jets de turboréacteurs en position classique, afin de fournir la poussée nécessaire pendant les phases du décollage ou de l'atterrissage, l'aile devenant porteuse au fur et à mesure que la vitesse de translation augmente.

UNE PREMIERE GENERATION

Dès 1950, des études furent entreprises afin de mettre sur les marchés civil et militaire des appareils à décollage court ou vertical.

Une première génération d'appareils portait sur de très nombreuses réalisations, ce qui prouve l'intérêt considérable qu'on attachait déjà au développement d'une telle formule.

L'EWR Sud-VJ 101 (Allemagne Fédérale) possédait des turboréacteurs basculants servant à la fois à la sustentation et à la translation, avec, pour principal inconvénient, la difficulté de réaliser la phase de transition entre le vol vertical et le vol de translation.

Le Mirage V Balzac de Dassault était équipé de turboréacteurs différents pour la sustentation et la translation, ce qui éliminait la difficulté de la transition.

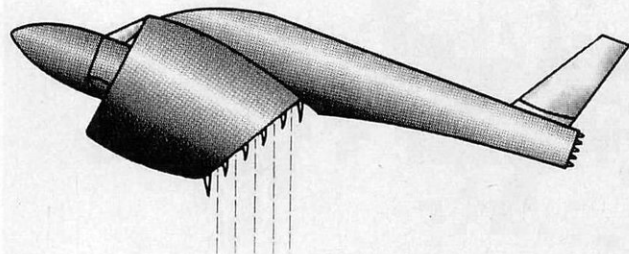
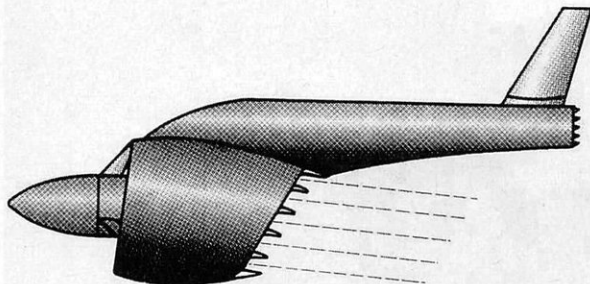
Le Dornier DO-31 (Allemagne Fédérale) avait une formule encore plus souple, avec des turboréacteurs de sustentation, plus des turboréacteurs à déflecteurs de jet servant à la fois à la sustentation et à la translation ; il y avait ainsi au décollage un apport de poussée grâce aux déflecteurs, sans trop accroître le nombre (déjà élevé) des turboréacteurs de sustentation. Une solution semblable a été utilisée sur le plus récent de ces appareils, le VAK 191 B de VFW-Fokker (Allemagne Fédérale).

Le Hawker-Siddeley P 1127 Harrier (Grande-Bretagne) est équipé d'un turboréacteur double-flux unique à axe horizontal (le célèbre Bristol Pegasus), lequel est muni de tuyères orientables, autrement dit de déviateurs de jet.

Avec une formule différente, le Ryan Vertifan (U.S.A.) a utilisé des turboréacteurs de propul-



Autre victime récente de la réduction des fonds d'état, le Vak 191 B du groupe VFW-Fokker. Ce



Sur l'Aérodyne de Dornier, une série de volets orientables permet de dévier le flux d'une soufflante vers l'arrière ou vers le bas.



V/STOL était prévu comme appareil d'appui tactique. A la manière du Harrier, il comportait des

réacteurs de sustentation et un réacteur de propulsion à tuyères orientables Rolls-Royce/MTU.

sion avec turbosoufflantes de sustentation entraînées par la détente des gaz d'échappement. Sur le Curtiss-Wright X-19 A (U.S.A.), on a installé des hélices basculantes.

Sur le Canadair CL 84 (Canada), ce sont les ailes que l'on a basculées, avec les moteurs incorporés.

Sur le Nord 500 (France), on a basculé des hélices carénées.

Sur le Lockheed C 130 (U.S.A.), on a utilisé un dispositif de contrôle de la couche-limite.

Sur le Bréguet 941 (France), on a installé une voilure hypersustentée dans le souffle des quatre hélices.

Presque toutes ces formules ont été plus ou moins abandonnées, et cela pour des raisons diverses : accidents, difficultés de contrôle, bruit, prix...

Les appareils qui semblent avoir le mieux réussi sont toutefois :

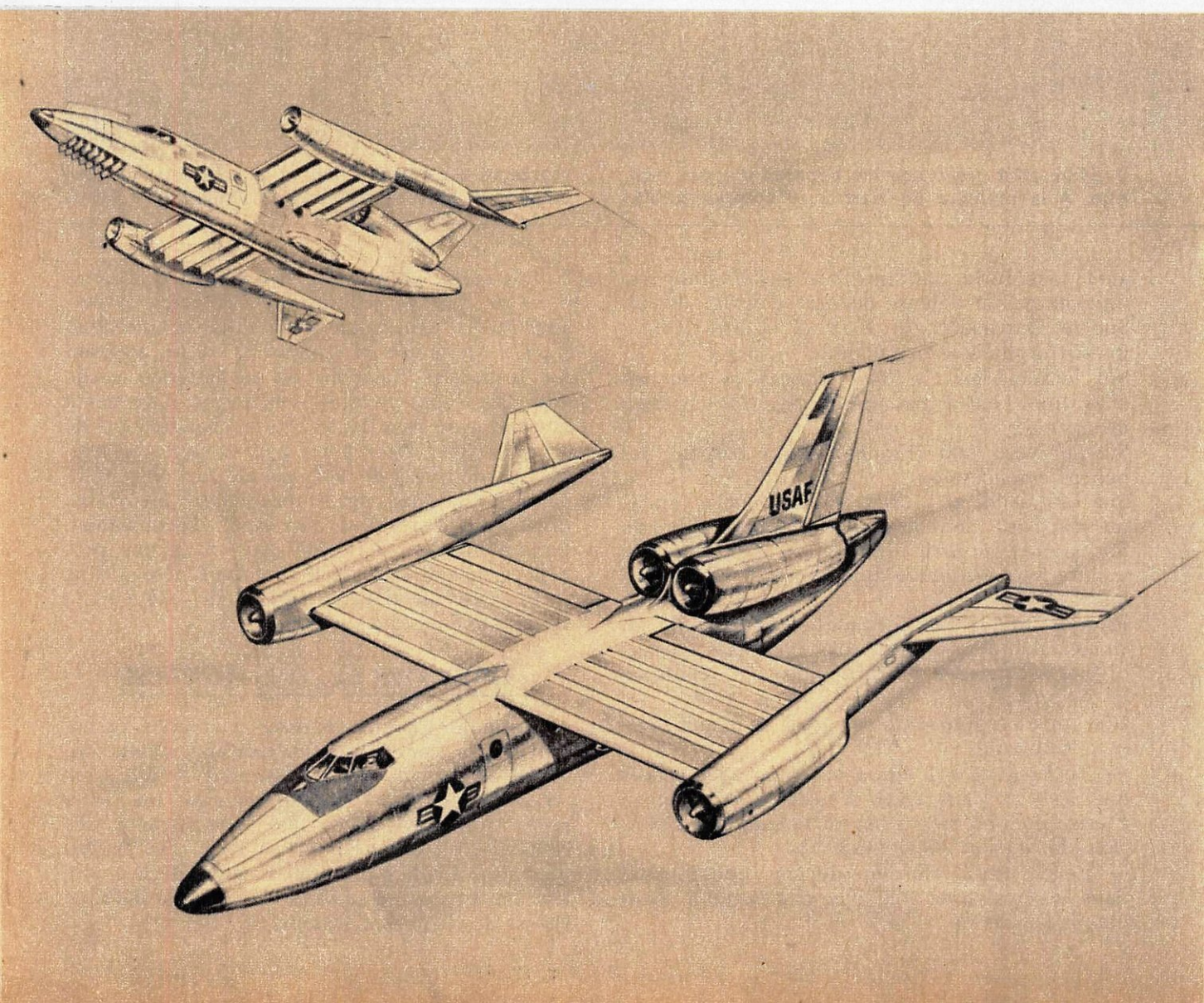
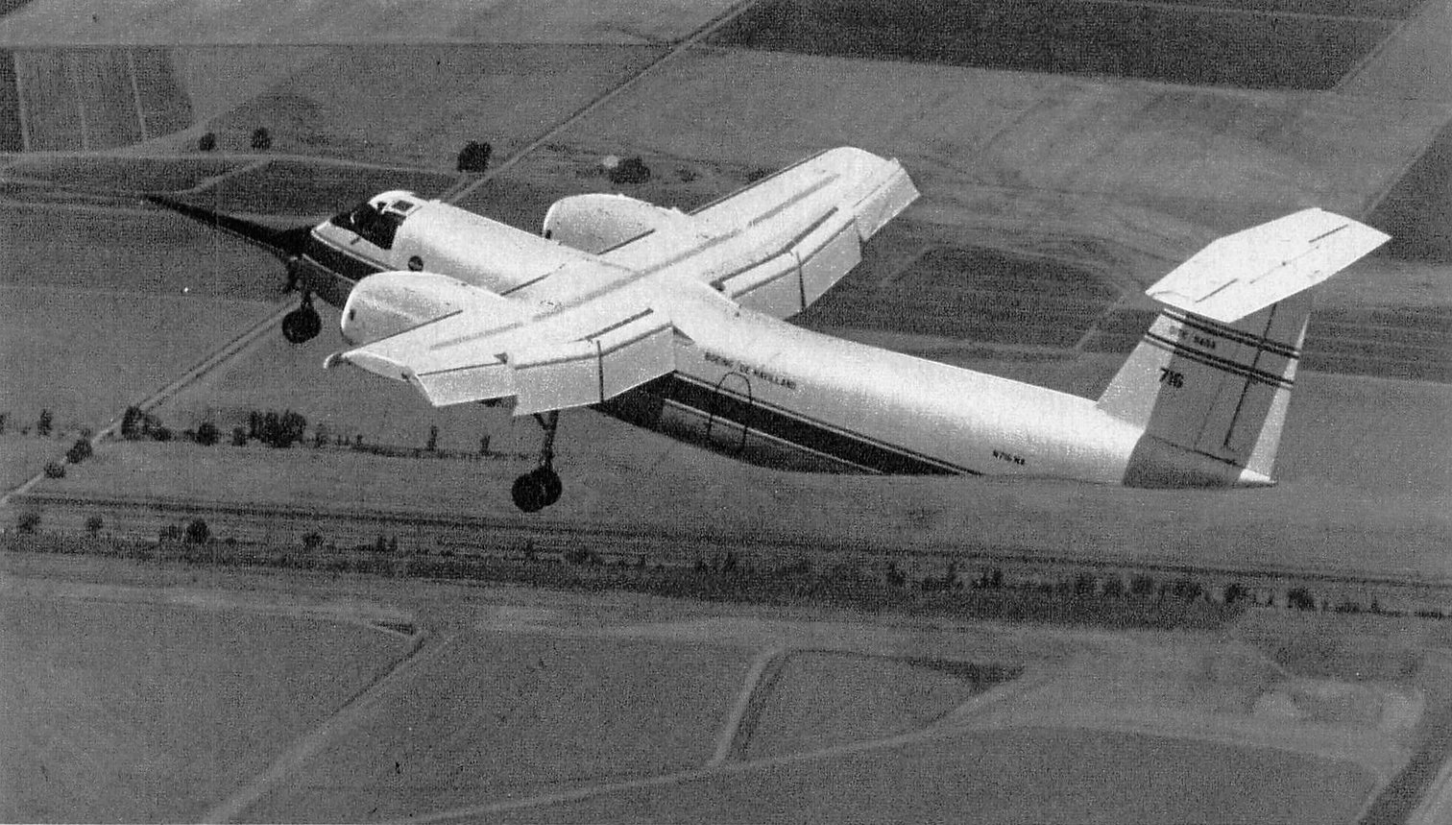
— le Bréguet 941, qui a accompli avec succès une série de campagnes d'essais, aussi bien en France qu'à l'étranger (en particulier aux U.S.A. dans la version McDonnell 188).

— Le P 1127 Harrier, devenu opérationnel dans la Royal Air Force avec une centaine d'appareils en service.

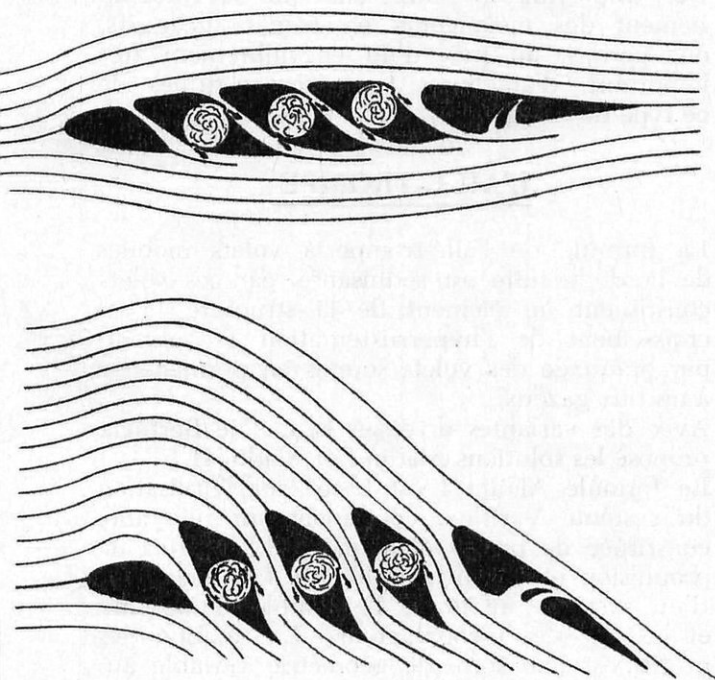
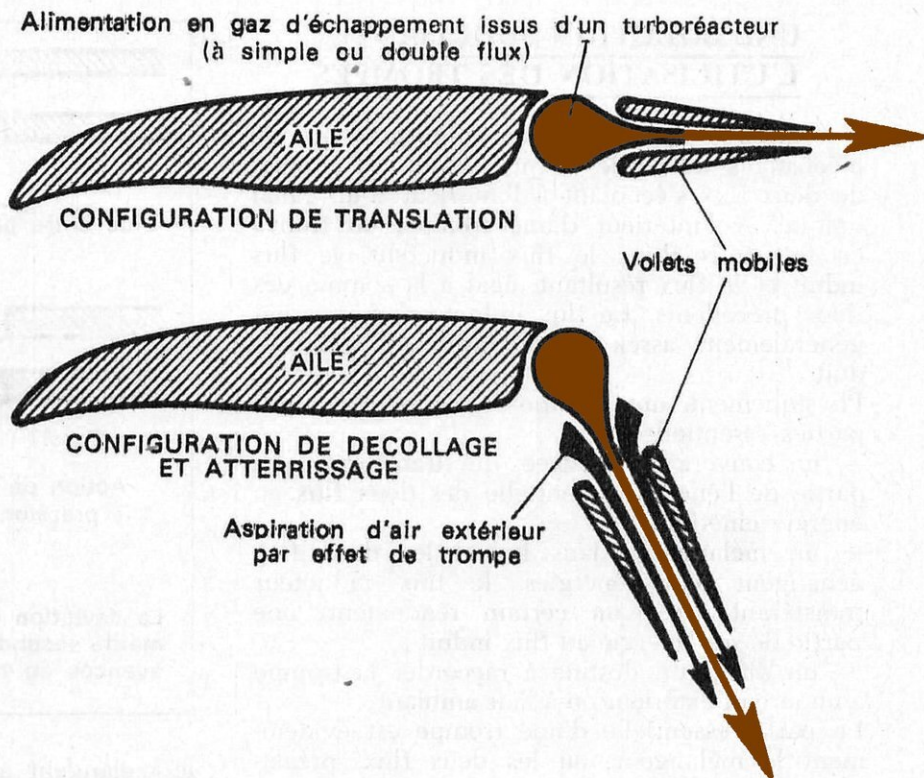
En variante, mais cette fois sans aile, l'Aérodyn de Dornier (Allemagne Fédérale), actuellement en expérimentation sous la direction du Dr Alexandre M. Lippisch, est un appareil sur lequel les fonctions de sustentation et de propulsion sont réunies sous forme d'un canal interne avec soufflante. Sans changement de configuration, l'Aérodyn peut couvrir la totalité du domaine de vol, depuis le vol stationnaire jusqu'à la vitesse maximale. Des volets, disposés à l'extrémité du canal d'écoulement, permettent une déflexion plus ou moins prononcée du jet. L'appareil prototype pèse 430 kg et est entraîné par un moteur de 375 ch. Sa soufflante a un diamètre de 1,10 m.

TIRER DES LEÇONS DU PASSE

A la suite des nombreux essais accomplis, on est arrivé à la conclusion que certains points devaient être revus. Sur le plan civil, il faut assurer avant tout une grande sécurité, un faible niveau de bruit, ainsi que l'abaissement des coûts d'exploitation. Pour ce faire, des études plus approfondies des équipements, de la motorisation, et des possibilités de contrôle à faible vitesse devaient être entreprises.



Ce prototype expérimental, en page de gauche, a été obtenu par la NASA à partir d'un De Havilland Buffalo modifié. L'appareil, équipé de deux réacteurs double-flux, est doté d'un système d'hyper-sustentation de type particulier. De l'air prélevé sur le flux secondaire des propulseurs est canalisé à travers l'épaisseur de l'aile et distribué au bord de fuite sur des volets spéciaux où il agit par effet de trompe. Le principe de cette aile-trompe est représenté en page de droite. Avec des variantes, importantes, le principe de la trompe est appliqué aussi sur le prototype Aladin II étudié en France par Bertin. Dans ce cas, en particulier, c'est l'effluent des réacteurs qui sert de flux « inducteur » à l'intérieur d'une trompe plate placée sous l'aile.



Le Variflux étudié par Bertin consiste en une série de profils élémentaires orientables, en place de la voilure. Les gaz de combustion des propulseurs, éjectés tangentiellement à chacun des profils, agissent par effet de trompe sur l'écoulement. Le braquage et l'écartement maxima des profils entraînent un effet de sustentation marqué au décollage et à l'atterrissage. Le repli des profils restitue une voilure sensiblement normale en vol de croisière. En page de gauche, un projet d'appareil militaire fonctionnant sur un principe voisin, étudié par Bell, aux Etats-Unis.

Aujourd'hui, parmi les tendances techniques, on peut retenir essentiellement deux axes :

- d'abord, la recherche d'une hypersustentation simple en profitant d'une motorisation à double ou même triple flux, aussi silencieuse que possible ;

- ensuite, la transformation des hélicoptères en appareils « combinés » ou « convertibles ».

Afin d'obtenir une hypersustentation certaine, plusieurs solutions sont à l'étude :

- soufflage de l'aile sur le Bréguet 942, version améliorée du Bréguet 941 ;

- soufflage des volets d'aile et d'empennage sur le Shin Meiwa SS 2 (Japon) ;

- système « Augmentor Wing Flaps », de De Havilland (Canada), sorte d'aile-trompe à volets rétractables correspondant à une intégration moteurs/aile ;

- système à trompe Bertin (France), avec éventuellement utilisation d'une aile-trompe, solution ressemblant à la précédente ;

- système CTA (Cold Thrust Augmentation) de Bell, aux U.S.A., avec aile-trompe alimentée par un flux d'air froid ;

- utilisation de jets battants (brevet de la Société Charles Marchetti, France) ;

- soufflante silencieuse à pas variable, telle que celles développées actuellement chez Rolls-Royce et à la Snecma.

Quant à l'utilisation des appareils à voilure tournante, elle donne lieu actuellement à des essais systématiques qui font l'objet d'un autre article de ce numéro.

Quel que soit le système adopté pour obtenir l'hyper-sustentation souhaitée, l'aile doit rester à faible allongement.

UNE SOLUTION SEDUISANTE : L'UTILISATION DES TROMPES

Une trompe fonctionne par la mise en œuvre d'échanges d'énergie se produisant au contact de deux flux s'écoulant à l'intérieur d'un canal unique. A l'intérieur d'une trompe, on trouve en fait trois flux : le flux inducteur, le flux induit et le flux résultant, égal à la somme des deux précédents. Le flux inducteur, à pression généralement assez élevée, aspire le flux induit.

Physiquement, une trompe se compose de trois parties essentielles :

- un convergent d'entrée, qui transforme une partie de l'énergie potentielle des deux flux en énergie cinétique ;

- un mélangeur, dans lequel les deux flux échangent leurs énergies, le flux inducteur transférant, avec un certain rendement, une partie de son énergie au flux induit ;

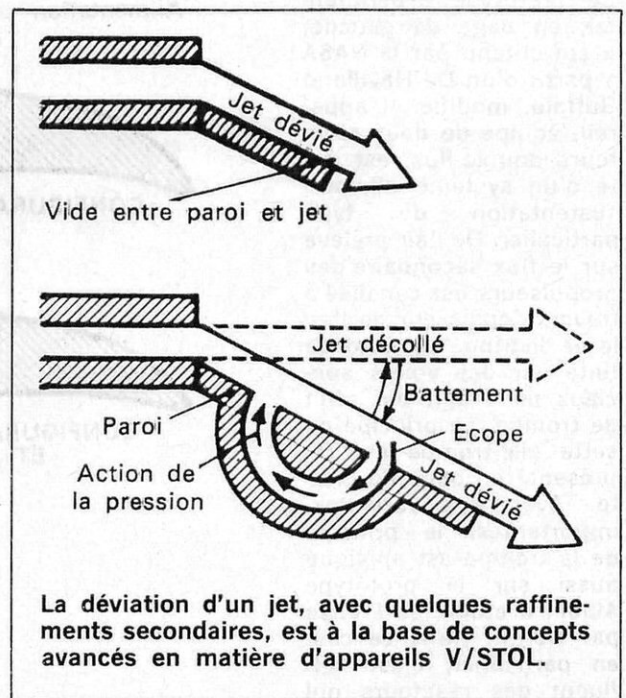
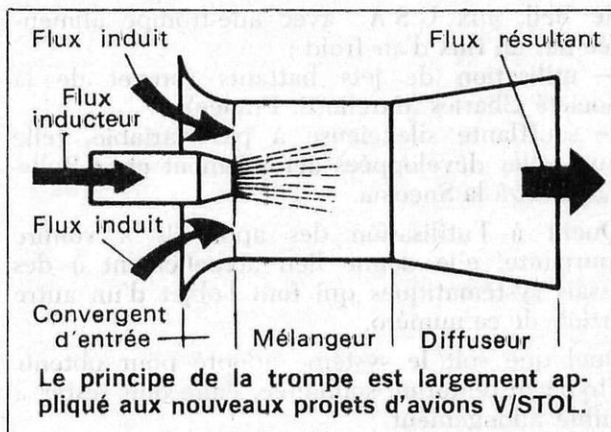
- un diffuseur, destiné à raccorder la trompe à un circuit extérieur ou à l'air ambiant.

La partie essentielle d'une trompe est évidemment le mélangeur, où les deux flux, préalablement accélérés, sont mis tangentiuellement en présence.

Le rendement d'une trompe est d'autant plus élevé que la vitesse de l'écoulement induit est plus grande ; toutefois, cette vitesse s'estompe très vite car les pertes par frottement augmentent rapidement. On aboutit à un maximum de rendement qui est, en général, assez faible.

Dans le convergent d'entrée, surtout s'il est assez court et ne comporte pas de développements de surface inutiles, les pertes par frottement sont faibles. Dans le mélangeur, en plus des pertes par mélange, on trouve celles résultant des frottements sur les parois, ainsi que celles dues au fait que le mélange n'est pas complètement terminé à la sortie. Dans le diffuseur, on trouve des pertes par frottement et par décollement, ces dernières étant d'autant plus élevées que le profil des vitesses à l'entrée est plus mauvais.

En disposition classique, on aboutit à deux optima géométriques : un pour le diffuseur, avec un angle au sommet de 7° ; l'autre pour



le mélangeur avec une longueur de l'ordre de 6 à 8 diamètres.

Des dispositifs spéciaux, tels que le fractionnement des mélangeurs en étages successifs, ont permis, au prix d'un encombrement très important, d'améliorer les caractéristiques de ce type de trompe.

L'AILE-TROMPE

La formule de l'aile-trompe à volets mobiles de bord de fuite est séduisante, car ces volets constituent un élément de la structure ; l'accroissement de l'hypersustentation est obtenu par braquage des volets soumis en permanence à un flux gazeux.

Avec des variantes diverses, la société Bertin a proposé les solutions Aladin I et Aladin II.

La formule Aladin I est basée sur l'utilisation du système Variflux, combinant sur une aile, constituée de profils élémentaires, les effets de propulsion et de sustentation. Il s'agit, en fait, d'un système intégrant l'ensemble d'une aile et les jets des turboréacteurs. La rotation des profils est une sorte de géométrie variable autorisant un écart de vitesse important entre le décollage et le vol de croisière.

En formule Aladin II, il y a production d'un effet de trompe sur des fentes balayées par le jet de turboréacteurs à simple ou, mieux, à double flux. Ce projet fait actuellement l'objet d'un contrat d'étude de la part des services officiels français, car il répond au souci de mettre au point un système de sustentation et propulsion silencieux, facilement accessible et permettant des décollages et atterrissages sur courtes distances.

Le choix s'est porté sur des turboréacteurs à taux de dilution modéré, ce qui permet une insonorisation plus facile, les gaz chauds étant

noyés dans un flux d'air frais. A l'arrière de chaque turboréacteur, une tuyère spéciale produit un mélange homogène à l'intérieur d'une trompe rectangulaire, ce qui donne un important gain de poussée au décollage, avec soufflage des volets hypersustentateurs et réduction du bruit à l'éjection ; la formule actuellement retenue est à quatre turboréacteurs, par mesure de sécurité.

Des essais sur maquette se déroulent actuellement à l'O.N.E.R.A. et au Centre d'essais des propulseurs. Les résultats obtenus sont très encourageants. Il est même envisagé de monter un dispositif de ce type sur un avion existant. Le choix s'est porté sur un biturbopropulseur Nord 262, que l'on équiperait de deux turboréacteurs double-flux Larzac de la Snecma.

Par ailleurs, la firme North American Rockwell doit faire voler dans le courant 1973 le prototype XVF 12 A, à double voilure (une à l'avant, l'autre à l'arrière de l'appareil), avec effet de trompe sur l'arrière de chaque aile : ce projet nous paraît intéressant.

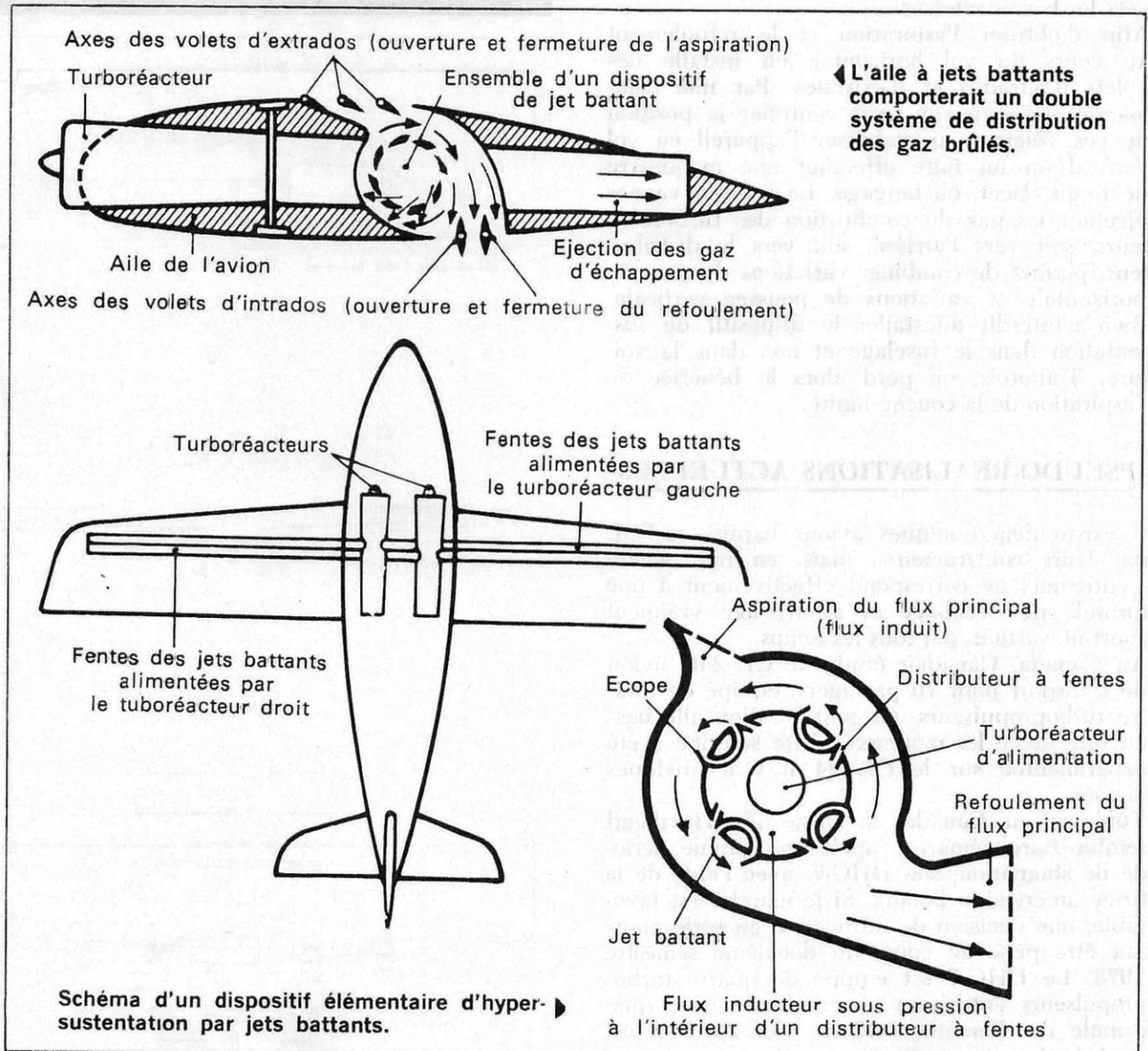
L'AILE A JETS BATTANTS

Le principe de la trompe connaît une variante importante avec le système des jets battants du docteur Laufer, qui a fait l'objet d'un brevet de la société Charles Marchetti. Il se caractérise par son extrême simplicité.

Le principe de base est double. D'une part, un jet fluide est dévié de sa trajectoire lorsqu'il est soumis à l'influence d'un jet secondaire dont la direction est différente de la sienne. D'autre part, un jet peut « coller » à une paroi presque tangentielle à sa trajectoire, le vide créé entre le jet et la paroi ayant pour effet d'attirer le jet. C'est l'effet Coanda, bien connu en mécanique des fluides.

Si on ménage sur la paroi une « écope » récupérant une partie du jet dévié pour créer une pression en amont, il y a décollement de la paroi. L'écope n'étant plus alimentée, le jet « colle » à nouveau et le cycle recommence. On a un système de jets battants.

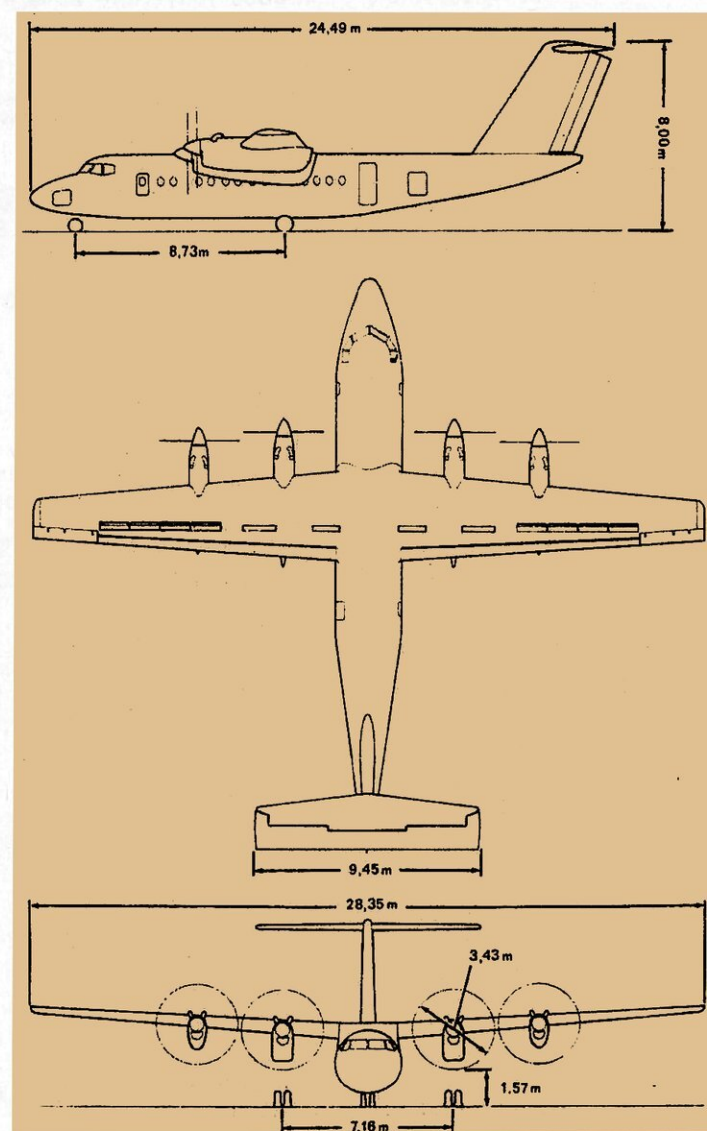
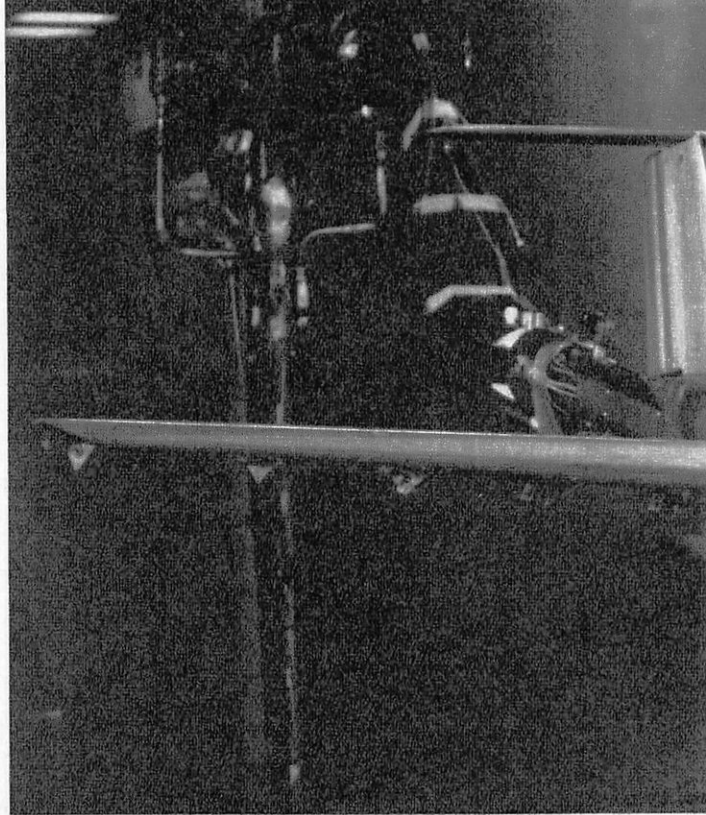
En aéronautique, le flux principal, prélevé sur



l'air ambiant, sera entraîné par effet de trompe par un flux secondaire — ou inducteur — éjecté par les fentes d'un distributeur de forme circulaire installé par exemple dans la voilure. Dans la paroi du distributeur, alimenté par les gaz d'échappement des turboréacteurs, sont ménagées des écopés. Dans ces conditions, le flux inducteur qui vient se coller au distributeur se transforme en jet battant (plusieurs dizaines de battements par seconde). En résulte un flux inducteur tourbillonnaire qui aspire et comprime avec énergie le flux principal.

Grâce à une vanne spéciale, les gaz d'échappement des turboréacteurs peuvent être éjectés, soit vers l'arrière, en translation, soit vers les distributeurs pour le décollage court ou vertical. Pratiquement, on installera un jet battant au moins dans chaque demi-aile, de façon que l'aspiration s'effectue à l'extrados et le refoulement à l'intrados. Dans ces conditions, la portance résulte non seulement du refoulement de l'air à l'intrados, mais aussi de l'aspiration de la couche-limite à l'extrados. Le décrochage des filets d'air se trouve ainsi retardé vers les basses vitesses.

Afin d'obturer l'aspiration et le refoulement au cours du vol horizontal, on installe des volets d'intrados et d'extrados. Par une commande adéquate, on peut contrôler la position de ces volets pour stabiliser l'appareil en vol vertical ou lui faire effectuer une manœuvre de roulis, lacet, ou tangage. Le jeu des vannes éjectant les gaz de combustion des turboréacteurs, soit vers l'arrière, soit vers le distributeur, permet de combiner variations de poussée horizontale et variations de poussée verticale. Rien n'interdit d'installer le dispositif de sustentation dans le fuselage et non dans la voilure. Toutefois, on perd alors le bénéfice de l'aspiration de la couche-limite.

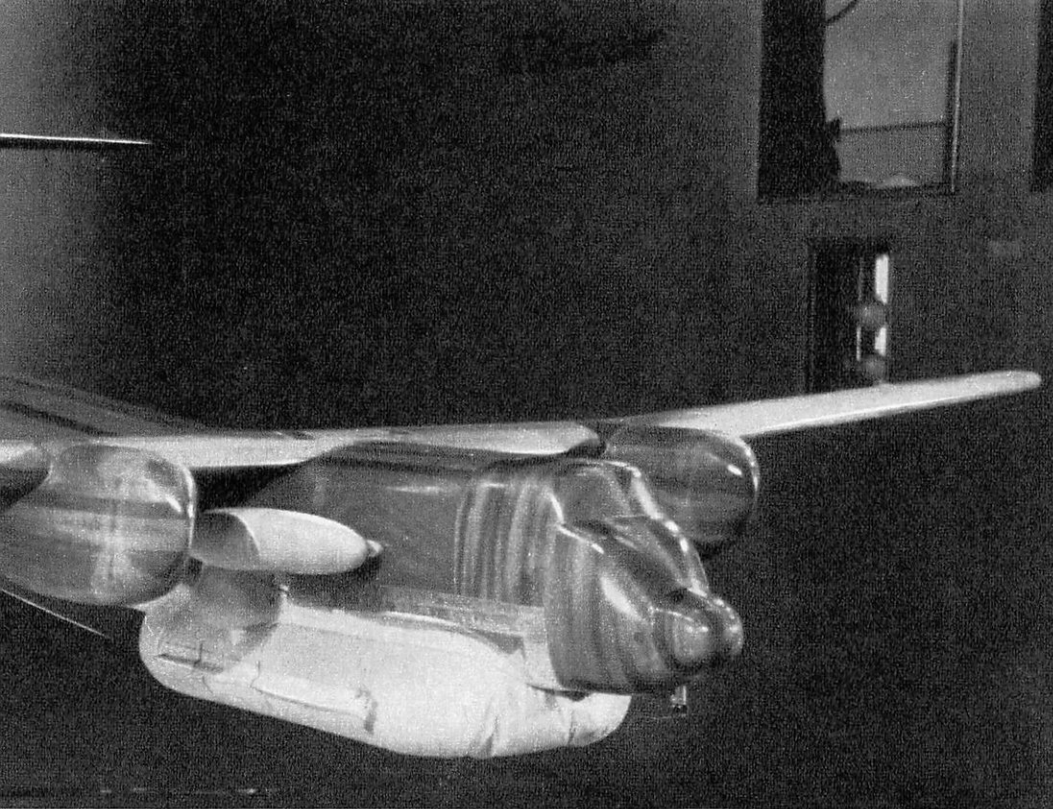


PSEUDO-REALISATIONS ACTUELLES

Il existe déjà quelques avions baptisés STOL par leurs constructeurs, mais, en fait, aucun d'entre eux ne correspond effectivement à une formule de décollage et atterrissage vraiment court ni, surtout, par tous les temps.

Au Canada, Canadair étudie le CL 246, avion de transport pour 70 passagers, équipé de quatre turbopropulseurs, en configuration aile basculante (avec les moteurs). Cette solution a été expérimentée sur le CL 84 il y a quelques années.

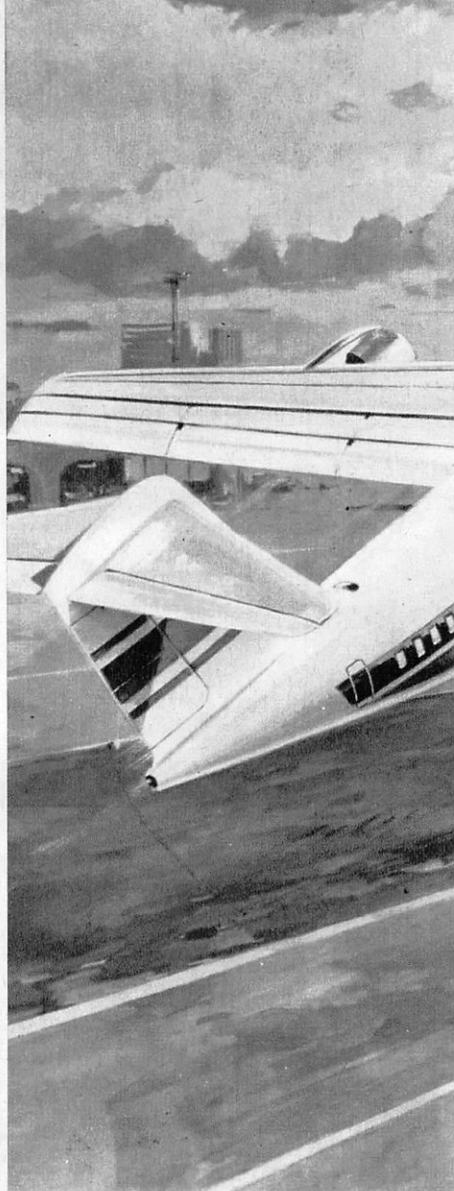
Toujours au Canada, la firme De Havilland semble faire démarrer, après une longue période de stagnation, son DHC-7, avec l'aide de la firme américaine Boeing. Si le marché est favorable, une décision de fabrication en série pourrait être prise au cours du deuxième semestre 1973. Le DHC-7 est équipé de quatre turbopropulseurs entraînant chacun une hélice quadripale de diamètre 3,43 m. Cet appareil est équipé de dispositifs hypersustentateurs avec



L'avion sur coussin d'air, étudié aux Etats-Unis par Bell Aerospace, pourrait être une solution partielle au décollage et à l'atterrissage sur courtes distances (mais probablement pas au bruit, dont se plaignent déjà les riverains des aéroports). Il permettrait, au moins, de s'affranchir de terrains très élaborés et coûteux.



L'avion quadriturbine DHC-7, de De Havilland-Canada, est proposé pour les liaisons intervilles. Ses hélices à grand diamètre (voir plan trois-vues) lui assurent un bas niveau de bruit. La construction de série pourrait démarrer bientôt.



A la manière du Bréguet 941 dont le sort n'a pas été très heureux, le petit biturbine Nomad utilise le souffle de ses hélices sur des volets hypersustentateurs, au décollage et à l'atterrissage. Au poids d'un peu plus de 3,5 t, il décolle sur 140 m. Ce pourrait être un appareil de servitude intéressant pour le marché civil.

On sait encore peu de choses du projet A 904 de l'Aérospatiale française (à droite). L'hypersustentation de sa voilure serait assurée par le souffle de quatre réacteurs M. 45 Rolls-Royce, SNECMA. Le A 904 est prévu pour 130 passagers. Il s'agirait donc bien d'un STOL « gros-porteur » et doté de propulseurs « silencieux ».

des volets larges à fente double s'étendant sur 80 % de l'envergure. Les pales d'hélice, à régime de rotation relativement faible, ce qui se traduit par une diminution du bruit, sont en matière synthétique renforcée de fibre de verre. Avec 18 600 kg au décollage, la charge marchande est de 4 800 kg et l'avion a une autonomie de 1 200 km.

Par ailleurs, cette même firme De Havilland-Canada expérimente un dispositif d'atterrissage sur coussin d'air afin de pouvoir utiliser une grande variété de terrains non aménagés. Ce dispositif ajoute ses effets à celui de l'inversion du pas des hélices. A la partie inférieure du fuselage est installé un boudin élastique de forme allongée. De l'air s'échappe par de nombreux petits orifices et, à l'atterrissage, maintient l'avion un peu au-dessus du sol ou de l'eau. Les essais doivent débuter cette année sur un appareil militaire Buffalo CC 115. En vol de translation, le boudin est normalement rétracté, et son gonflage est provoqué par des moteurs spéciaux actionnant un ou plusieurs ventilateurs de soufflage.

Avec des dispositifs spéciaux d'hypersustentation installés sur toute l'envergure, le Cessna



Skymaster (U.S.A.), de 2 130 kg au décollage, est annoncé pour une faible vitesse de roulement au décollage et à l'atterrissage.

Le Cessna 421 A Golden Eagle, avec une solution semblable, décolle à 3 100 kg et roule au sol sur environ 250 m. C'est un R/STOL, R pour Robertson, auteur d'un brevet de volets spéciaux, ou « flaps », destinés à un rôle hypersustentateur.

Avec une aile soufflée et des dispositifs hypersustentateurs sur toute l'envergure, le prototype australien Nomad 22, construit par les Government Aircraft Factories, a été très remarqué à Farnborough en septembre 1972. Pesant 3 630 kg au décollage, il emmène 13 passagers et décolle après 140 m de roulage. Pour l'atterrissage, 120 m suffisent. L'aile et les volets hypersustentateurs sont soufflés par les deux hélices des deux turbopropulseurs Allison de 400 ch. Le Nomad 24, version série destinée au marché civil, devrait être homologué fin 1973.

Egalement avec deux turbopropulseurs et aile soufflée, la société Air Metal (Allemagne Fédérale) compte faire voler en 1973 un prototype C 111- Lifter, appareil de 5,7 à 6,2 t destiné au

transport de 20 passagers. Les turbopropulseurs, fabriqués en France par Turboméca, sont des Astazou XIV de 1 100 ch.

A côté de ces quelques réalisations, la plupart d'ailleurs seulement au stade prototype ou pré-série, il nous faut évoquer certains projets.

Le A 904 de l'Aérospatiale française est intéressant. Doté d'une hypersustentation importante, il est dessiné autour d'une voilure à faible allongement placée dans le souffle de quatre turboréacteurs Snecma-Rolls-Royce M 45 à double flux et silencieux ; d'un poids de 51 t au décollage, il pourra transporter 130 passagers vers les années 1980. Il est prévu pour des pistes de 580 m.

Un autre projet, britannique celui-ci, le Hawker Siddeley HS 146, prévu comme avion de transport, pourrait voler en 1975.

LES STOL DE 1985

Un fait est certain : il faut mettre au point des appareils STOL pour le marché des liaisons intervilles. Mais ces appareils devront répondre à certaines conditions.

Celle, d'abord, de disposer de turboréacteurs silencieux pour pouvoir opérer à proximité des villes en respectant la législation actuelle et future. Cette diminution du bruit résultera en partie de l'utilisation de matériaux absorbants sur l'entrée d'air et la tuyère d'éjection et, en tout cas, de l'adoption de turboréacteurs double-flux. En ce qui concerne ces moteurs, l'adoption de soufflantes à pas variable contribuera à une réduction du bruit.

En ce qui concerne la voilure, l'allongement doit rester dans des limites acceptables afin que l'avion ne soit pas trop sensible aux rafales lorsqu'il évolue à faible vitesse.

Si la création d'une poussée dirigée vers le bas est un moyen très sûr pour faire décoller un avion sur de très courtes distances et contrôler facilement sa stabilité, l'utilisation de jets de gaz d'échappement des turboréacteurs n'a pas connu de grands développements. La cause principale est le bruit créé par l'éjection des gaz vers le bas.

La nécessité d'un allongement modeste de l'aile aussi bien que les contraintes relatives au bruit donnent à penser que des solutions du genre aile-trompe ou jets battants sont particulièrement bien adaptées à la création d'une génération complète d'appareils à décollage court ou vertical.

Les appareils actuellement classés STOL constituent un pas vers les transports commerciaux de demain, mais le véritable STOL, à sustentation toujours parfaitement contrôlée même à faible vitesse, capable, donc, de se poser silencieusement sur quelques dizaines de mètres, n'existe pas encore. Les travaux en cours laissent néanmoins supposer qu'en 1980, cet avion-là volera, ouvrant la voie à des appareils commerciaux de tonnage respectable.

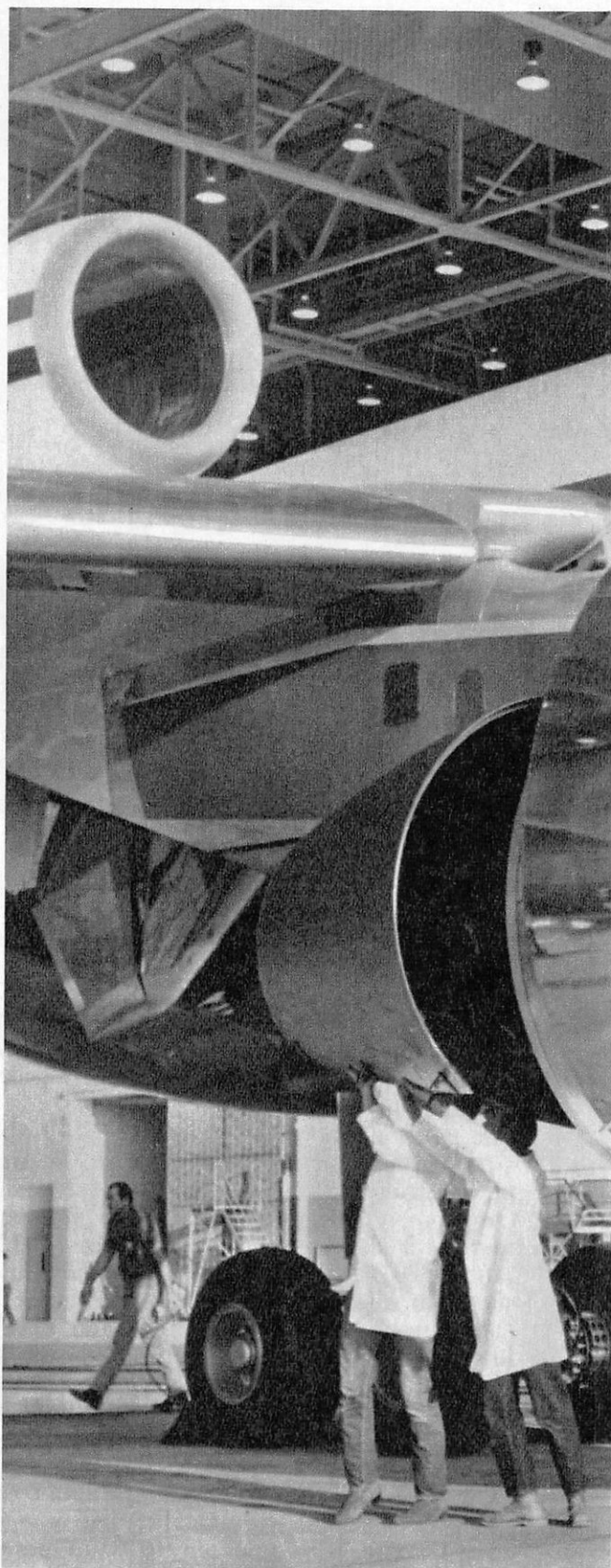
Pierre LEFORT

Vingt-cinq ans de propulsion

Le premier turboréacteur construit en grande série pour la propulsion des avions fut le Rolls-Royce « Derwent » qui fit son apparition en 1945 sur le Gloster Meteor et développait une poussée de 1814 kg. Depuis cette date, près de trente ans se sont écoulés et la technique de la propulsion par réaction, comme tout ce qui concerne l'aéronautique, a considérablement évolué. Aujourd'hui, si des avions de transport géants comme le Boeing 747 ont pu être conçus, c'est grâce, notamment, à la disponibilité de moteurs dont la poussée dépasse 20 tonnes. Il n'est donc pas sans intérêt de retracer l'évolution de la technologie des moteurs, avant d'examiner les nouveaux progrès qu'il est possible d'attendre au cours des prochaines années.

Deux paramètres suffisent pour marquer les étapes de l'évolution dans le domaine des turboréacteurs : le rapport poussée/poids et, à un degré moindre, et surtout pour les turboréacteurs à usage civil, la consommation spécifique.

En vingt ans, le rapport poussée/poids a pratiquement doublé alors que la consommation spécifique était divisée par deux. Si l'on examine par exemple la propulsion des avions de transport, le premier turboréacteur conçu à cette fin fut le De Havilland « Ghost » qui équipait le Comet I et développait 2 250 kg de poussée pour un poids de 700 kg, ce qui donnait un rapport poussée/poids de 3,2. Aujourd'hui, le General Electric CF 6, dont une version équipe l'Airbus A-300 B, offre une poussée de 22 250 kg pour un poids de 4 500 kg, environ, soit un rapport poussée/poids de 5. Les mêmes évolutions peuvent être observées pour les moteurs militaires, si l'on compare par exemple le Rolls-Royce « Nene » et le Pratt et Whitney F 100. Au plan de la consommation spécifique, l'amélioration est surtout sensible sur les moteurs civils, où l'on est passé des 1,05 kg/kgp/h du Ghost aux 0,55 kg/kgp/h du CF-6 ou du Pratt et Whitney JT 9-D.

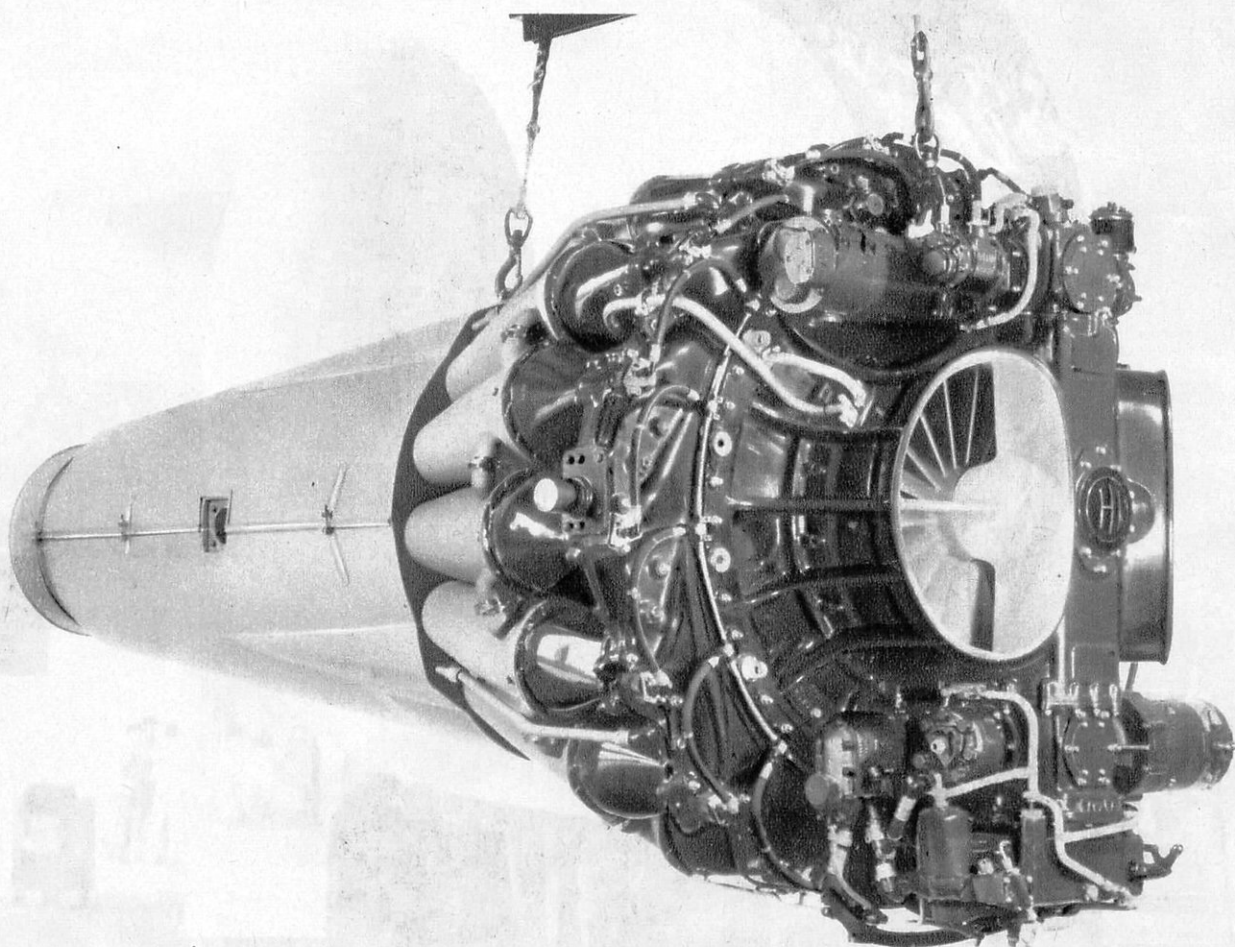
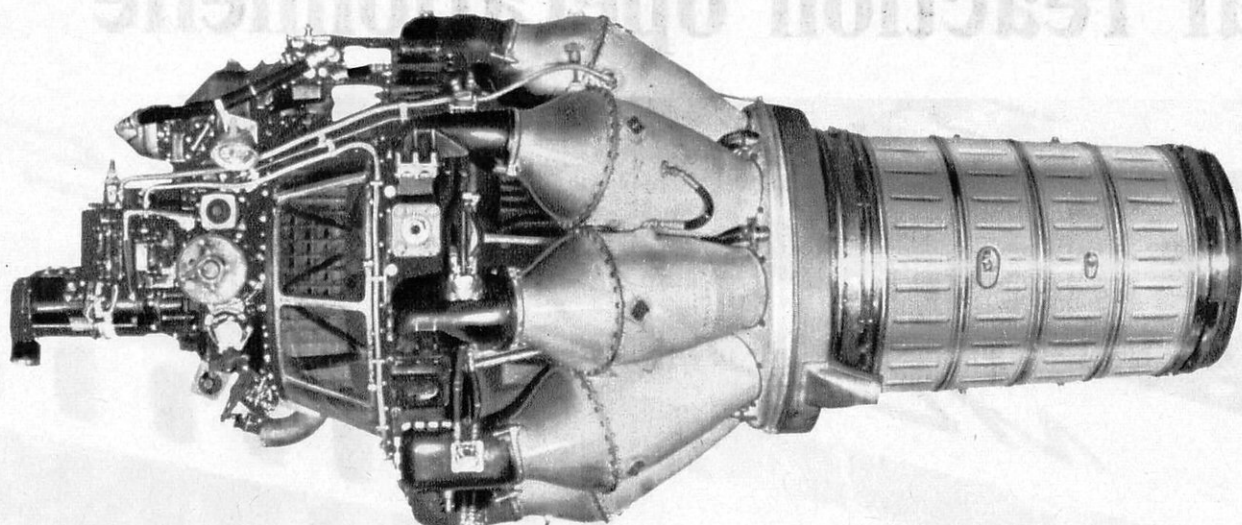


par réaction opérationnelle



Le CF 6 - 6 D de General Electric (18 t de poussée) : l'ainé d'une respectable famille.

DES ANCETRES AUX SILHOUETTES TRES CARACTERISTIQUES



En haut de page, le Nene de Rolls-Royce, qui développait 2 270 kg de poussée dans sa version de base. Ce réacteur militaire connut un succès considérable. Construit sous licence en France et aux Etats-Unis, il fut copié en U.R.S.S. En bas de page, le Goblin, de De Havilland, d'où dérivait le Ghost, premier réacteur à équiper un avion de transport civil (le Comet I de la même firme).

Tous ces gains de performances sont liés à une succession de progrès techniques qui ont affecté les principaux organes du turboréacteur, compresseur, chambre de combustion et turbine.

L'ACCROISSEMENT DU TAUX DE COMPRESSION

Les premiers turboréacteurs comportaient des compresseurs centrifuges. Très vite, il devint clair que l'amélioration du rendement, nécessitant des rapports de compression élevés, impliquait le recours au compresseur axial. Une figure p. 48 montre l'évolution du taux de compression au cours des vingt-cinq dernières années. On voit que, même avec les compresseurs axiaux, une limite apparaît aux alentours de 10 ; elle est liée au fait qu'une augmentation trop forte du rapport de pression entraîne un décrochage des aubes, d'où un pompage du compresseur.

Pour aller au-delà, une première solution a consisté à décomposer le compresseur en deux éléments entraînés chacun par une turbine différente, de telle sorte que les vitesses de rotation de ces deux éléments puissent varier indépendamment ; le Pratt et Whitney JT-3 fut le premier réalisé suivant cette conception, qui s'est largement développée depuis. Des rapports de pression légèrement supérieurs à 12 ont pu être obtenus ainsi. Une seconde méthode fait appel à la variation d'incidence des aubes de stator sur certains étages du compresseur. Seuls, généralement, les premiers étages comportent des staturs à incidence variable, mais sur le General Electric GE 4 qui avait été étudié pour le long-courrier supersonique Boeing 2707, cette technologie devait être appliquée non seulement sur les premiers, mais aussi sur les derniers étages. Des rapports de pression supérieurs à 20 peuvent être atteints de cette façon.

DES TEMPÉRATURES DE COMBUSTION PLUS ÉLEVÉES

La poussée d'un turboréacteur croît évidemment avec l'apport de chaleur dans la chambre de combustion. Des progrès sensibles ont été enregistrés dans le dessin des chambres de combustion, où l'on est passé de la formule des chambres en barillet à celle des chambres annulaires. Dans le même temps, la longueur de la chambre était progressivement réduite, entraînant un gain de poids, non seulement pour elle-même, mais par ses répercussions sur d'autres éléments du réacteur, tels que l'arbre reliant turbine et compresseur, les différents carters, etc.

Les plus récentes chambres étudiées par la NASA permettent des rapports carburant/air très proches de la valeur stoechiométrique et, par suite, des températures de combustion de l'ordre de 2 500 °K. Malheureusement, le niveau des températures de combustion est limité par la tenue des ailettes de turbine, alors qu'elles

sont en outre soumises à des contraintes mécaniques élevées. Depuis 1950, les recherches, tant dans le domaine des matériaux que dans celui du refroidissement interne des ailettes, ont permis de porter la température d'entrée turbine de 1 000 °K à près de 1 600 °K. C'est ce que montre la seconde figure p. 48.

Au plan des matériaux, on est passé progressivement des alliages à base de nickel avec additions de chrome et de cobalt (comme les Nimonic), à des alliages à base de cobalt avec additions de chrome. De plus, de nouvelles méthodes d'élaboration des alliages furent développées. Il y a quelques années, la mise en œuvre de matériaux composites, comme le bore-aluminium, a ouvert de nouvelles possibilités quant à la température.

Les progrès les plus notables ont en fait été obtenus par le recours au refroidissement interne des ailettes de turbine. Différentes techniques ont été étudiées : refroidissement par convection (par circulation d'air dans des canaux percés longitudinalement dans les ailettes) ; refroidissement par transpiration ; refroidissement par film liquide s'écoulant le long de la paroi.

Bien que les deux dernières méthodes soient les plus efficaces du point de vue thermique, elles sont actuellement laissées de côté au bénéfice du refroidissement par convection, dont l'influence est moindre sur le rendement de la turbine. L'air nécessaire est prélevé à un étage intermédiaire du compresseur, le débit variant entre 2 et 6 % du débit total du compresseur selon le nombre d'étages de turbine.

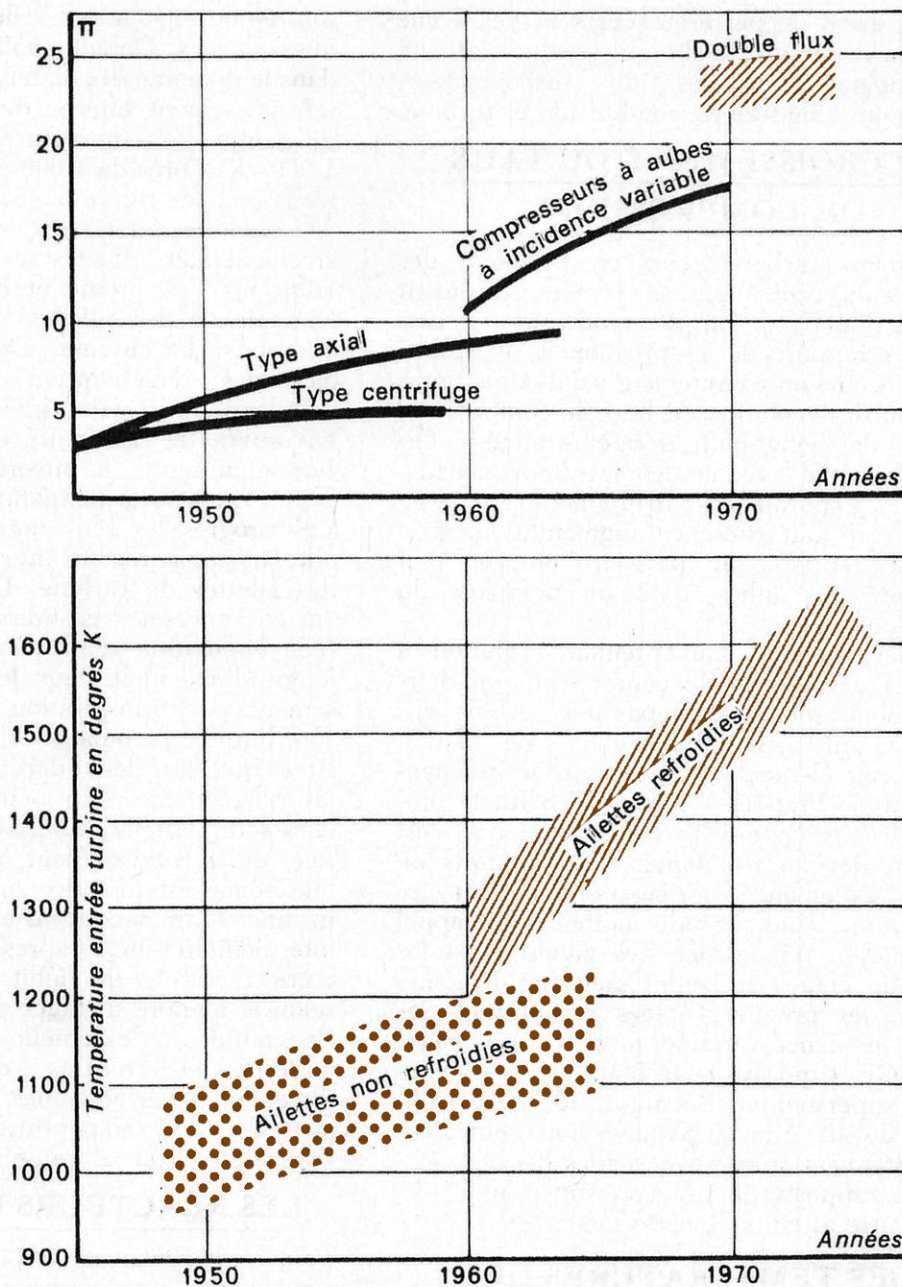
En combinant les améliorations prévisibles des matériaux et le recours à des procédés de refroidissement perfectionnés, on peut espérer atteindre des températures devant turbine de l'ordre de 1 700 °K au-delà de 1975.

LES RÉACTEURS DOUBLE-FLUX

Peu avant 1960, naquit l'idée, pour améliorer le rendement de propulsion, d'accroître le débit d'air aspiré par le moteur et de prélever une partie de ce débit à un étage intermédiaire du compresseur pour l'éjecter directement dans la tuyère. De ce fait, la vitesse d'éjection des gaz se trouvait abaissée, donc plus proche de la vitesse de vol de l'avion, et le rendement de propulsion était augmenté. Le premier moteur de ce type, le Rolls-Royce « Conway », ne présentait qu'un rapport de dilution relativement faible, de l'ordre de 0,7 (on désigne par rapport de dilution le rapport du flux d'air dérivé au flux principal).

Il apparut très vite avantageux d'augmenter ce rapport et, pour y parvenir, d'adjoindre au turboréacteur classique une soufflante de grandes dimensions dont une partie seulement du débit pénétrait dans le compresseur, la partie restante constituant le flux dérivé. Le taux de dilution s'est alors accru jusqu'à atteindre des valeurs supérieures à 5 sur les plus récents moteurs pour avions de transport subsoniques de grande capacité, qui comportent des soufflantes de 3 m de

Ces deux graphiques illustrent l'évolution au fil des années de deux paramètres essentiels, le taux de compression π , en haut, et la température à l'entrée de la turbine, en bas.



diamètre. De tels moteurs, comme le Pratt et Whitney JT9-D ou le General Electric CF 6, délivrent des poussées supérieures à 20 tonnes pour une consommation spécifique inférieure à 0,5 kg/kgp/h, soit moitié moins que les premiers turbo-réacteurs pour avions de transport.

La tendance vers des taux de dilution élevés s'est également manifestée dans le domaine des faibles poussées, comme en témoigne le Lycoming ALF 502 de 2 950 kg de poussée dont le taux de dilution atteint 6, ce qui lui vaut une consommation spécifique au point fixe de 0,417 kg/kgp/h ; ce moteur doit équiper le Dassault Falcon 30. Outre la réduction de consommation spécifique, la formule double-flux permet un abaissement notable du niveau de bruit. Aussi, est-elle maintenant pratiquement généralisée sur les avions de transport, y compris les avions d'affaires. Comme la présence de la soufflante entraîne un

accroissement du maître-couple du moteur, donc de sa traînée externe, certains moteurs de la gamme des faibles poussées se contentent de taux de dilution modérés, compris entre 2 et 3.

Les plus récents progrès dans le domaine des moteurs à soufflante ont porté sur la variation de pas des aubes. Cette technique permet de faire varier le taux de dilution du moteur, et par suite sa poussée, toutes choses égales par ailleurs ; elle fournit un moyen efficace d'inverser la poussée lors de la phase d'atterrissage. Toutes ces caractéristiques correspondent exactement aux besoins manifestés par les avions à décollage court. Cette technique encore très neuve n'a encore donné lieu qu'à peu de réalisations. Mentionnons l'Astafan de Turboméca, en signalant que des études poussées sont également effectuées chez Rolls-Royce et quelques autres.

DES DOUBLE-FLUX MILITAIRES

Dans le domaine des avions militaires, la formule double-flux tend également à s'implanter, mais avec des taux de dilution beaucoup plus faibles afin de maintenir le diamètre du moteur dans des limites raisonnables. C'est ainsi que l'un des plus récents turboréacteurs américains, le General Electric J-101, qui doit équiper le biréacteur léger Northrop P-600, présente un taux de dilution de 0,25 seulement. Le J-101 développe une poussée de 6 800 kg pour un poids de 820 kg, soit un rapport poussée/poids de 8,3 qui confère à l'avion des performances de décollage et d'atterrissage très intéressantes.

Certains moteurs militaires ont des taux de dilution plus élevés, lorsque leur consommation spécifique est un paramètre important. C'est le cas des moteurs pour avions devant effectuer des missions de pénétration à basse altitude.

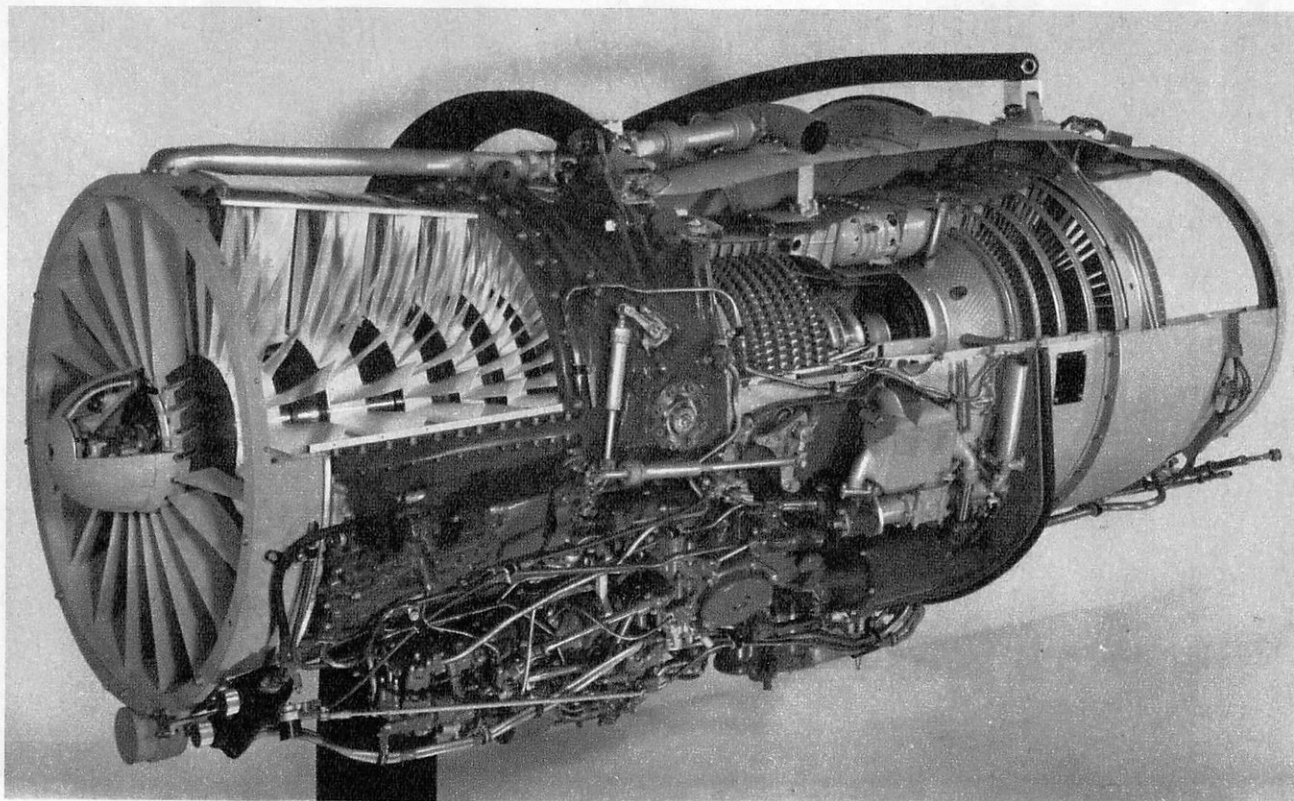
D'autres moteurs militaires sont conçus pour présenter, pour une poussée donnée, la plus grande compacité possible. Dans ce but, le nombre d'étages de compression est réduit, le rapport de pression étant obtenu par un accroissement de la vitesse de rotation du compresseur et de la soufflante. C'est ainsi que, sur le M-53 de la SNECMA, soufflante et compresseur entraînés par le même arbre tournent à une vitesse nominale de 10 200 tours/minute. On obtient ainsi un rapport de pression de 8,5 avec seulement huit étages de compression (souf-

flante à 3 étages plus compresseur haute-pression à 5 étages).

Avec sa formule monocorps, le M-53 se différencie d'ailleurs de la majorité des turboréacteurs double-flux qui présentent deux ensembles tournants séparés, voire trois sur certains moteurs Rolls-Royce comme le R.B.199, développé pour le Panavia 2000. Le R.B. 199 comporte une soufflante, un compresseur basse-pression et un compresseur haute-pression entraînés par trois turbines indépendantes. Cette complexité de construction trouve sa compensation dans une meilleure adaptation des caractéristiques de fonctionnement à l'ensemble du cycle moteur.

Vers 1960, lors des premières études d'avions à décollage et atterrissage verticaux, le développement de la formule double-flux conduisit aux moteurs à tuyères rotatives, dont Bristol-Siddeley développa plusieurs modèles. Dans ces moteurs, chacun des deux flux est éjecté par deux buses latérales, symétriques par rapport à l'axe du moteur, qui peuvent tourner sur elles-mêmes afin de faire varier l'orientation du jet entre l'horizontale vers l'arrière et la verticale vers le bas. On peut ainsi obtenir, soit une poussée pour la propulsion, soit une force de sustentation, et passer de manière progressive de l'une à l'autre.

Parmi les moteurs de ce type, celui qui a connu le meilleur développement est le BS 53 « Pégasus » qui équipe l'intercepteur britannique VTOL Hawker-Siddeley « Harrier » et produit



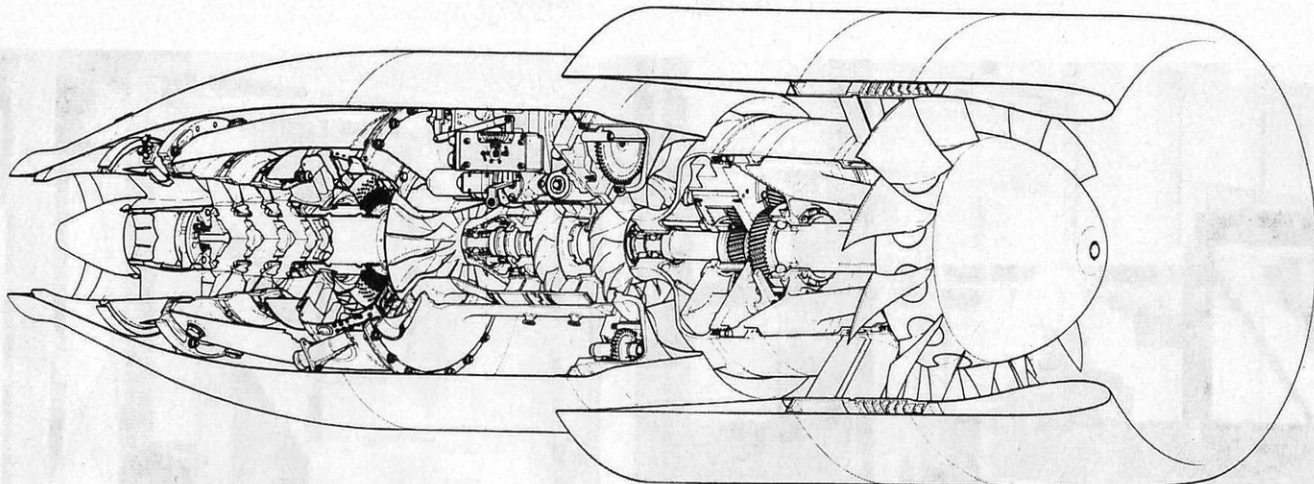
Un représentant de la première génération de réacteurs double-flux, au début des années 60. Il s'agit du Rolls-Royce Spey Mk 505 (4 470 kg

de poussée) qui fut monté sur les Trident I de la BEA. Des versions plus puissantes équipent le BAC 111 et le Grumman Gulfstream II.



Très caractéristique des moteurs les plus récents est la facilité de maintenance qu'autorise une construction modulaire. Le principe a été appliqué sur de très gros moteurs, comme le General

Electric C F-6 ou le Rolls-Royce RB-211, mais aussi sur de plus petits. Par exemple, sur le double flux à bas taux de dilution M-45 H (ci-dessus) construit en coopération Rolls-Royce-SNECMA.



Hamilton Standard, aux U.S.A., Dowty Rotol, en Grande-Bretagne, étudient des soufflantes à aubes d'incidence variable, mais le premier moteur ainsi

conçu à avoir volé était, au début de cette année, l'Astafan de Turboméca (ci-dessus), dérivé du turbopropulseur Astazou de la même firme.

une poussée de 9 750 kg dans sa deuxième version opérationnelle. Dans le cas de ce moteur, la rotation des buses est supérieure à 90° , ce qui permet d'obtenir, en même temps que la force de sustentation, une légère poussée vers l'avant. En vol quasi-stationnaire, l'avion peut évoluer dans toutes les directions, y compris à reculons. Néanmoins, les propulseurs à tuyères rotatives n'ont pas encore connu le succès espéré à leurs débuts.

LA POSTCOMBUSTION

Développée pour la première fois peu après 1950 sur le Pratt et Whitney J-48, la postcombustion ou réchauffe s'est pratiquement généralisée depuis à tous les moteurs destinés à des avions d'armes. Elle permet en effet d'accroître notablement la poussée sans entraîner une augmentation des dimensions transversales du moteur, donc de la traînée. Les principaux progrès dans le domaine de la postcombustion ont d'abord porté sur sa régulation qui peut être obtenue aujourd'hui sur une gamme étendue de poussées, alors que, dans les premiers temps, elle ne se faisait que par tout ou rien. Plus récemment, la postcombustion, qui avait uniquement concerné les réacteurs monoflux, s'est étendue à certains double-flux. Tel fut d'abord le cas du TF-30 de Pratt et Whitney dont la poussée passe de 6 080 à 8 390 kg avec la postcombustion sur le seul flux chaud.

Par la suite, les motoristes mirent au point l'application de la réchauffe sur les deux flux, solution adoptée notamment sur le M-53 de la SNECMA. L'augmentation de poussée est de près de 50 % pour les réacteurs monoflux et de plus de 80 % sur certains réacteurs double-flux, surtout lorsque la postcombustion intéresse les deux flux. Quant aux consommations spécifiques, elles sont évidemment majorées dans un rapport qui est généralement compris entre 2 et 3.

Il n'est jusqu'aux moteurs pour avions de trans-

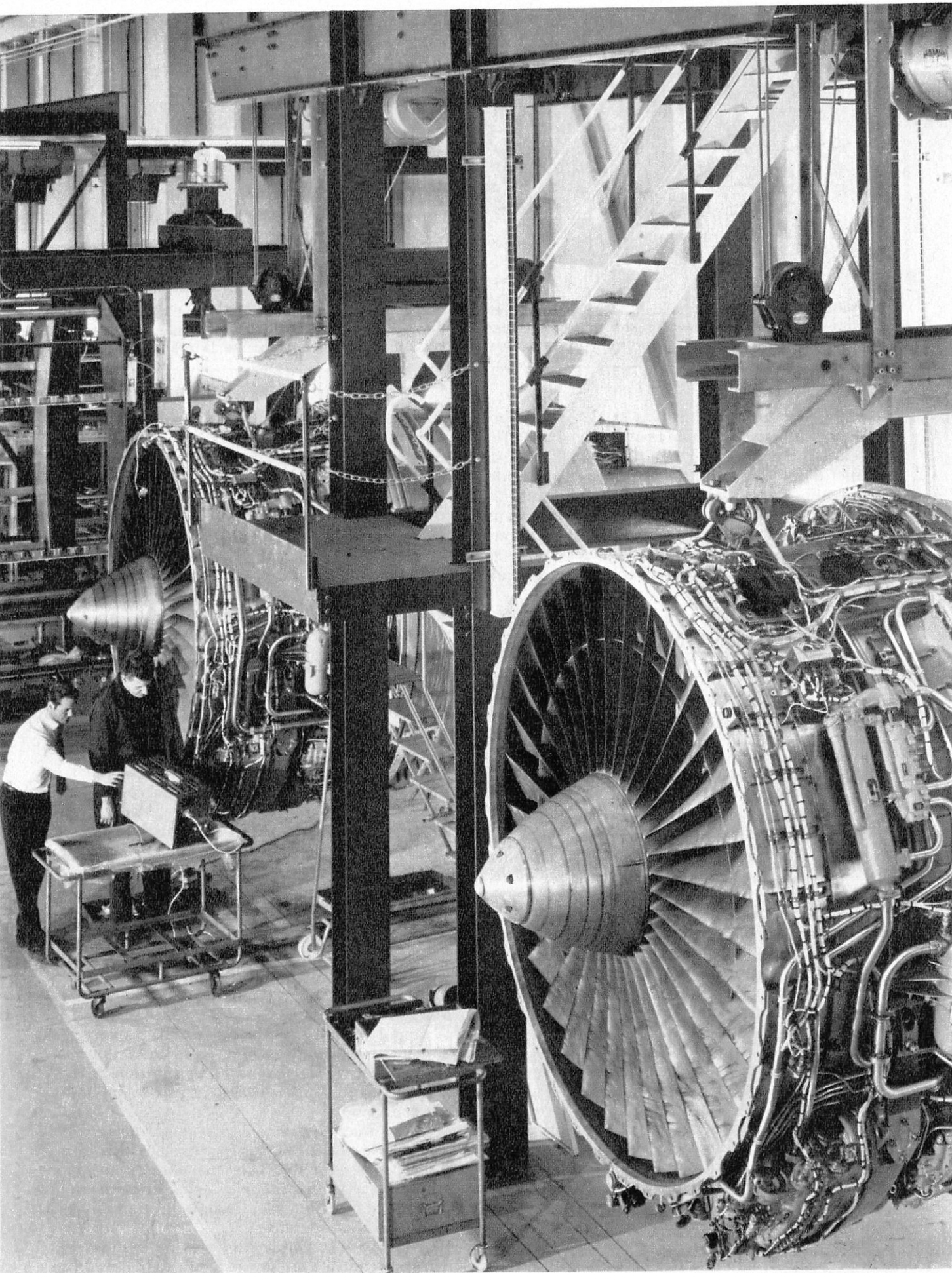
port supersoniques qui aient fait appel à la réchauffe pour accroître la poussée lors du franchissement de la zone transsonique. L'augmentation de poussée est certes moins importante que pour les réacteurs militaires : elle est de 13 % sur l'Olympus 593, qui est monoflux, et de 35 % sur le Kuznetsov 144, qui est double-flux. Le recours à la postcombustion implique pour le turboréacteur une tuyère à section variable, le rapport de détente, c'est-à-dire le rapport de la section de sortie à la section au col, devant varier en fonction du niveau de pression à l'entrée de la tuyère et des conditions de vol. Diverses formules de tuyères à section variable ont été proposées. L'une des plus utilisées est la tuyère à volets, dans laquelle le divergent se compose de volets multiples qui peuvent être braqués plus ou moins fortement. C'est la solution retenue pour l'Olympus 593. Citons également la tuyère à corps central, dans laquelle une pointe conique de même axe que la tuyère peut se déplacer longitudinalement, ce qui modifie les sections offertes au jet.

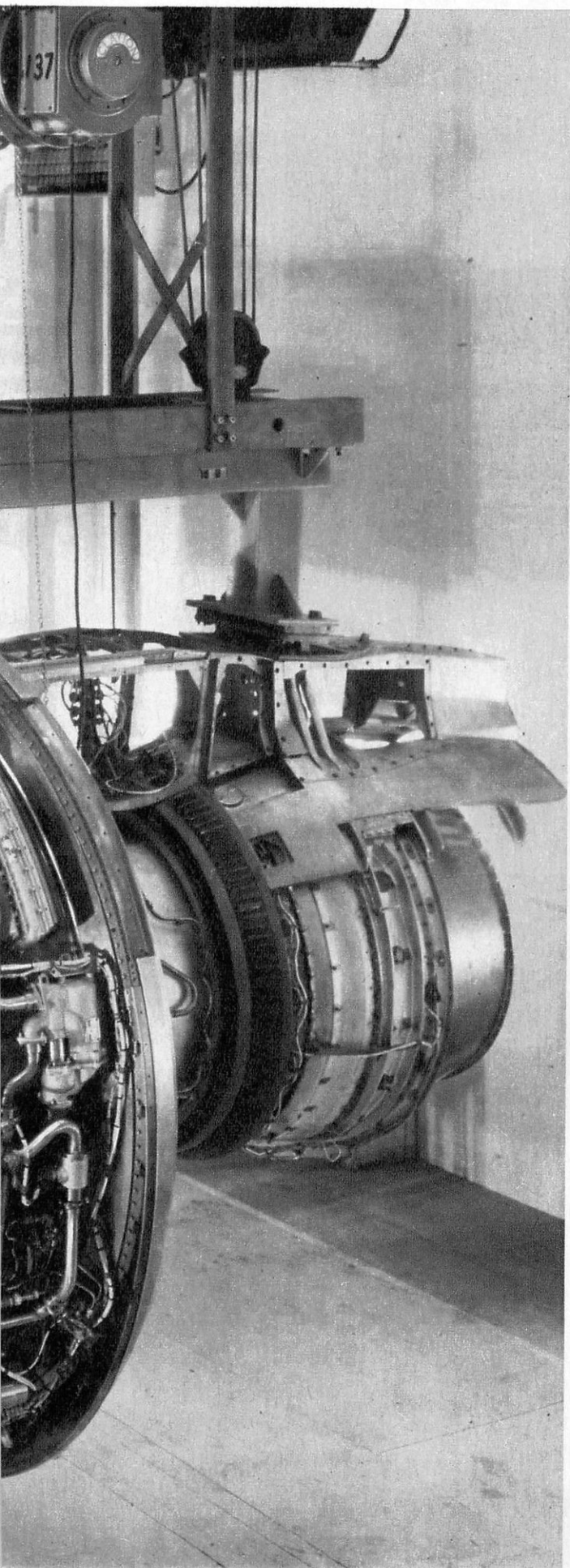
VERS DE NOUVEAUX MATÉRIAUX

Si l'on fait abstraction de toutes les études visant à la réduction du bruit, dont il est parlé par ailleurs dans ce numéro, les études avancées actuelles portent en premier lieu sur la mise en œuvre de matériaux nouveaux visant à accroître le rapport poussée/poids. Ces matériaux sont des composites à renforcement par fibres qui devraient trouver un champ d'application parfaitement adapté dans certains éléments de turboréacteur.

Si les premiers essais tentés avec des composites fibres de carbone — résine n'ont pas donné les résultats escomptés, des améliorations sont espérées dans un proche avenir. Il serait alors possible de réaliser des aubes de compresseur d'une grande légèreté.

Le composite constitué de fibres de bore noyées dans une matrice en aluminium a déjà été utilisé





par Pratt et Whitney pour les aubes fixes et mobiles du premier étage de la soufflante du F-100, destiné à l'intercepteur MacDonnell — Douglas F-15. De même, un composite fibres de bore — résine a fait l'objet d'essais pour la réalisation de disques de compresseur. En France, l'ONERA a effectué des recherches sur un composite fibres de carbone-aluminium pour lequel une méthode de fabrication simple et économique a été développée.

Notons encore par ailleurs l'emploi de matériaux sandwich pour certains éléments tels que tuyères ou revêtements absorbant le bruit. Ils comportent une âme en nid d'abeille ou en ondulé, prise entre deux tôles.

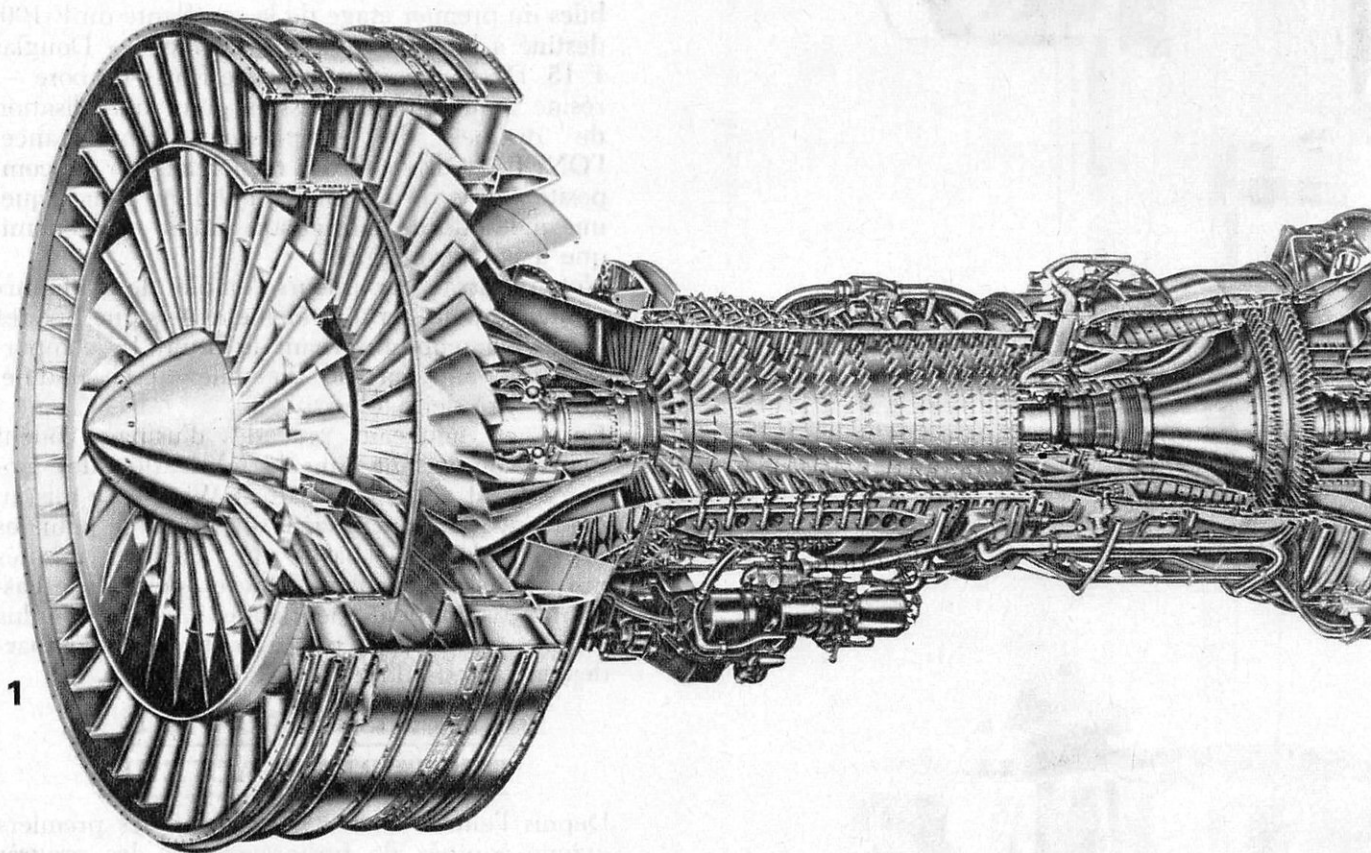
Enfin, de nouveaux procédés d'usinage jouent un rôle important dans la fabrication des moteurs. C'est ainsi que Pratt et Whitney a mis au point un nouveau procédé de forgeage pour les superalliages à base de nickel, réputés jusqu'alors intraitables. Dans le domaine de l'assemblage, on peut mentionner la part de plus en plus grande prise par le soudage par bombardement électronique.

LA MISE EN ŒUVRE DES TURBORÉACTEURS

Depuis l'entrée en service effectif des premiers avions équipés de turboréacteurs, des progrès importants ont été réalisés au plan de la mise en œuvre et de l'exploitation. Tout d'abord, l'élargissement des conditions de vol (vitesse, altitude) fit apparaître assez rapidement la nécessité d'optimiser le fonctionnement des turboréacteurs. En particulier, les réacteurs supersoniques comportent des entrées d'air et des tuyères à géométrie variable dont la configuration est évolutive au cours du vol. D'autre part, la température à l'entrée de la turbine doit être limitée et donc surveillée en fonction de la tenue des ailettes ; ce contrôle est obtenu par action sur le débit de carburant admis dans la chambre de combustion. Les progrès de l'électronique ont permis de réaliser des systèmes de régulation intégrant tous les paramètres à contrôler ; le recours à l'électronique a facilité la transmission à distance des mesures, permettant ainsi d'éloigner le régulateur des zones chaudes.

Quant à la tenue en service, la durée entre révisions a considérablement augmenté au cours des vingt-cinq dernières années. De 100 à 150 heures dans les premières années d'exploitation des turboréacteurs à usage civil, elle est passée à plus de 1 000 heures. Ce chiffre devrait encore s'accroître dans les années à venir grâce à la mise au point de dispositifs de détection permet-

Le RB-211, moteur à haut taux de dilution de la classe des 20 tonnes de poussée, a fait beaucoup parler de lui. Après l'abandon du composite à fibres de carbone Hyfil pour les aubes de la soufflante avant, les moyeux en titane ont à leur tour, récemment, provoqué des incidents graves.



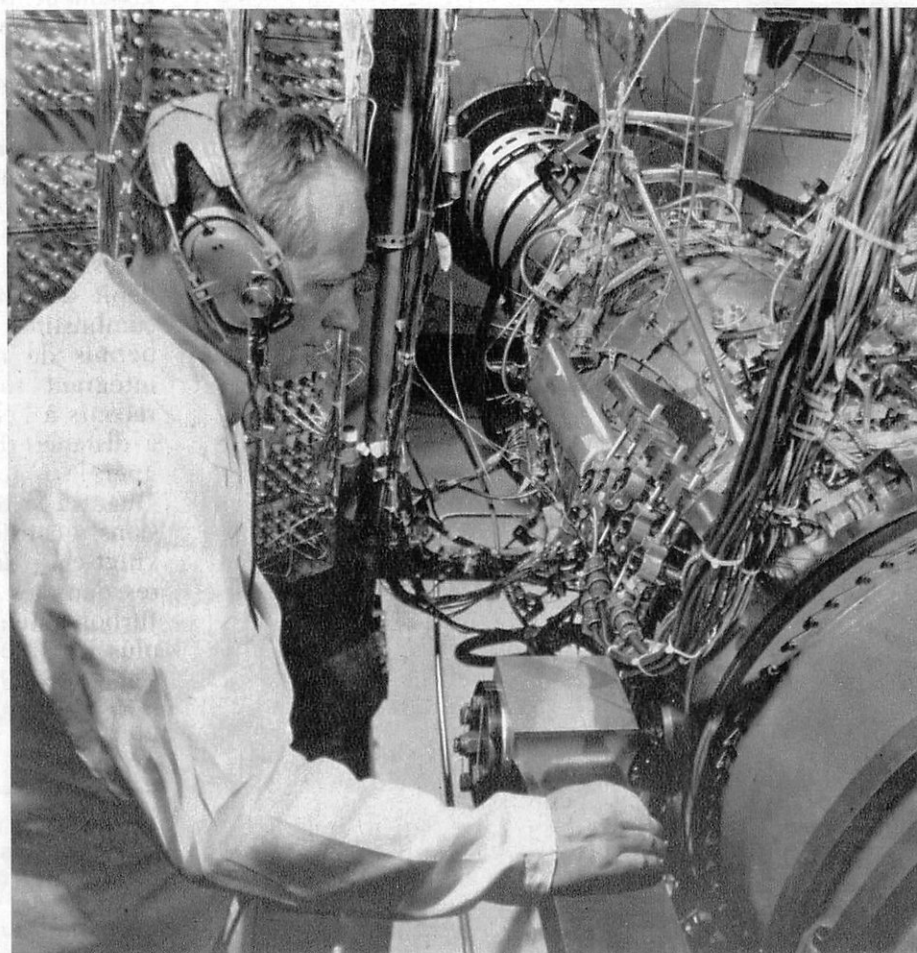
1

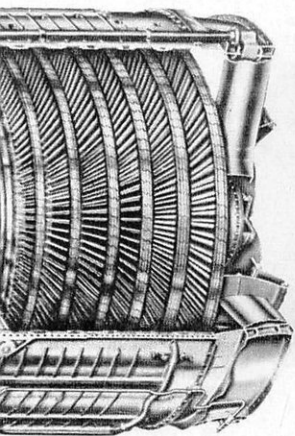
1 Un réacteur double-flux à haut taux de dilution de très forte poussée, le TF-39 construit par General Electric et équipant le quadriréacteur géant C-5 A Galaxy de l'U.S. Air Force. Son principe est un peu différent de celui des RB-211 et autres CF-6 : soufflante « un étage et demi », compresseur haute-pression 16 étages et 7 étages de stators.

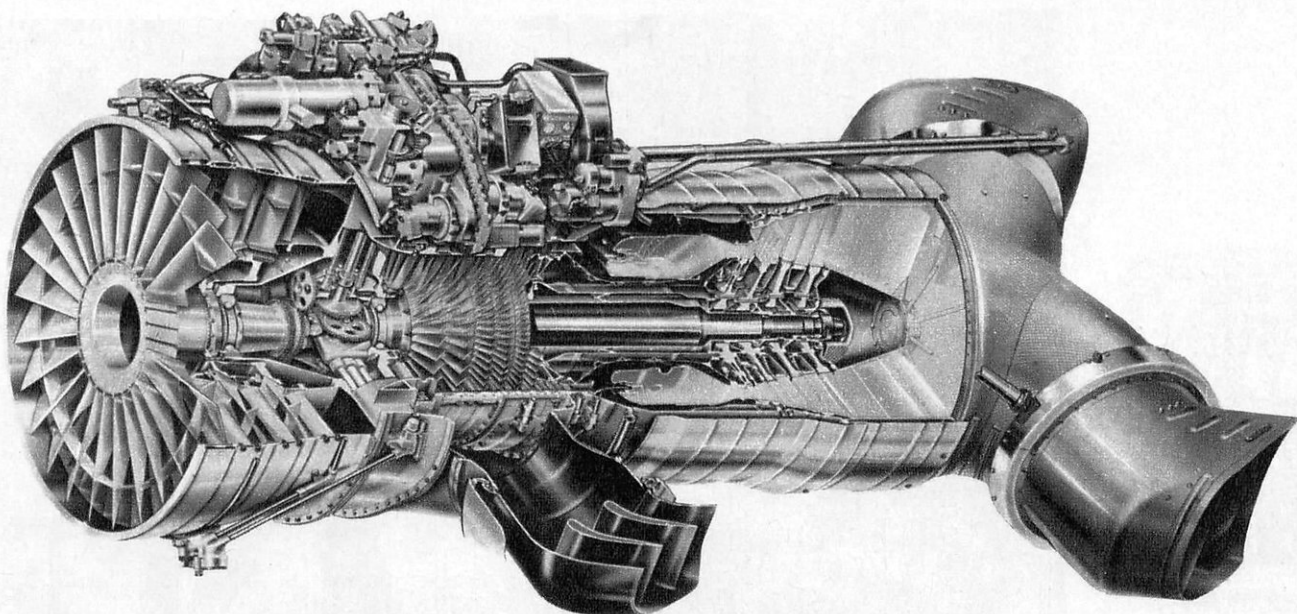
2 Au banc d'essai d'altitude, le générateur de gaz du nouveau YJ-101 de General Electric qui sera monté en deux exemplaires sur l'appareil de combat léger Northrop P-600. Ce moteur est un double flux à très bas taux de dilution et postcombustion. Il développerait 6 800 kg de poussée. Le YJ-101 pourrait être le précurseur de toute une lignée de nouveaux moteurs.

3 Un moteur très évolué de conception française, le réacteur militaire M-53 de la SNECMA. Il équipera une version des Mirage F-1 (voir p. 14). Les caractéristiques du M-53 sont en grande partie originales. C'est un double-flux à un seul arbre, avec taux de dilution de 0,4. Avec postcombustion, il développerait 8 500 kg de poussée.

2







Le Rolls-Royce Pegasus à tuyères orientables, dont les versions les plus récentes équippent les

V/STOL Harrier de la RAF et du corps des Marines, comporte une soufflante à trois étages.

tant de déterminer les organes nécessitant un remplacement avant qu'ils ne fassent courir un risque au moteur. La plus simple de ces méthodes consiste à repérer l'usure anormale de certaines pièces en mesurant les particules métalliques arrachées par frottement et entraînées par le lubrifiant. Des sondes placées en des points sélectionnés du circuit de lubrification recueillent ces particules. Elles sont démontées à intervalles réguliers et leur contenu analysé. Cette méthode se prête particulièrement bien à la surveillance des roulements et des engrenages.

DE MACH 3 A MACH 7

Si l'on réalise des turboréacteurs adaptés à des vitesses de vol de l'ordre de Mach 3, il n'en est pas moins certain que, par son principe même, ce type de propulseur est limité dans la gamme des vitesses. Cette limitation était apparue depuis longtemps, et c'est pourquoi, dès les années 50, des ingénieurs comme le français Leduc, reprenant les travaux précurseurs de Lorin, entreprirent de mettre au point la propulsion par statoréacteur.

Une telle machine présente l'avantage d'éliminer tout ensemble en rotation, la compression étant obtenue dans l'entrée d'air par simple effet aérodynamique sous l'effet de la vitesse de vol. Les études de Leduc furent assez poussées pour conduire à la réalisation d'appareils expérimentaux, dont le second, le Leduc 021, était déjà entièrement autonome. Un premier inconvénient du statoréacteur est en effet de délivrer une poussée proportionnelle à la puissance 3 de la vitesse de vol, donc nulle au sol. Au-delà de la méthode consistant à larguer l'appareil à stato-

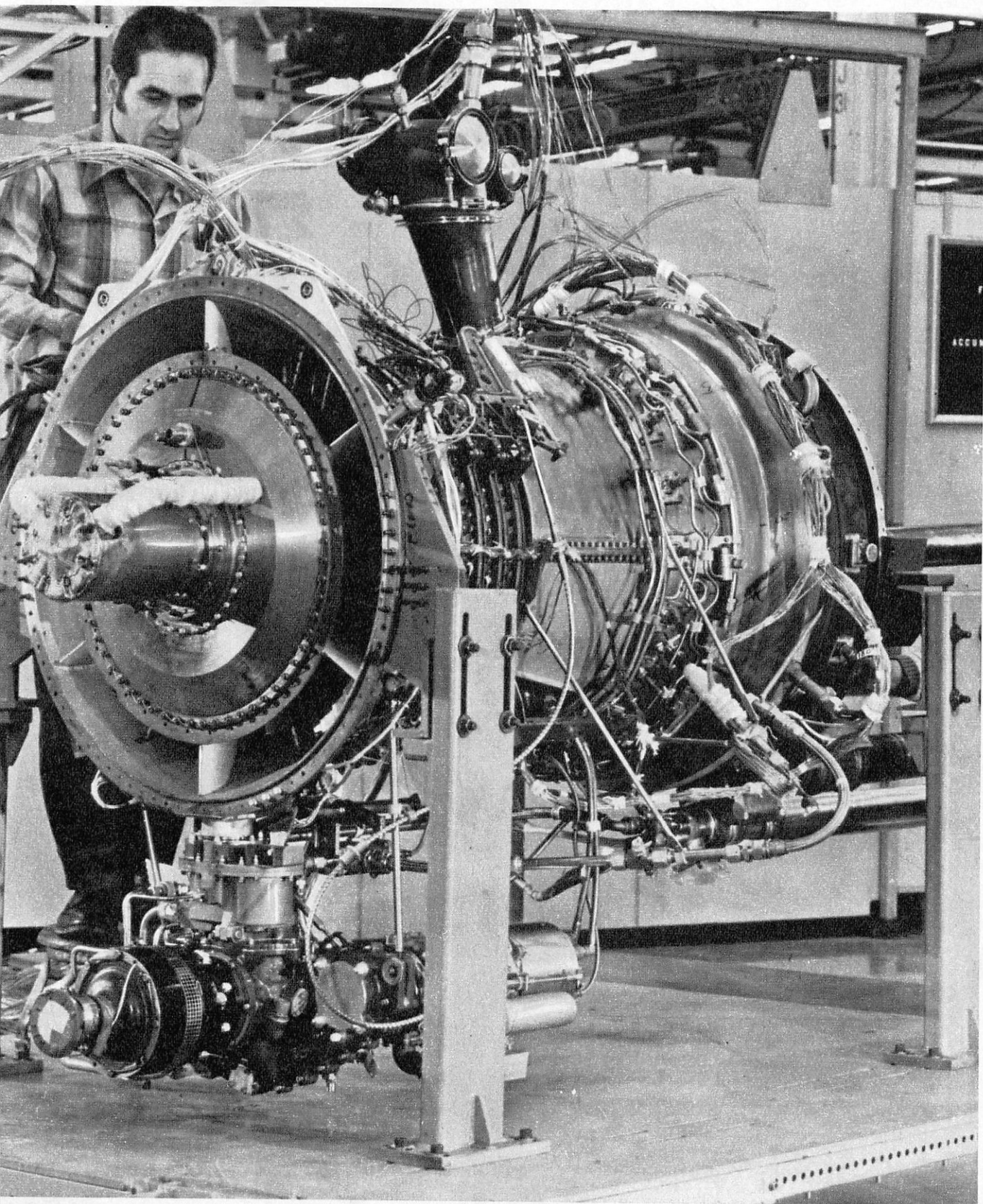
réacteur d'un avion en vol, la difficulté a été résolue en associant le statoréacteur à un turboréacteur qui assure la poussée aux basses vitesses et notamment au décollage. L'association fut développée jusqu'à intégrer les deux propulseurs en un véritable combiné : le turbostatoréacteur, appliqué sur le Griffon de Nord-Aviation qui atteint Mach 2,2 et fut même un des premiers appareils à dépasser Mach 2 en vol complètement autonome. Le propulseur était conçu autour d'un Atar E-3 de la SNECMA développant une poussée de 3 500 kg.

Toutefois, la consommation spécifique très élevée du statoréacteur et la mise au point de turboréacteurs parfaitement adaptés, comme nous l'avons vu, aux vitesses supersoniques, ont déplacé l'intérêt du statoréacteur vers les nombres de Mach beaucoup plus élevés, entre 3 et 7. Des études faites par la NASA et l'ONERA, notamment, ont montré que pour obtenir un rendement acceptable dans cette gamme de vitesses, il fallait que l'écoulement d'air dans la chambre de combustion ait une vitesse supersonique. Si le ralentissement dans l'entrée d'air est trop important, il en résulte en effet une augmentation de température telle que le nouvel accroissement de température dû à la combustion entraîne des décompositions endothermiques des produits de combustion et une baisse de rendement. Les recherches entreprises sur la combustion en écoulement supersonique ont abouti à stabiliser la combustion en injectant le carburant à contre-courant, ce qui lui permet de rester suffisamment longtemps dans la chambre pour que la combustion soit complète. Pour adapter le fonctionnement du statoréacteur au régime de vol, l'ONERA a étudié une méthode consistant à modifier la répartition des points

d'injection du carburant. Cette solution est beaucoup plus facile à mettre en œuvre que la géométrie variable. Des essais ont été menés en soufflerie, avec un statoréacteur à hydrogène liquide, jusqu'à une vitesse de Mach 6. Ils ont donné des résultats très intéressants.

Jacques LACHNITT

Le gouvernement américain a refusé à la France l'accès à la technologie de ce générateur de gaz, celui du F-101, prévu pour le bombardier supersonique B-1. Le générateur de gaz, que l'on voit ici au banc d'essai, dispose d'un compresseur 9 étages et d'une turbine haute-pression mono-étage refroidie par air et acceptant 1 370 °C.



VOL A VOILE 73





A l'ère du transport supersonique, du vol « tout temps » et de la navigation automatisée, peut-on encore s'intéresser à ces frères oiseaux de bois ou de plastique que l'on voit tourner en rond, à la belle saison, au-dessus des terrains? Ne représentent-ils pas la survivance d'un passé révolu, l'antithèse du progrès technique?

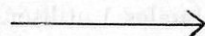
En aucune façon. Il faut de tout pour faire un monde, et dans celui de l'aviation, les planeurs ont toujours leur place : tout d'abord comme engins de sport — un des sports les plus passionnants qui soient — mais aussi comme moyens pédagogiques pour l'entraînement au pilotage et l'acquisition de connaissances pratiques en aérologie.

Leur construction, loin d'être sommaire ou rétrograde, fait appel à des techniques de pointe, tant dans le domaine de l'aérodynamique que des structures; et elle a suscité l'étude de plus d'un procédé nouveau, appliqué ultérieurement dans d'autres secteurs de l'industrie aéronautique.

Par les observations qu'ils peuvent faire en vol, comme par leurs exigences croissantes en données précises sur les mouvements de l'atmosphère, les pilotes de planeurs — les « vélivoles » — apportent d'autre part leur contribution à la science météorologique.

En bref, si le vol à voile est essentiellement une activité de loisirs, il n'en présente pas moins un caractère technique assez accentué pour mériter la place que nous lui consacrons ici.

M. B.



JOUER AVEC L'ATMOSPHERE

Bien que le vol à voile existe depuis une cinquantaine d'années (les premiers concours eurent lieu en Allemagne en 1921, en France et en Angleterre en 1922), sa nature reste généralement mal connue, non seulement du grand public mais aussi des milieux aéronautiques (où bien des gens n'y voient — faute de l'avoir pratiqué — rien d'autre qu'un aimable passe-temps, ou tout au plus un moyen d'initiation au pilotage à l'usage des jeunes). Il est vrai que le terme de vol à voile n'est pas très explicite (mais personne n'en a encore trouvé de meilleur...), et que le double caractère de cette activité, à la fois sportive et intellectuelle, n'est pas, à première vue, évident. Donnons une définition sommaire : le vol à voile, c'est l'art de maintenir en l'air par l'utilisation judicieuse des mouvements ascendants de l'atmosphère un aéronef démuné de toute source de puissance.

La vitesse de chute minimale d'un planeur étant de 0,5 à 0,8 m/s suivant les modèles, il s'agit donc de trouver des ascendances de force au moins égale. De tels mouvements verticaux, ou à composante verticale, ne manquent pas, surtout dans les couches d'air relativement proches du sol ; mais leur répartition est très irrégulière dans l'espace comme dans le temps et ils sont, de plus, invisibles. Les détecter, et les exploiter au mieux, n'est pas toujours tâche aisée.

LES ASCENDANCES DE PLAINE

En plaine, les ascendances ne peuvent résulter que de l'échauffement de l'air au contact du sol, sous l'effet du rayonnement solaire ; c'est pourquoi elles sont dites « thermiques ». Quand la masse d'air ainsi échauffée atteint une certaine importance, elle forme une « bulle » qui, moins froide que l'air qui la surplombe, monte à travers lui jusqu'à ce que son niveau d'équilibre soit atteint. Le pilote rencontrant une de ces bulles en cours de montée met son appareil en virage assez serré pour s'efforcer de s'y maintenir, descendant par rapport à l'air ambiant, mais montant par rapport au sol. En début de journée, les ascendances sont généralement difficiles à exploiter, car elles sont encore trop étroites et ne montent pas assez haut. Mais si l'ensoleillement se poursuit dans de bonnes conditions, accentuant l'échauffement et le brassage de l'air des basses couches, les bulles ne tardent pas à gagner en volume, en énergie et en nombre. Il arrive même qu'elles se transforment en véritables « colonnes ascendantes » ininterrompues, plus faciles à utiliser.

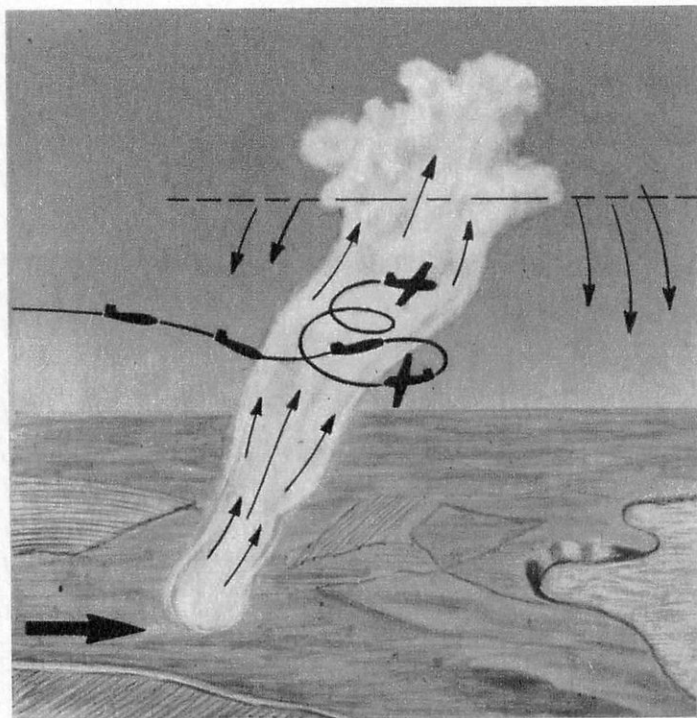
Dans nos régions tempérées, il est rare que les ascendances thermiques de plaine dépassent 3 à 4 m/s et montent à plus de 2 000 m. Mais ces chiffres peuvent être largement dépassés dans certaines contrées favorisées par un climat plus continental et plus chaud, comme l'Afrique du Sud ou le Sud-ouest des Etats-Unis, où il est assez courant de trouver des vitesses de montée de 6 à 7 m/s et des plafonds de plus de 5 000 m...

Les ascendances sont souvent espacées de plusieurs kilomètres. Pour les trouver, faute de disposer du sens particulier qui, apparemment, permet aux oiseaux voiliers une détection sans défaut, les hommes volants sont obligés d'utiliser des références visuelles — méthode qui est loin d'être infaillible et laisse toujours une part à la chance, plus ou moins importante suivant l'expérience et le talent du pilote.

Ces références, cela peut être, précisément, des oiseaux de proie, éperviers ou buses, en train de « spiraler », et qu'il suffira de rejoindre — si toutefois l'ascendance qu'ils utilisent est de taille à soutenir un planeur. Cela peut être, aussi, des contrastes dans la végétation ou la nature du sol provoquant des irrégularités d'échauffement favorables aux déclenchements thermiques.

On ne peut guère compter sur autre chose,

Utilisation en vol à voile d'une ascendance thermique de plaine, matérialisée par un cumulus.



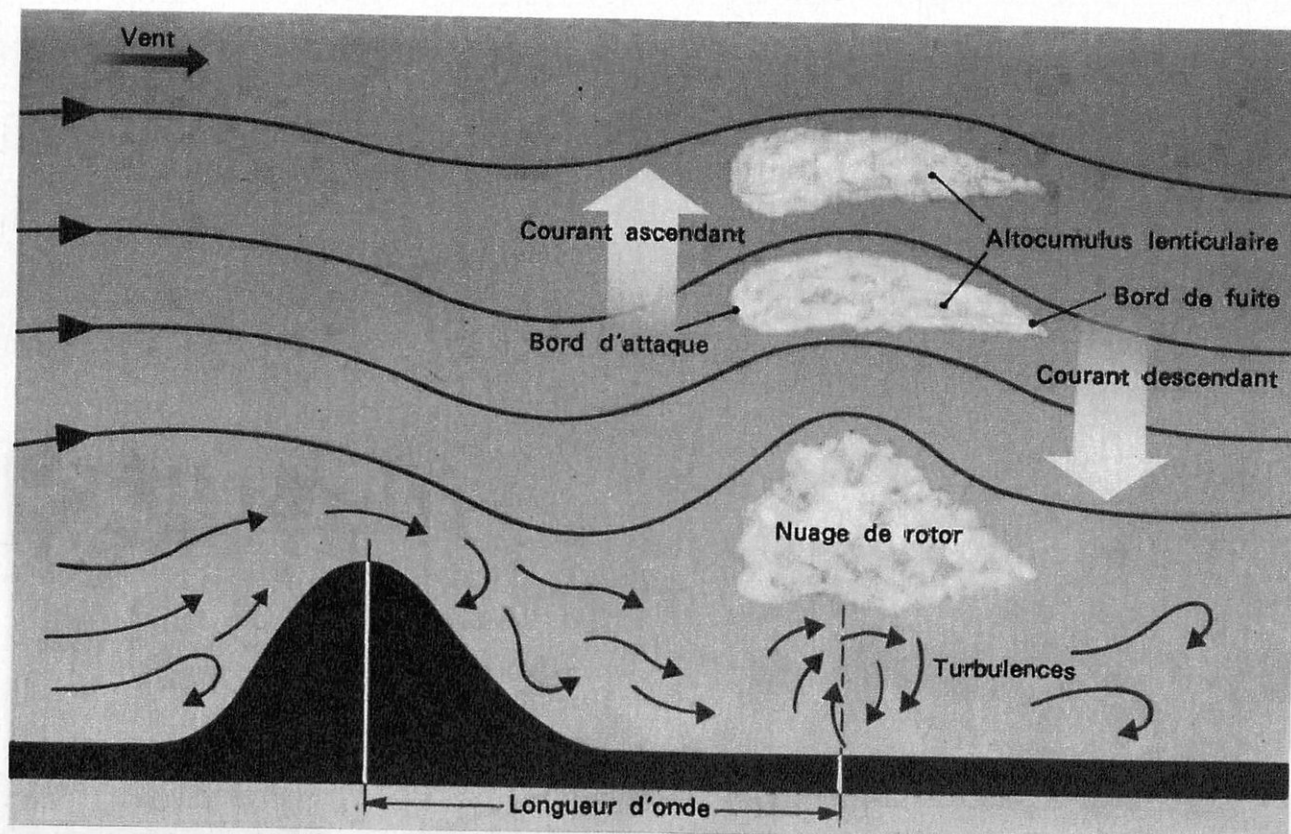


Schéma de principe d'un système ondulatoire, sous le vent d'un relief montagneux.

sauf quand l'air ascendant est assez humide pour que la vapeur d'eau, se condensant en gouttelettes à un certain niveau, forme des nuages isolés, des cumulus, particulièrement appréciés des vélivoles puisqu'ils matérialisent le sommet des ascendances.

Les mauvaises surprises ne sont pourtant pas exclues. Les zones d'ascendances sont généralement beaucoup plus étroites que les nuages qui les coiffent et pas toujours faciles à localiser. D'autre part, les cumulus subsistent souvent plus longtemps que les ascendances dont ils sont issus et, une fois dissipée l'énergie mise en œuvre pour leur formation, ne se désagrègent que lentement. Tel d'entre eux qui paraît encore plein de promesses, peut fort bien ne baliser qu'une zone de calme plat, ou même de chute, car le brassage de l'atmosphère dû aux échanges thermiques provoque aussi la formation de courants descendants, que les vélivoles s'efforcent bien entendu d'éviter.

Il arrive que les cumulus, au lieu de se désagréger, s'aplatissent et se soudent, réduisant ou même supprimant complètement l'ensoleillement sur d'assez vastes surfaces, les ascendances diminuant rapidement en nombre et en intensité.

Il peut arriver aussi que certains de ces cumulus poursuivent leur développement, quand les conditions d'instabilité de l'atmosphère s'y prêtent, et évoluent en « congestus », puis en cumulo-nimbus. Ces nuages d'orage, générateurs de rafales de vent, d'averses de pluie ou de grêle, ne sont jamais les bienvenus près des

centres de vol à voile. Ils sont pourtant le siège de courants verticaux très puissants, capables de hisser rapidement un planeur à haute altitude, en vol sans visibilité — un vol assurément « sportif », qui exige un pilote bien entraîné et un planeur bien équipé (instruments gyroscopiques, oxygène). De nombreuses performances d'altitude ont été réalisées de cette façon, jusqu'à ce que les règlements de la circulation aérienne viennent interdire, en France, pour des raisons de sécurité, le vol « de nuage » en planeur. Ce genre de vol est encore pratiqué dans certains pays.

Le vent a une influence sur les caractéristiques des ascendances. Irrégulier (en force ou en direction), suivant l'altitude, il provoque des cisaillements qui rendent l'exploitation plus difficile et accélèrent le mélange de l'air montant avec celui qui l'entoure. Plus régulier, il peut amener la création de « rues » d'ascendances parallèles, presque ininterrompues sur plusieurs dizaines de kilomètres et matérialisées par des alignements de nuages.

Pour en terminer avec le vol de plaine, signalons les ascendances thermiques que l'on pourrait appeler « artificielles », car elles résultent de l'activité humaine. Elles peuvent être créées par les feux de chaumes allumés dans les champs après la moisson ou par certaines installations industrielles : fours à coke, centrales thermiques, raffineries de pétrole... ; des sources de sustentation souvent malodorantes, mais efficaces...



Il arrive que le vol se termine dans un champ... où le planeur est généralement très entouré.

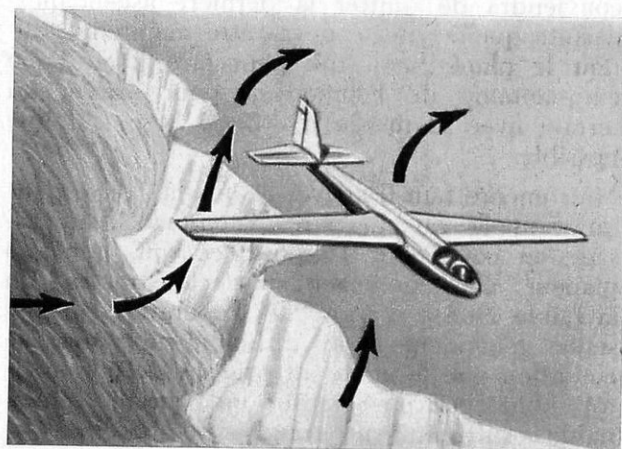
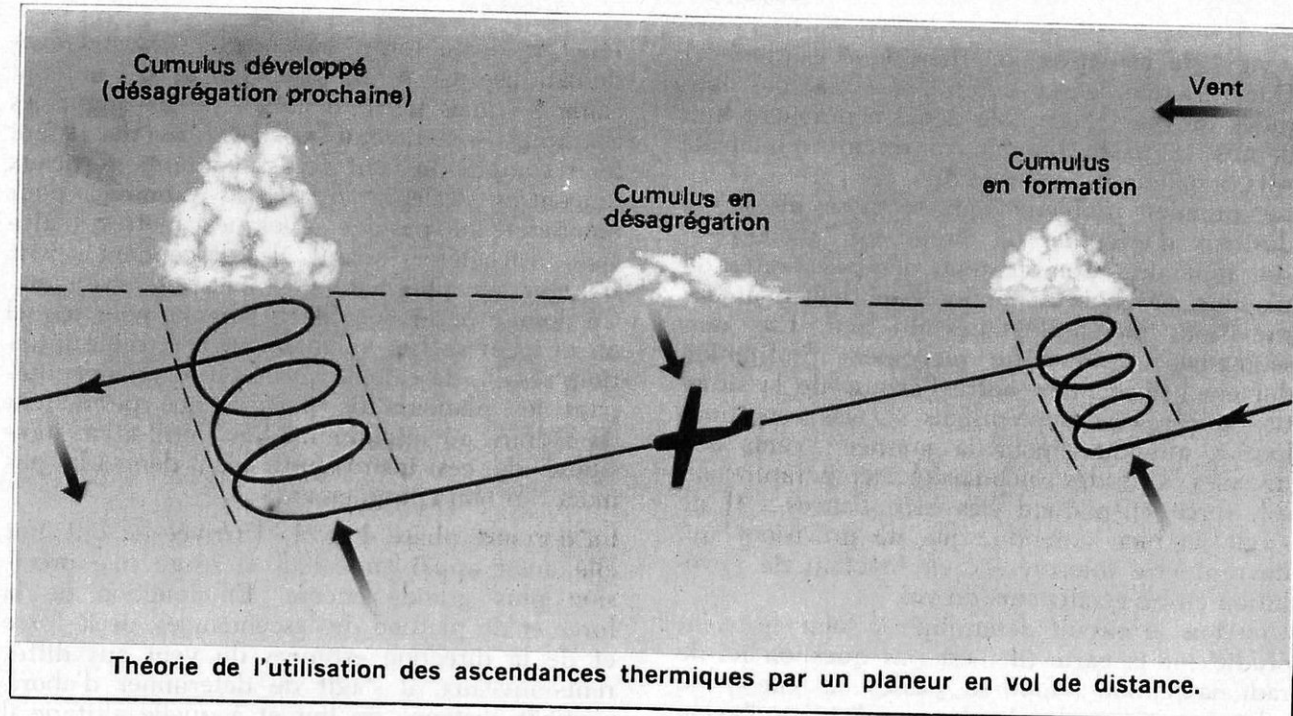
LES EFFETS DU RELIEF

En montagne, le processus de formation des ascendances est un peu plus complexe. Les effets thermiques locaux dus au rayonnement solaire existent, bien entendu, et sont même renforcés en certains endroits par l'orientation favorable des pentes ou la présence de sols rocheux. De plus, l'échauffement général du sol en cours de journée provoque l'établissement, d'une part de courants montant le long des flancs des vallées, d'autre part de brises remontant ces vallées suivant leur axe.

L'interférence de ces courants et du vent dû à la situation météorologique générale influence largement la production des ascendances — qui reçoivent ici l'appellation de « thermo-dynamiques ». En effet, à l'échauffement de l'air au contact du sol s'ajoute la déflexion du vent par les reliefs. Les mouvements verticaux résultants sont souvent plus puissants, mais aussi plus turbulents, que les « thermiques » de plaine.

Même en l'absence d'ensoleillement, le vent frappant une pente assez régulière, orientée à peu près perpendiculairement à lui, crée des ascendances utilisables. Il suffit alors au pilote de faire des allées et venues au-dessus de la pente, en « crabant » pour étaler le vent et rester dans la zone de meilleure montée, en avant de la crête. Au temps où les records de durée étaient officiellement homologués, des vols de plus de deux jours (maximum : 56 heures) ont été effectués de cette façon, par mistral, sur la chaîne des Alpilles. Ce genre de record a été supprimé en 1958, à la suite d'un accident mortel dû à la fatigue du pilote.

Enfin, il y a l'« onde ». Dans certaines conditions (stabilité de l'atmosphère, vent fort augmentant régulièrement avec l'altitude), plus fréquentes en hiver mais pouvant être rencontrées en toutes saisons, une ondulation stationnaire de grande amplitude se forme sous le vent des reliefs convenablement orientés et se répercute aux couches d'air supérieures, parfois jusqu'à



Ascendance dynamique, le long d'une falaise.

la stratosphère. Elle permet à un planeur d'atteindre des altitudes très importantes en se maintenant face au vent pour en compenser exactement la vitesse, ou en crabant, là aussi, si le vent est moins fort.

En France, des altitudes de plus de 11 000 m ont pu être atteintes de cette manière dans les Alpes du Sud, mais le record mondial, établi en Californie, est de 14 102 m. Encore la montée fut-elle interrompue volontairement : au-delà, il aurait fallu une cabine ou au moins une combinaison pressurisée, équipements difficiles à installer dans un planeur... Pour des montées moins importantes, il est déjà indispensable de disposer d'une réserve d'oxygène (obligatoire au-dessus de 4 000 m) et de vêtements chauds (vers 5 000 ou 6 000 m, surtout en hiver, la température descend couramment au-dessous de -30° et il n'est pas question d'installer le chauffage à bord...).

Une fois traversé la zone sous-ondulatoire, généralement très turbulente, certains systèmes

d'onde, larges et stables, ne posent guère de problèmes au pilote, mais dans d'autres cas (dépendant à la fois de la régularité du vent et des reliefs générateurs de l'onde), les plages ascendantes sont beaucoup plus étroites et fugitives et la montée plus laborieuse. Une autre difficulté peut se présenter : quand l'onde se forme dans de l'air humide, la nébulosité est assez forte à différents niveaux et peut évoluer très rapidement. Le pilote doit prendre garde de ne pas se laisser « piéger » au-dessus d'une couche de nuages devenue continue, qu'il serait obligé de traverser en vol aux instruments pour retrouver la vue du sol.

LE VOL SUR LA CAMPAGNE

Exploiter les possibilités qu'offre la nature pour se maintenir en l'air procure déjà des satisfactions, mais on peut faire beaucoup plus, avec un planeur, que de rester à proximité du terrain, dans la sécurité du vol local qui permet un retour sans problème si les conditions se détériorent ou si l'on n'a pas su les exploiter correctement.

Le véritable but du vol à voile sportif, c'est le parcours sur la campagne, d'ascendance en ascendance, soit en ligne droite vers un but éloigné, soit — plus souvent, de nos jours — en circuit fermé (aller et retour ou triangle), ce qui supprime les frais et pertes de temps occasionnés par la récupération du planeur. De plus, un circuit peut non seulement autoriser une performance de distance, mais aussi de vitesse, l'effet du vent s'y trouvant annulé, ou du moins très amoindri (alors que sur un trajet en ligne droite, il peut influencer sur la vitesse dans de très fortes proportions).

Ces deux éléments : distance et vitesse, sont liés. Pour aller loin, il faut aller vite, car la

« vie » de la convection thermique est limitée. Dans les meilleures conditions, sous nos latitudes, sa durée utilisable dépasse rarement huit heures et passe par un maximum d'intensité vers le milieu de l'après-midi.

Le premier problème qui se pose au pilote désireux d'effectuer un circuit est le choix de son itinéraire. Compte tenu des possibilités du planeur, ce choix dépendra essentiellement des prévisions météorologiques du jour. Ces renseignements, pour être réellement profitables, doivent comprendre, outre l'exposé de la situation générale, des précisions sur les conditions locales attendues pour la journée : vents aux diverses altitudes, nébulosité, température au sol, force et plafond des ascendances... Il ne s'agit là, bien entendu, que de prévisions qui devront être interprétées en fonction de l'évolution observée au cours du vol.

Une fois le circuit déterminé et soigneusement étudié sur la carte (il n'est pas question ici de radionavigation : tout se passe « à vue »), le pilote peut prendre le départ, derrière l'avion remorqueur qui le hissera à 500 ou 600 m, altitude à laquelle il se larguera pour aller à la recherche de sa première ascendance. Le pilote du remorqueur se sera d'ailleurs efforcé, pour lui faciliter la tâche, de l'amener directement dans une zone favorable.

Avant de quitter les abords du terrain, il importe de vérifier l'épaisseur de la « tranche » d'altitude utilisable, au-dessous de laquelle les ascendances, encore mal organisées, sont difficiles à exploiter. Sa limite supérieure peut être soit la base des cumulus, soit, dans d'autres cas, le niveau à partir duquel les ascendances commencent à faiblir. Car le but cherché est de perdre le moins de temps possible dans les reprises d'altitude successives qui jalonnent le parcours.

Entre ces reprises d'altitude, le planeur vole en ligne droite, suivant le cap prévu — ou s'en écartant plus ou moins, pour suivre un cheminement plus prometteur ou contourner une zone apparemment défavorable. En montagne, ces écarts sont habituellement plus importants qu'en plaine : il est souvent préférable de faire un détour pour suivre une ligne de crête ou une pente bien orientée.

Durant les phases de vol rectiligne, le pilote doit, pour obtenir la vitesse moyenne la plus élevée possible sur l'ensemble du parcours, régler sa vitesse (donc la pente de sa trajectoire) en

fonction de la force moyenne des ascendances qu'il utilise. Ce serait assez simple si l'air était calme — mais tel n'est jamais le cas quand les conditions sont favorables au vol à voile. Il faut tenir compte du vent et des courants verticaux rencontrés : ralentir quand ils montent, pour récupérer au passage quelques mètres d'altitude ; accélérer quand ils descendent, pour franchir au plus vite ces mauvais passages... Ce dosage permanent de la vitesse, pour lequel on ne peut se fier valablement à la seule intuition, résulte de calculs que les instruments équipant les planeurs de performance permettent de réduire au minimum. Mais l'utilisation judicieuse de ces instruments n'en demande pas moins un bon entraînement.

La dernière phase du vol, l'arrivée au but, fait elle aussi appel au calcul et exige une précision plus grande encore. En fonction de la force et du plafond des ascendances, de la force et de la direction estimées du vent aux différents niveaux, il s'agit de déterminer d'abord à quelle distance du but et à quelle altitude il conviendra de quitter la dernière ascendance, ensuite quelle vitesse devra être maintenue durant le plané final (qui peut être long d'une cinquantaine de kilomètres), pour arriver au terrain avec la marge d'altitude la plus faible possible.

Mais encore faut-il arriver jusque-là... Il se peut qu'avant la fin du parcours prévu, l'atterrissage en campagne s'impose, ce qui, pour un planeur, n'est nullement une catastrophe. Vu la faible vitesse d'approche, l'opération ne présente généralement ni difficulté ni risque, à condition que le pilote ait pris sa décision assez tôt pour pouvoir choisir un terrain convenable : suffisamment grand et d'abords dégagés, de surface régulière, sans cultures trop hautes, accessible par la route, et pas trop éloigné d'une habitation d'où il sera possible de téléphoner au terrain.

Une fois au sol, il ne reste plus, en attendant l'arrivée de l'équipe de dépannage, qu'à prendre contact avec le propriétaire du champ... Il est très rare que cela ne se passe pas bien, les dégâts que peut occasionner un planeur étant minimes et, de toute façon, couverts par une assurance. Le vélivole malchanceux n'est presque jamais considéré comme un intrus, mais plutôt comme un visiteur imprévu, accueilli avec une sympathique curiosité.

DES MACHINES TRÈS ÉVOLUÉES

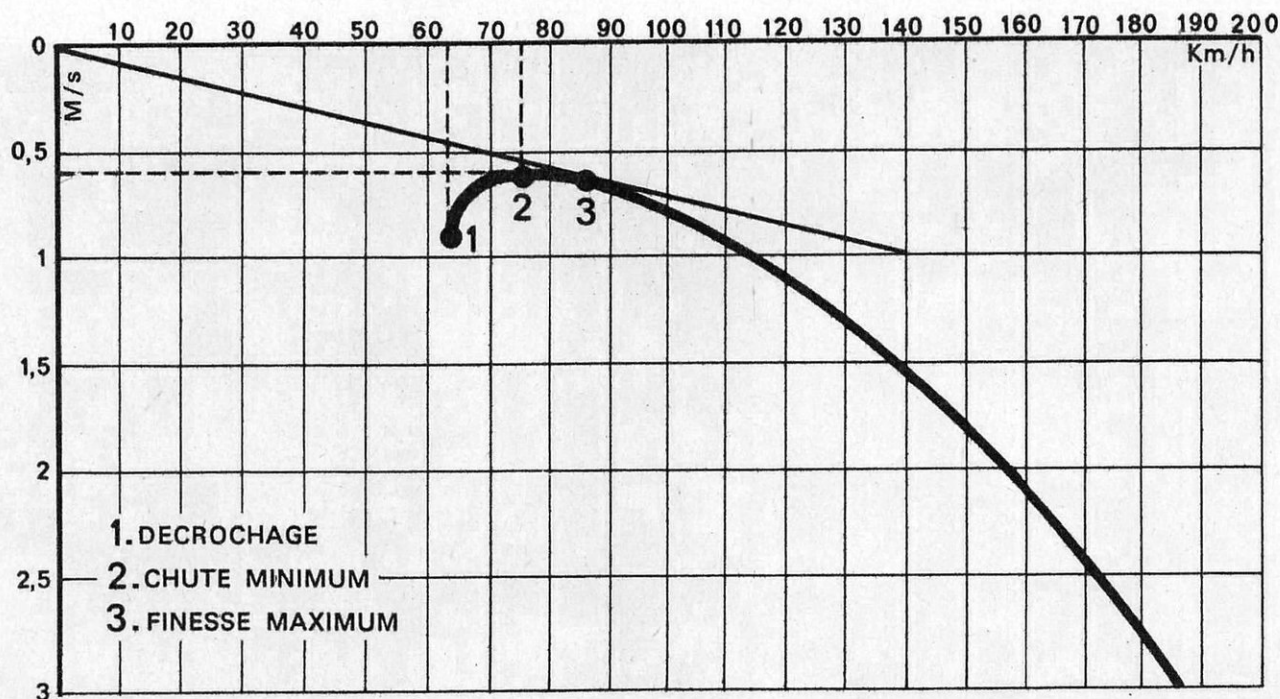
Aux premiers jours du vol à voile, les planeurs n'étaient souvent rien d'autre que des avions (provenant parfois des « surplus » de la Première Guerre mondiale) dont on avait enlevé le moteur et avancé le poste de pilotage pour rétablir le centrage. Même lorsqu'il s'agissait de

créations originales, leur ressemblance avec les avions restait frappante. La construction était simplement plus légère — mais aussi moins solide — et les qualités voilières presque aussi médiocres que celles des avions.

Assez vite, cependant, les études et les expéri-

Un planeur de
performance moderne :
l'ASW-17 allemand.
Son fuselage effilé
et son aile à grand
allongement, à profil
hautement laminaire,
lui donnent des
possibilités dont on
osait à peine rêver
il y a une dizaine
d'années.





La polaire d'un planeur donne la valeur du taux de chute en fonction de la vitesse sur trajectoire.

mentations menées — en Allemagne surtout, mais aussi en France et dans plusieurs autres pays — amenèrent une évolution radicale des formes. Dès le début des années 30, les meilleurs planeurs avaient déjà, dans les grandes lignes, un aspect proche de ceux d'aujourd'hui, longues ailes effilées et fin fuselage. Mais la comparaison doit s'arrêter là. Les progrès réalisés depuis ont été tels que les planeurs modernes n'ont guère de points communs avec leurs ancêtres au plan des performances, des qualités de vol, de la robustesse, du confort, etc.

De ces progrès, le plus spectaculaire est certainement celui qui a trait à la « finesse », exprimée, dans la pratique, par le rapport entre la vitesse sur trajectoire et le taux de chute — ou, plus simplement encore, entre la distance parcourue et l'altitude perdue pour une vitesse donnée. Ce rapport, qui ne dépassait guère 30 sur les meilleurs planeurs d'il y a vingt ans, est maintenant bien près d'atteindre le chiffre de 50 sur certains prototypes expérimentaux. Mais une finesse maximale élevée n'est pas la seule qualité que l'on demande à un planeur. Il faut aussi, pour permettre de voler vite entre les reprises d'altitude, que cette finesse ne diminue pas trop quand la vitesse augmente.

D'autre part, bonne manœuvrabilité et possibilités de vol à basse vitesse facilitent l'exploitation des ascendances étroites et irrégulières, en même temps qu'elles constituent d'importants facteurs de sécurité, en particulier pour les atterrissages en campagne. La recherche du meilleur compromis entre ces exigences diverses conditionne les caractéristiques aérodynamiques des planeurs de sport modernes.

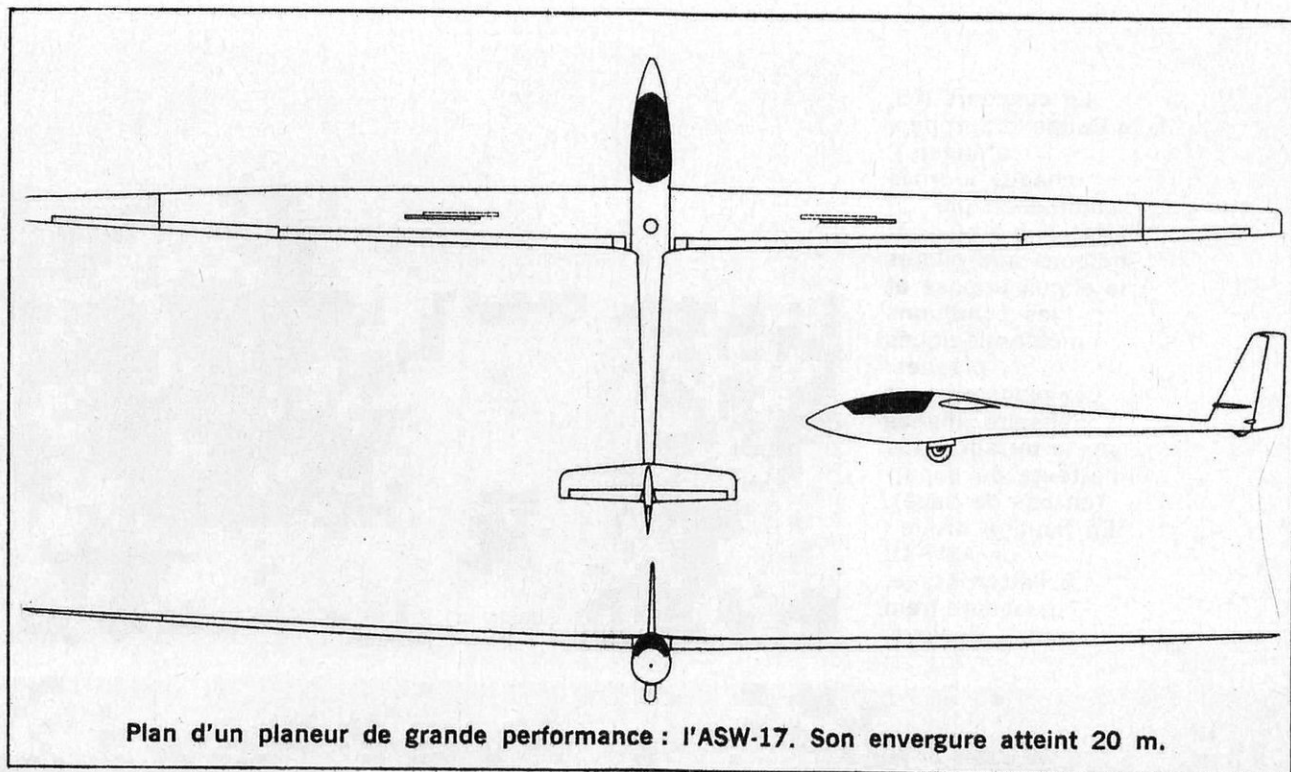
Leur voilure présente un allongement (rapport

de l'envergure à la profondeur moyenne de l'aile) assez élevé, de l'ordre de 20 à 25. Elle est dotée de profils laminaires à faible coefficient de traînée (les noms des ingénieurs allemands Eppler et surtout Wortmann sont attachés aux plus récents de ces profils, qui ont eu un rôle important dans les gains de performances enregistrés ces dernières années et sont maintenant utilisés par la plupart des constructeurs de planeurs).

L'aile présente le plus souvent, en plan, la forme d'un double trapèze, formule qui se rapproche le plus d'un contour elliptique, permettant la meilleure répartition des portances le long de l'envergure (donc la construction la plus légère), mais plus difficile et coûteux à réaliser. On trouve également des ailes de forme trapézoïdale simple et même, plus rarement, rectangulaire. Cette dernière solution, moins avantageuse, ne répond qu'à un souci d'économie.

Le fuselage est souvent de forme très évolutive, renflé à l'avant, dans la zone de l'habitacle, et de section fortement étrécie dans la partie arrière. Les essais en soufflerie ont montré que ce dessin assurait le meilleur écoulement aérodynamique. Il présente en même temps l'avantage d'offrir au pilote une hauteur suffisante pour s'installer confortablement, en position moins allongée que sur certains des planeurs de la génération précédente.

La voilure est presque toujours implantée sur le fuselage en position médiane, ce qui réduit au minimum les carénages de raccordement nécessaires pour conserver un bon écoulement dans cette zone. Dans l'ensemble, on note un haut degré de régularité et de finition des surfaces, nécessaire pour reculer au maximum le



décollement de l'écoulement laminaire sur le fuselage, et surtout sur les ailes, et diminuer ainsi la traînée.

LES AFFINEMENTS DE LA VOILURE

Tous les planeurs, sauf quelques très rares exceptions, sont munis d'aéro-freins de voilure dont la sortie a pour effet d'accroître assez fortement la traînée, donc de réduire la finesse, permettant ainsi d'accentuer la pente de descente sans trop grande augmentation de la vitesse. Il est possible, de cette façon, de descendre rapidement d'une haute altitude sans dépasser la vitesse limite de l'appareil (liée à la résistance de la structure) ou d'atterrir sur une assez courte distance après le passage d'un obstacle. Dans la majorité des cas, ces aéro-freins sont logés dans la partie la plus épaisse de l'aile, derrière le longeron, et sortent soit sur ses deux faces, soit seulement à l'extrados (pour éviter le risque d'accrochage en cas d'atterrissage dans des cultures hautes). Ils peuvent aussi être articulés au bord de fuite, solution plus simple mais généralement considérée comme moins efficace. Le parachute de queue est un autre moyen de freinage aérodynamique, utilisé comme appoint, pour les atterrissages courts, sur certains planeurs particulièrement fins.

Ces planeurs peuvent disposer également de volets de courbure qui, en augmentant la portance, permettent de voler plus lentement à charge alaire égale. Les volets sont utilisés à l'atterrissage et dans les ascendances, où ils permettent de spiraler avec un rayon plus réduit. Braqués négativement, ils diminuent la

portance, mais aussi la traînée, améliorant les performances en vol rapide. Ils peuvent parfois, enfin, être braqués positivement à forte incidence (jusqu'à 80°) et jouer le rôle d'aéro-freins. Sur les appareils les plus évolués, les volets, fractionnés en plusieurs éléments, se braquent différenciellement en conjugaison avec les ailerons, assurant en virage une véritable courbure progressive de l'aile suivant l'envergure. Réciproquement, l'abaissement des volets entraîne celui de la position neutre des ailerons...

Au lieu de volets de courbure à articulation simple, certains planeurs ont des volets type Fowler, à fente et fort recul, qui, augmentant non seulement la courbure mais aussi la surface de l'aile, produisent un accroissement de portance supérieur, au prix d'une plus grande complication mécanique.

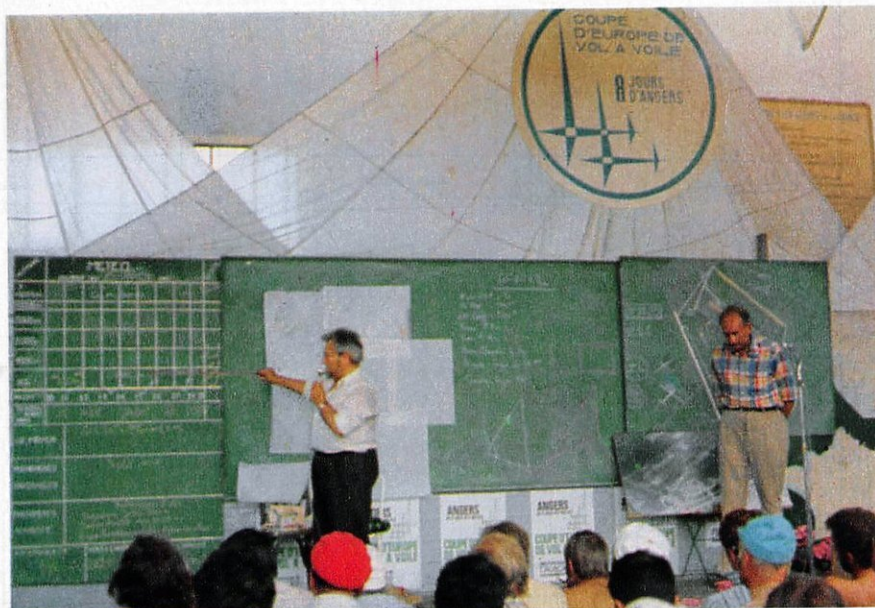
Il est intéressant de pouvoir augmenter la charge alaire, ce qui se traduit par une amélioration des performances à grande vitesse. On équipe pour cela les planeurs de compétition de réservoirs d'eau, ou « water-ballasts », disposés dans les emplantures des ailes pour répartir la charge et dont la capacité peut atteindre une centaine de litres. Un système de vidange rapide permet de se débarrasser de cette eau en cas de besoin — et en tout cas avant l'atterrissage — pour rendre à l'appareil ses pleines possibilités d'évolution aux basses vitesses.

On trouve une assez grande diversité dans la forme des empennages : cruciformes, en V, en T... Cette dernière solution a actuellement la faveur d'un bon nombre de constructeurs, pour diverses raisons : simplicité de fixation ou d'articulation du plan horizontal, dégagement du sillage de l'aile, meilleure protection au sol...

En concours (ici, la « Coupe d'Europe » d'Angers), chaque journée commence par un « briefing » où sont indiqués aux pilotes le circuit imposé et les conditions météorologiques prévues.

Les planeurs sont ensuite alignés sur le terrain, dans l'attente du départ (en bas de page).

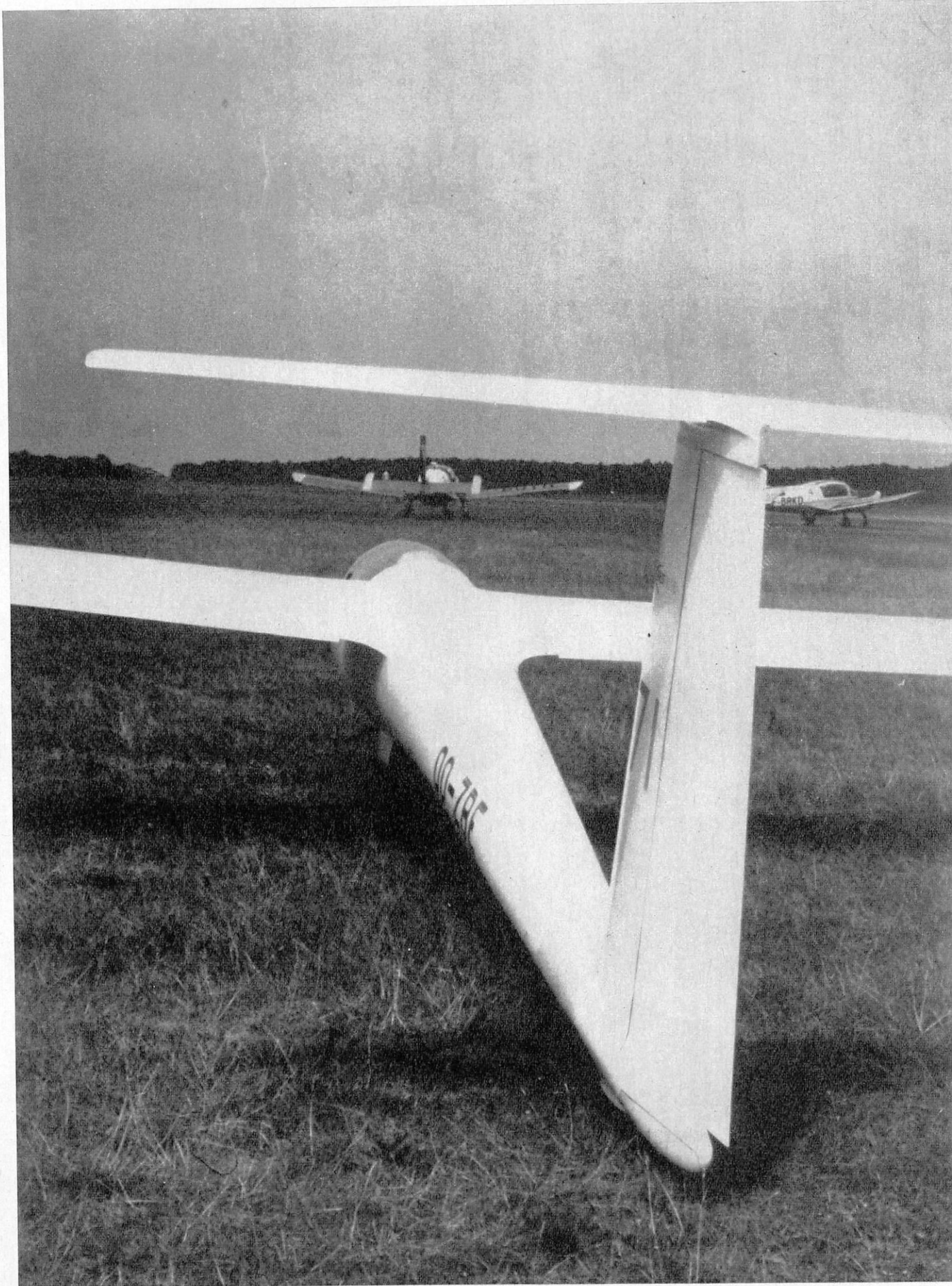
En haut, à droite : un ASW-12 à l'atterrissage, parachute-frein déployé.



Photos G. Lebrun







De nombreux planeurs modernes ont un empennage horizontal surélevé. Cette disposition aug-

mente la garde au sol et dégage largement l'empennage du sillage aérodynamique de l'aile.

L'AVENEMENT DU PLASTIQUE

Le matériau le plus employé pour la construction des planeurs a longtemps été le bois, facile à travailler, n'exigeant pas d'outillages coûteux, donnant des structures légères et permettant — en y mettant le temps nécessaire — de réaliser dans d'assez bonnes conditions les formes évolutives dessinées par les aérodynamiciens. Si le bois se prête particulièrement bien à une construction artisanale, ainsi qu'à la construction amateur pratiquée par un certain nombre d'aéro-clubs, il est aujourd'hui encore utilisé dans l'industrie, notamment pour les planeurs d'école et d'entraînement aux performances relativement modestes.

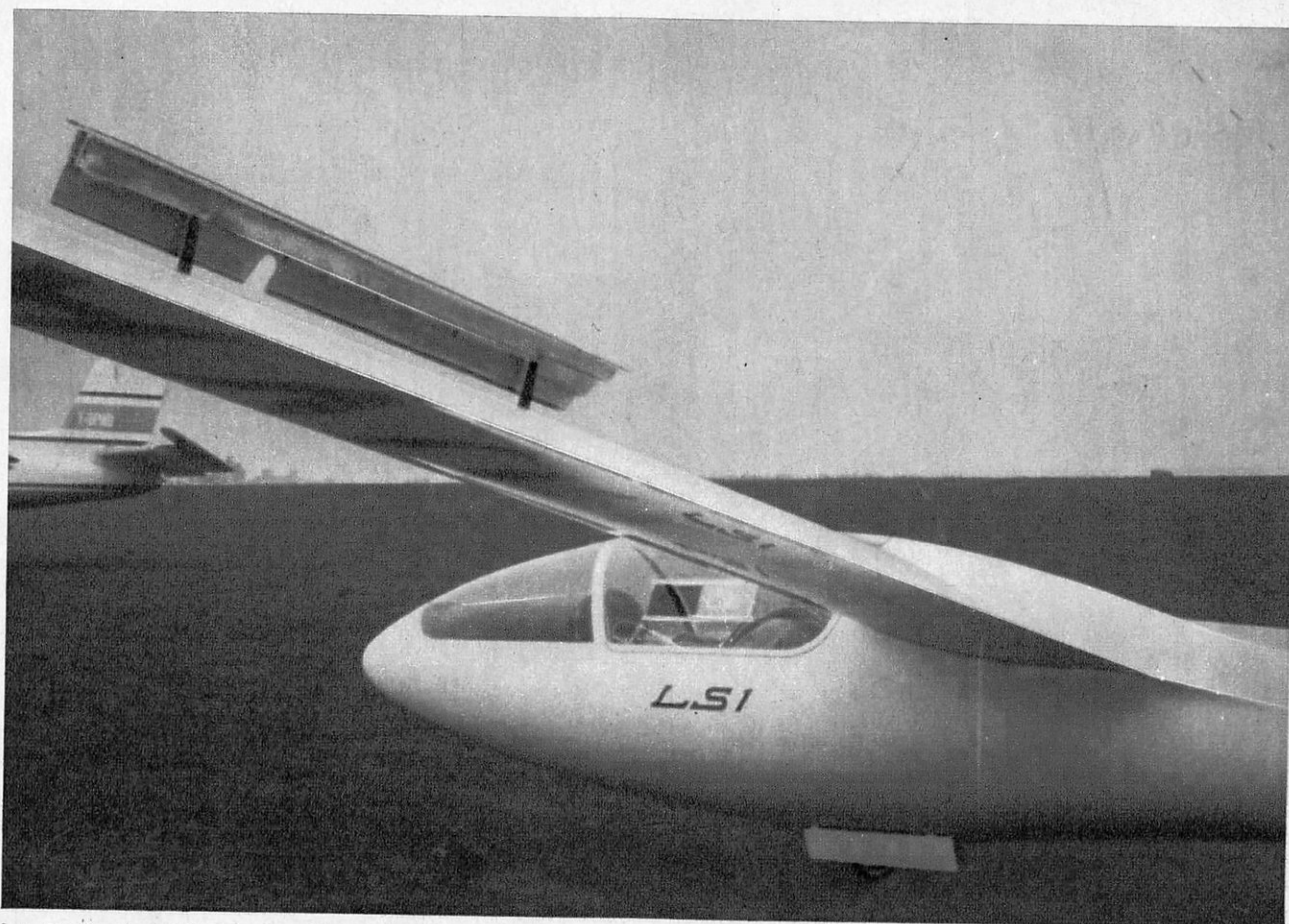
La voilure de ces appareils est toujours du type mono-longeron avec revêtement en contreplaqué, l'ensemble formant un caisson fermé d'une grande rigidité en torsion. Ce revêtement travaillant peut intéresser la totalité de l'aile ou seulement sa partie avant, l'arrière, moins exigeant en régularité de forme, étant simplement entoilé. Le maintien du profil est assuré par des nervures assez rapprochées (20 à 30 cm) en contreplaqué ou, plus souvent, en treillis de baguettes, solution plus compliquée mais aussi plus légère.

Le fuselage, coque en contreplaqué — avec cadres et lisses en bois — a, lui, pratiquement disparu, en raison du temps de travail que de-

mande ce type de construction. Il a été remplacé par une structure en treillis de tubes d'acier soudés, entoilée, dont les formes angulaires sont atténuées, au moins à l'avant, par une coque légère, non travaillante, en plastique stratifié.

La tôle et les profilés d'alliage léger, matériaux utilisés couramment en construction aéronautique, sont beaucoup moins répandus. Ils exigent en effet des moyens industriels plus importants et mènent généralement à des structures plus lourdes, une bonne régularité des surfaces ne pouvant être obtenue que par l'emploi de tôles assez épaisses. D'autre part les réparations sont plus difficiles à effectuer et dépassent vite les possibilités d'un atelier de club. Bois et métal ont perdu beaucoup de terrain, depuis une dizaine d'années, au profit des matières plastiques et des fibres de verre, adoptées maintenant par la plupart des constructeurs de planeurs de performance. La révolution est venue d'Allemagne, où apparaissait en 1957 le « Phönix », premier planeur à structure en matériaux synthétiques. D'autres modèles devaient suivre rapidement, d'abord prototypes expérimentaux, puis productions de série.

Tous les planeurs en plastique sont construits suivant les mêmes principes, avec quelques variantes dans les procédés. Chacun des éléments principaux de la cellule (aile, fuselage, empennage horizontal) est une coque dotée d'un



La sortie des aéro-freins (ici, à l'extrados de l'aile seulement) provoque une forte augmentation de

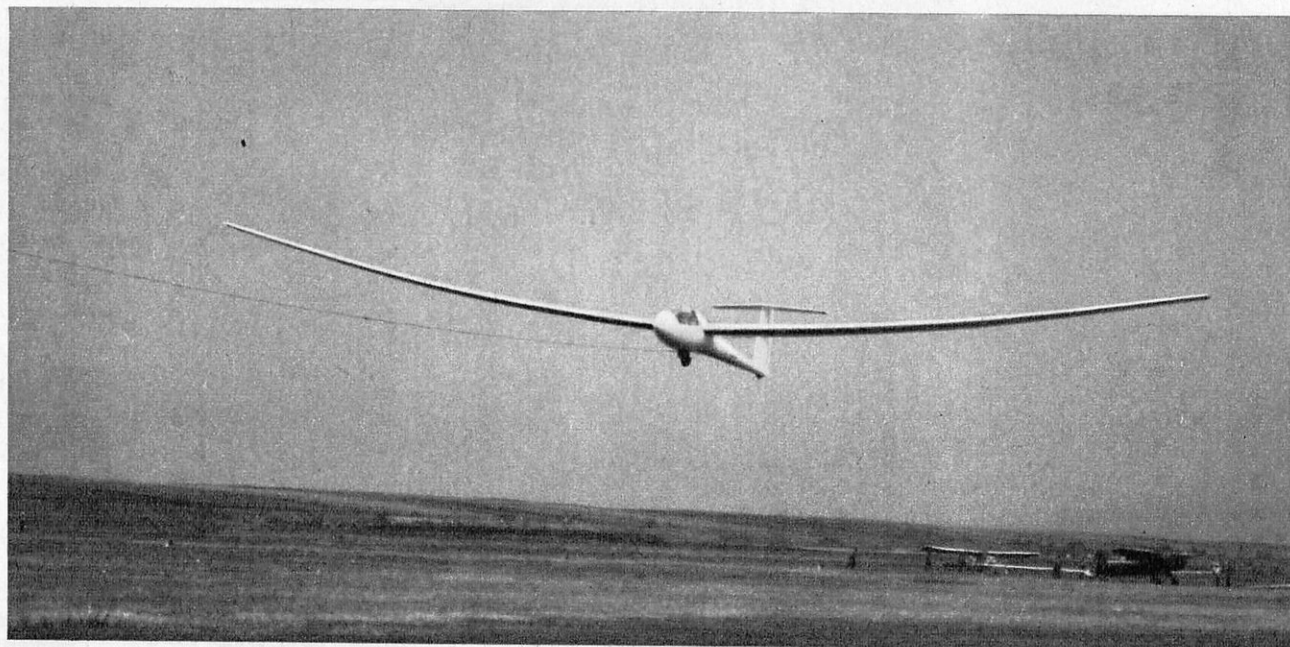
trainée et une diminution de portance due à la perturbation de l'écoulement dans cette zone.



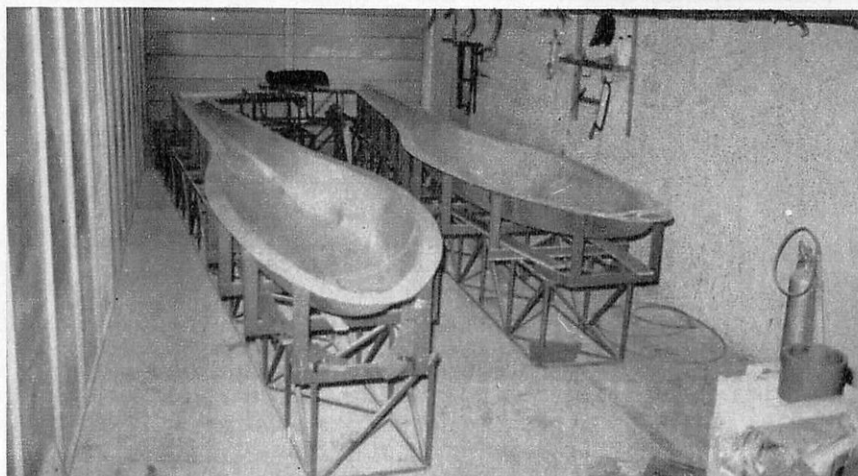
Photo Perar



Le vol à voile de montagne procure à ses adeptes d'intenses satisfactions, tant par les magnifiques spectacles qu'il offre que par ses conditions aérologiques. Ci-contre : un biplace « Blanik » en vol au-dessus des crêtes, dans les Alpes du Sud. En haut de page, ce nuage « lenticulaire », immobile malgré la force du vent, matérialise le sommet d'une onde qui va permettre au planeur d'atteindre 6 à 7 000 mètres d'altitude.



Cette vue d'un « Nimbus II » au décollage en remorqué (photo en haut de page) montre la souplesse que donnent aux ailes des planeurs de compétition leur grand allongement et la structure de leur longeron en fibres de verre. Au centre, l'ancêtre des planeurs en plastique : le « Phönix », sorti en 1957. Ci-contre, les moules de fuselage du LS-1. Après y avoir été réalisées, et munies de leurs renforts internes, les deux demicoques sont assemblées par collage à la résine. Le fuselage est ensuite placé en étuve pour accélérer la polymérisation.



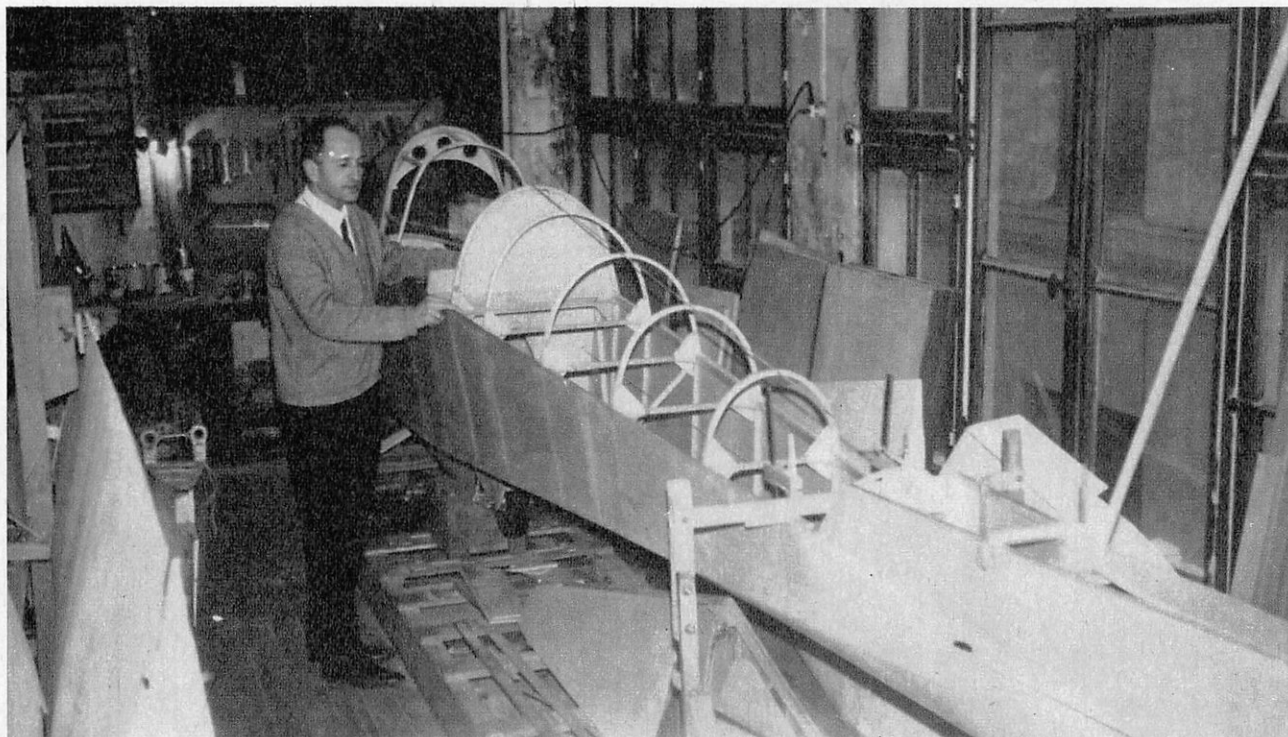
minimum de renforts internes, composée généralement de deux demi-coquilles moulées séparément puis assemblées par collage.

Les coques d'ailes sont toutes réalisées en sandwich, avec « peaux » interne et externe en stratifié tissus de verre-résine, séparées par une couche d'un matériau de faible densité. Au début, il s'agissait de balsa et, maintenant, d'un plastique expansé à structure cellulaire, genre klegecel. La rigidité d'une telle coque supprime le besoin d'y inclure des nervures, mais la présence d'un longeron reste nécessaire pour supporter les efforts en flexion. Incorporées à la coque lors de son moulage, les semelles de ce longeron sont formées de nappes de « roving » (fibres de verre unidirectionnelles), imprégnées de résine. Dans certains cas, au lieu d'être concentrées sur la faible largeur d'un longeron, ces fibres sont réparties dans toute la coque. Plus rationnel, ce procédé est peu utilisé encore, car d'une réalisation plus difficile.

Quant au fuselage, il peut être soit en sandwich, soit en stratifié simple. Dans ce dernier cas, il comporte un peu plus de renforts internes, cadres et lisses, en stratifié eux aussi, assemblés lors du moulage. Dans les deux cas, les fibres de verre, tissées ou non, sont réparties dans la coque en fonction de la direction et de l'intensité des efforts à supporter.

La résine la plus fréquemment utilisée dans les stratifiés est l'époxy, produit plus coûteux et d'une mise en œuvre plus délicate que le polyester, mais plus rigide et présentant une meilleure compatibilité avec les matériaux expansés employés dans les sandwiches.

Si la construction en plastique s'est à ce point développée, c'est qu'elle présente des avantages déterminants. Elle permet de réaliser par moulage, avec une grande précision, les formes les plus complexes. La rigidité des coques en sandwich rend possible un respect très strict des profils et un haut degré de finition des sur-



La construction traditionnelle, en bois, correspond bien aux possibilités des ateliers de club (ci-dessus) et reste valable pour les planeurs d'entraînement. Ci-contre, un « Fauconnet » avant entoilage. Le fuselage est en treillis de tubes d'acier soudés et l'aile en bois, avec une caisse de bord d'attaque en contreplaqué qui supporte les efforts en torsion. Ce modèle peut être livré en « kit » d'éléments partiellement préfabriqués, laissant à l'acquéreur le soin de terminer lui-même. La construction métallique met en œuvre des moyens plus importants.



Ci-dessus : un ASW-12 terminant un circuit, sous un ciel bien « pavé » de cumulus, témoins d'ascendances nombreuses et régulières.

En page de droite, en haut, un « Kestrel 19 » anglais vidange ses « ballasts » pour s'alléger avant l'atterrissage.

En bas : le plus récent des planeurs de sport français : le « Squale » de Wassmer.

Photo J. Plaideau

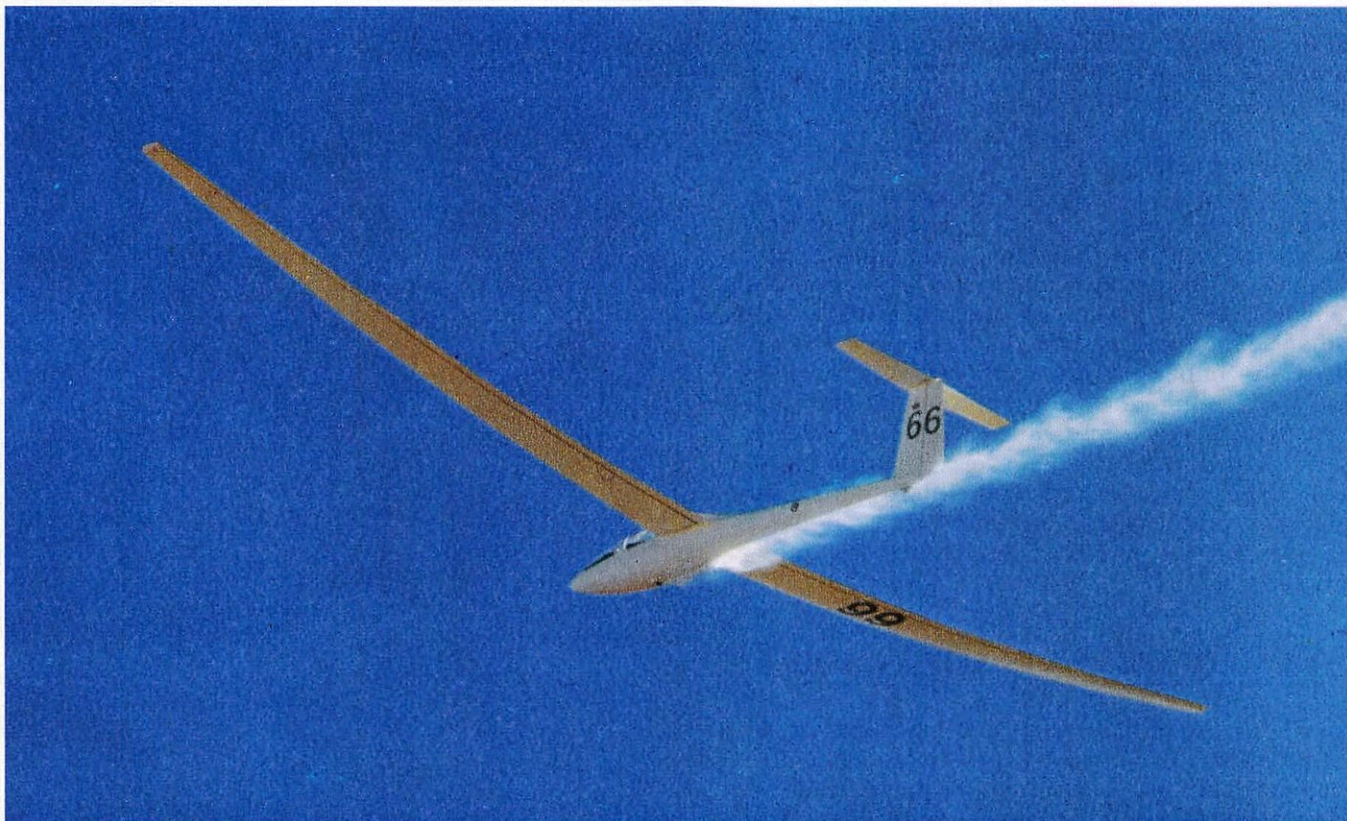


Photo Perard

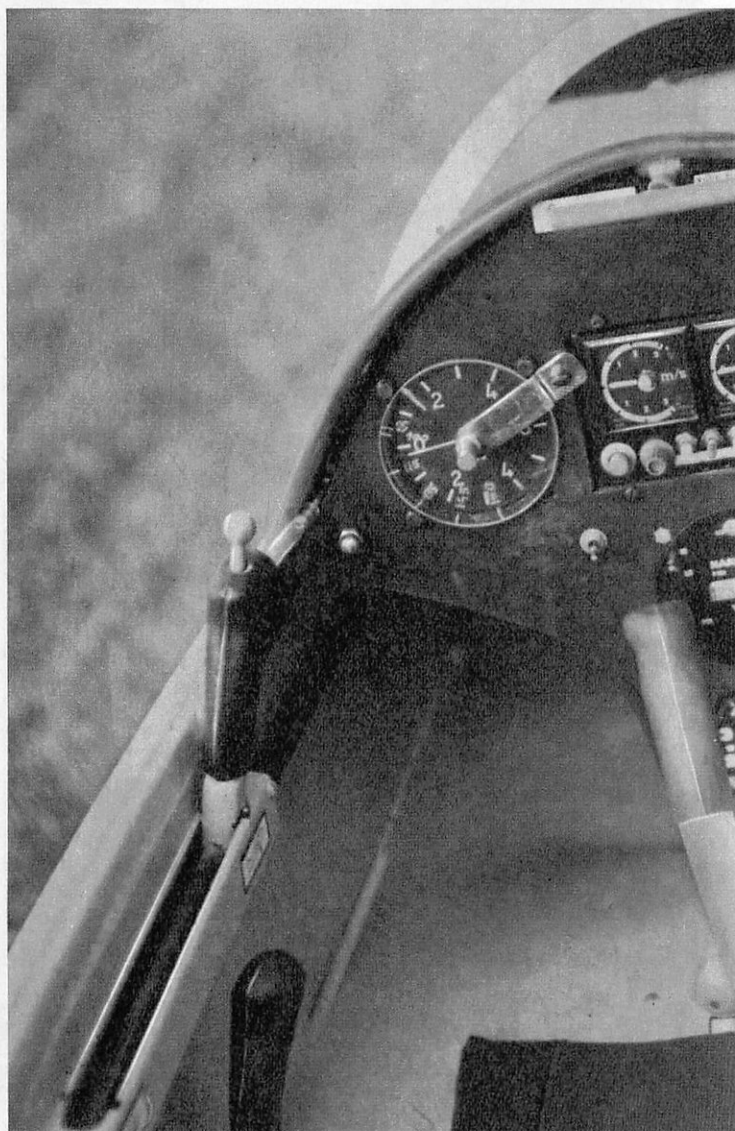
faces. Leur solidité assure une résistance aux chocs bien supérieure à celle du contreplaqué ou de la tôle et, en cas d'avarie légère, les réparations sont à peu près aussi faciles que sur les structures en bois. Le plastique présente enfin, on a pu le vérifier, une excellente résistance au vieillissement.

Le plastique a aussi ses inconvénients. Le haut module d'élasticité du stratifié de fibres de verre, s'il convient aux pêcheurs à la ligne et aux sauteurs à la perche, est moins apprécié des vélivoles, car il oblige les constructeurs à surdimensionner le longeron d'aile, donc à l'alourdir. Cette imperfection ne pourrait être corrigée que par l'emploi de fibres présentant des qualités mécaniques supérieures à celles du verre. Les fibres de carbone ont déjà été expérimentées, avec des résultats très intéressants, sur quelques prototypes, mais leur prix trop élevé n'a pas encore permis d'en étendre les applications.

DES EQUIPEMENTS SPECIALISES

Pour tirer le meilleur parti des mouvements de l'atmosphère, le vélivole a besoin de connaître avec précision un certain nombre de paramètres. Les principaux sont l'altitude, la vitesse sur trajectoire et le taux de montée ou de descente. Le pilote dispose pour cela d'un ensemble d'instruments, pour la plupart semblables à ceux que l'on peut voir sur le tableau de bord d'un avion léger. Mais certains présentent des caractéristiques particulières.

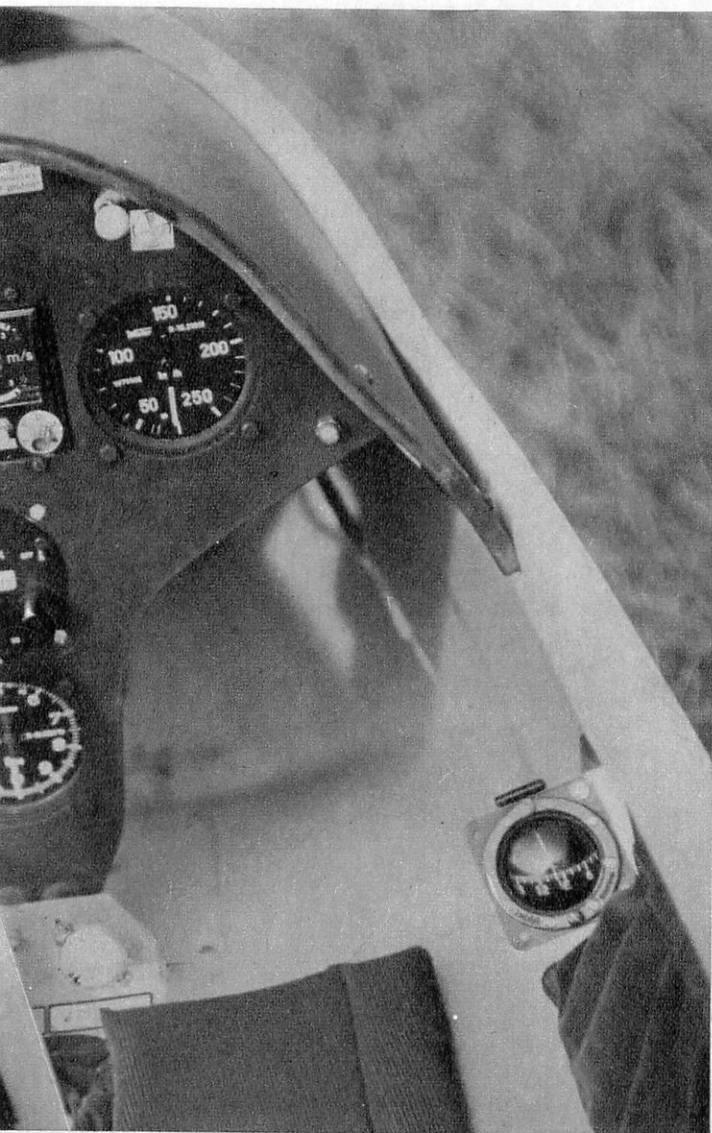
L'*anémomètre* doit avoir une échelle assez large et une bonne sensibilité aux basses vitesses. Il est important que l'*altimètre* soit, lui aussi, assez « démultiplié » (1 000 m par tour de l'aiguille, ou même moins). Un *compas magnétique* est généralement utilisé, mais il existe aussi des compas spéciaux, à très faible inertie, qui donnent une indication de cap précise en toutes circonstances, même en virage. Rien à dire de la « bille », sinon que cet *indicateur d'équilibre transversal* peut être avantageusement remplacé par un fil de laine collé par une de ses extrémités sur la face externe de la verrière, dans l'axe du fuselage, et dont les déplacements à droite ou à gauche de cet axe signalent instantanément toute amorce de vol dissymétrique. Le *variomètre* mérite, lui, une mention spéciale. On lui demande des indications exactes, et aussi immédiates que possible, sur des écarts de vitesse verticale de l'ordre du demi-mètre par seconde, ce qui exige de cet instrument une extrême sensibilité. Sans entrer dans les détails, disons qu'il existe des variomètres dotés de différentes échelles de sensibilité, et qu'il n'est pas du tout rare d'en trouver deux, ou même trois, sur le tableau de bord d'un planeur bien équipé. Sur certains variomètres électriques, il est possible de passer d'une échelle à l'autre, de même que de faire varier le temps de réponse à une variation de vitesse verticale. Ces



Sur les biplaces en tandem, chacun des deux tableaux de bord groupe les instruments de base (en haut de page, le tableau avant comporte deux

instruments peuvent également comporter un système sonore, produisant un son continu ou modulé et de fréquence variable suivant que l'on est en montée ou en descente. Un dispositif de compensation, adaptable sur tous les types de variomètre, permet d'autre part d'éliminer l'influence immédiate qu'ont sur la vitesse verticale du planeur les variations de vitesse sur trajectoire provoquées par le pilote.

On a vu enfin apparaître, il y a quelques années, de véritables « calculatrices de vol » électroniques, dont les multiples fonctions comprennent, par exemple, l'indication continue de la vitesse de montée moyenne réalisée dans une ascendance au cours des 30 dernières secondes, ou de la vitesse indiquée à maintenir à chaque instant pour réaliser la meilleure moyenne en croisière... Ces équipements ont le défaut d'être très coûteux et d'un réglage difficile, ce qui en limite beaucoup la diffusion.



variomètres). Ci-dessus, au centre du tableau de bord d'un ASW-15, l'instrument rectangulaire est un calculateur électronique de vol « Pirol 17 ».

L'INDUSTRIE MONDIALE

Dans le monde entier, il doit exister de 12 000 à 15 000 planeurs. Le pays le mieux pourvu (l'Allemagne Fédérale) en a 3 500, et la France arrive en assez bonne position, troisième des nations occidentales derrière les U.S.A., avec 1 100 appareils.

L'industrie du planeur, c'est donc le domaine de la petite, et même souvent de la très petite série, d'autant plus que la diversité des modèles est assez grande. Deux ou trois machines seulement ont été construites à plus de mille exemplaires, et beaucoup à moins de cent.

Si le vol à voile se pratique un peu partout, une dizaine de nations au plus ont une production de quelque importance. L'une d'elles, que nous avons déjà citée, se détache très nettement. C'est l'Allemagne Fédérale, d'où sortent actuellement la plupart des planeurs de compétition mis en service dans le monde occidental.

Cette supériorité allemande ne date pas d'hier. Elle remonte, en fait, à la naissance du vol à voile. Il faut en voir la raison initiale, semble-t-il, dans l'organisation de l'enseignement scientifique dans les universités allemandes. Leur orientation vers les travaux d'application pratique y a suscité la création de groupes aéronautiques, ou *Akaflieg*, formés d'étudiants qui, sous la direction de professeurs, étudiaient puis construisaient de leurs propres mains des prototypes sur lesquels ils pouvaient ensuite voler. Ces groupements, à la fois techniques et sportifs, ont été à l'origine des plus remarquables réalisations de l'entre-deux-guerres. Ils ont motivé de nombreux jeunes ingénieurs qui, même passés ensuite dans d'autres branches de l'industrie aéronautique ou de la recherche scientifique, n'en conservaient pas moins un intérêt actif pour la pratique du vol à voile et la conception de matériels appropriés. Dans les années précédant la guerre, le vol à voile allait figurer dans les moyens de formation pré-militaire, et en particulier des futurs pilotes de la Luftwaffe. Son essor en fut encore accru.

Après sa défaite militaire, l'Allemagne fut soumise, pendant une dizaine d'années, de par les conventions d'armistice, à l'interdiction de vol de tout avion privé à moteur. Il s'ensuivit une renaissance rapide du vol à voile — resté autorisé, lui, avec lancement des planeurs au treuil — et, parallèlement, le développement de trois constructeurs : Schleicher, Scheibe et Schempp-Hirth. Ceux-ci ne tardèrent pas à exporter des matériels de grande qualité et dont les prix de vente étaient fort intéressants, vu le coût peu élevé de la main-d'œuvre allemande à cette époque. Les groupes universitaires, d'autre part, reprirent leur activité dans le domaine de la recherche et de la réalisation de prototypes expérimentaux.

La mise au point des techniques de fabrication

En réaction contre
la tendance actuelle
menant vers
des planeurs de plus
en plus coûteux,
certains Américains
ont décidé de revenir
aux sources,
en construisant
des planeurs ultra-
légers sous lesquels
ils se suspendent
pour s'élancer du
haut des pentes.
Ce sport, qui a
déjà plusieurs milliers
d'adeptes aux U.S.A.,
commence à
se développer
en Europe.



en plastique provoqua, dans les années 60, la création de deux nouvelles firmes industrielles : Glasflügel et Schneider, ainsi que d'un département « planeurs » au sein du groupe Bölkow. Celui-ci a disparu depuis.

Scheibe s'étant spécialisé dans la production de planeurs motorisés faits de matériaux « traditionnels » (bois et tubes d'acier), quatre constructeurs, disposant d'une avance technologique importante et d'un réseau commercial bien organisé, se partagent donc actuellement, non seulement le marché intérieur allemand, mais aussi la plus grande partie du marché mondial des planeurs de performance.

Ils ont cependant quelques concurrents dignes d'attention. Notamment en Pologne, où l'entreprise d'Etat SZD a sorti depuis 1946 une lignée de machines réputées, qui se sont souvent illustrées dans les championnats internationaux. De son côté, l'industrie tchécoslovaque (étatisée elle aussi) produit depuis quinze ans un biplace métallique, le *Blanik*, connu et apprécié dans le monde entier. Ces deux nations exportent une partie assez importante de leur production en U.R.S.S. et dans les autres pays de l'Est (où la construction des planeurs est, en général, beaucoup moins développée), mais aussi dans le monde occidental où elles ont généralement l'atout de prix très compétitifs.

Aux Etats-Unis, où le vol à voile n'a commencé vraiment son expansion que depuis sept ou huit ans mais la poursuit à vive allure, l'industrie du planeur présente une particularité. Elle est monopolisée, à plus de 90 %, par un constructeur : Schweizer Aircraft, qui produit des machines d'école et d'entraînement entièrement métalliques, laissant le domaine des performances à quelques entreprises artisanales, aux constructeurs amateurs, et surtout à des appareils importés, principalement d'Allemagne. Plus près de nous, en Grande-Bretagne, où près d'un millier de planeurs sont en service, deux constructeurs, Slingsby et Elliott of Newbury, ont eu pendant longtemps une production assez importante et de flatteuse réputation. Mais des difficultés financières, causées en partie par la concurrence étrangère, ont entraîné la disparition du second et contraint l'autre à abandonner ses propres productions pour se consacrer à la construction sous licence de planeurs allemands. L'apparition récente de deux entreprises proposant de nouveaux modèles dans la classe du planeur de club relativement économique est peut-être l'annonce d'un renouveau.

En Suisse, autre particularité : si l'on excepte l'initiative artisanale d'A. Neukom, créateur de machines réalisées à quelques exemplaires seulement, la construction des planeurs a été assurée uniquement, ces dernières années, par d'importantes entreprises aéronautiques travaillant surtout sur des programmes militaires. Sans doute étaient-elles soucieuses de diversifier leurs activités en y adjoignant un secteur indépendant des commandes de l'Etat. Ce fut d'abord

la F.F.A. d'Altenrhein, avec le « Diamant » en plastique (maintenant abandonné), puis Pilatus, qui a lancé l'an dernier la série des monoplaces métalliques B-4.

En Italie, la situation est assez semblable. La seule production actuelle — encore dans sa phase de démarrage — est celle des biplaces métalliques de grande performance *Calif A-21*, entreprise par Caproni, le plus ancien des constructeurs d'avions italiens, dans une usine où elle s'ajoute à diverses autres fabrications, aéronautiques ou non.

FRANCE : LE CREUX DE LA VAGUE ?

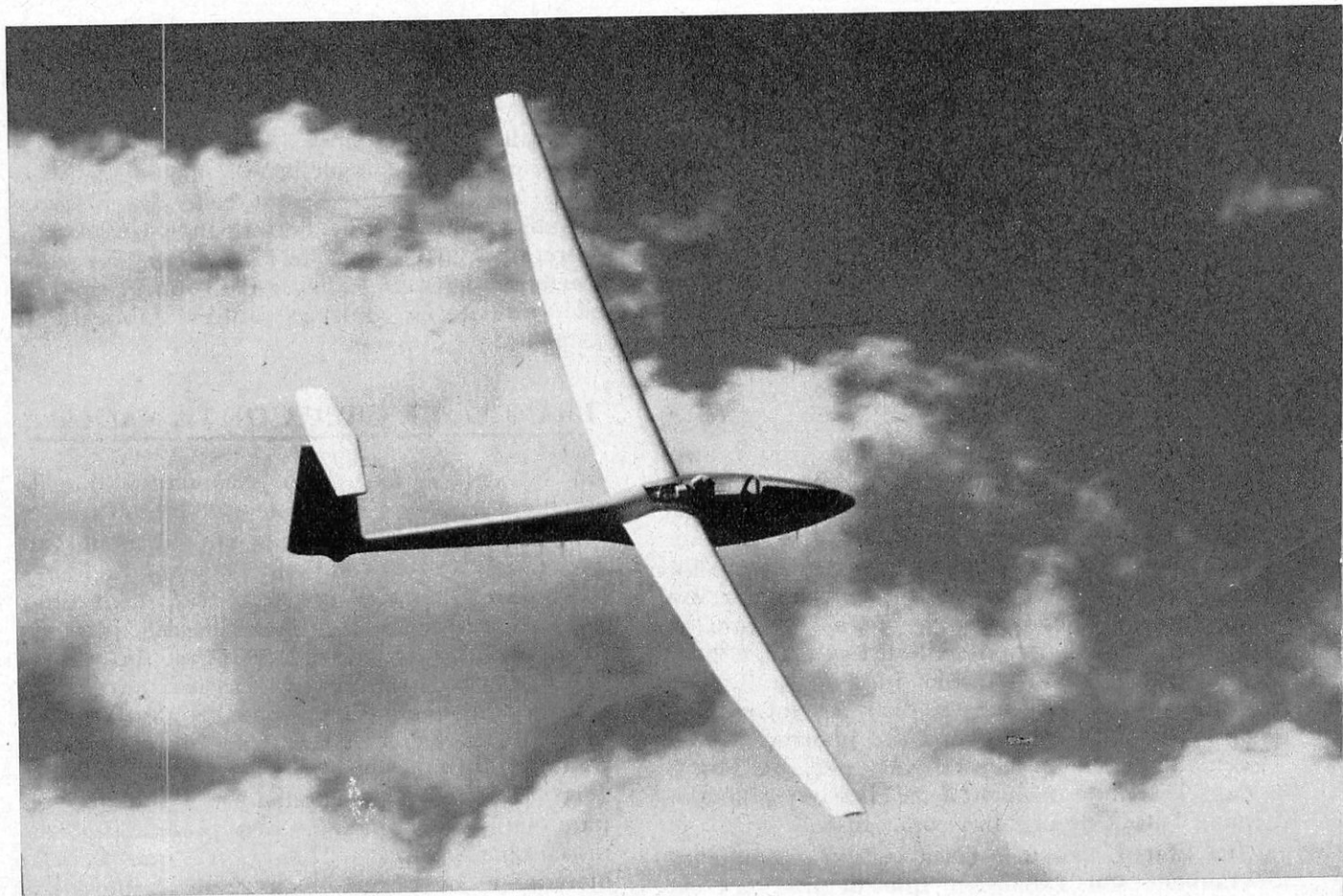
En France, il faut bien reconnaître que la situation actuelle n'est pas très brillante, surtout si on la compare à ce qu'elle était, par exemple, il y a une vingtaine d'années.

C'est en 1930 que démarra réellement chez nous la construction industrielle de planeurs (il n'y avait eu, auparavant, que des prototypes), avec la création de l'association AVIA, groupe d'ingénieurs qui assura l'étude de divers planeurs de début, d'entraînement et de performance. La production s'accrut, après 1936, avec l'« Aviation Populaire », organisation para-étatique et quelque peu prémilitaire qui ressemblait assez — bien qu'à une échelle moindre et avec une idéologie différente — à ce qui existait à l'époque de l'autre côté du Rhin.

A la Libération, la flotte se trouvait réduite à fort peu de choses. Elle devait être reconstituée, et largement accrue, par la production, à partir de 1945, de séries assez importantes. Ces nouveaux planeurs étaient construits dans diverses usines d'aviation, nationalisées ou non, sur commandes de l'Etat, qui finançait alors intégralement la dotation en matériel des centres de vol à voile.

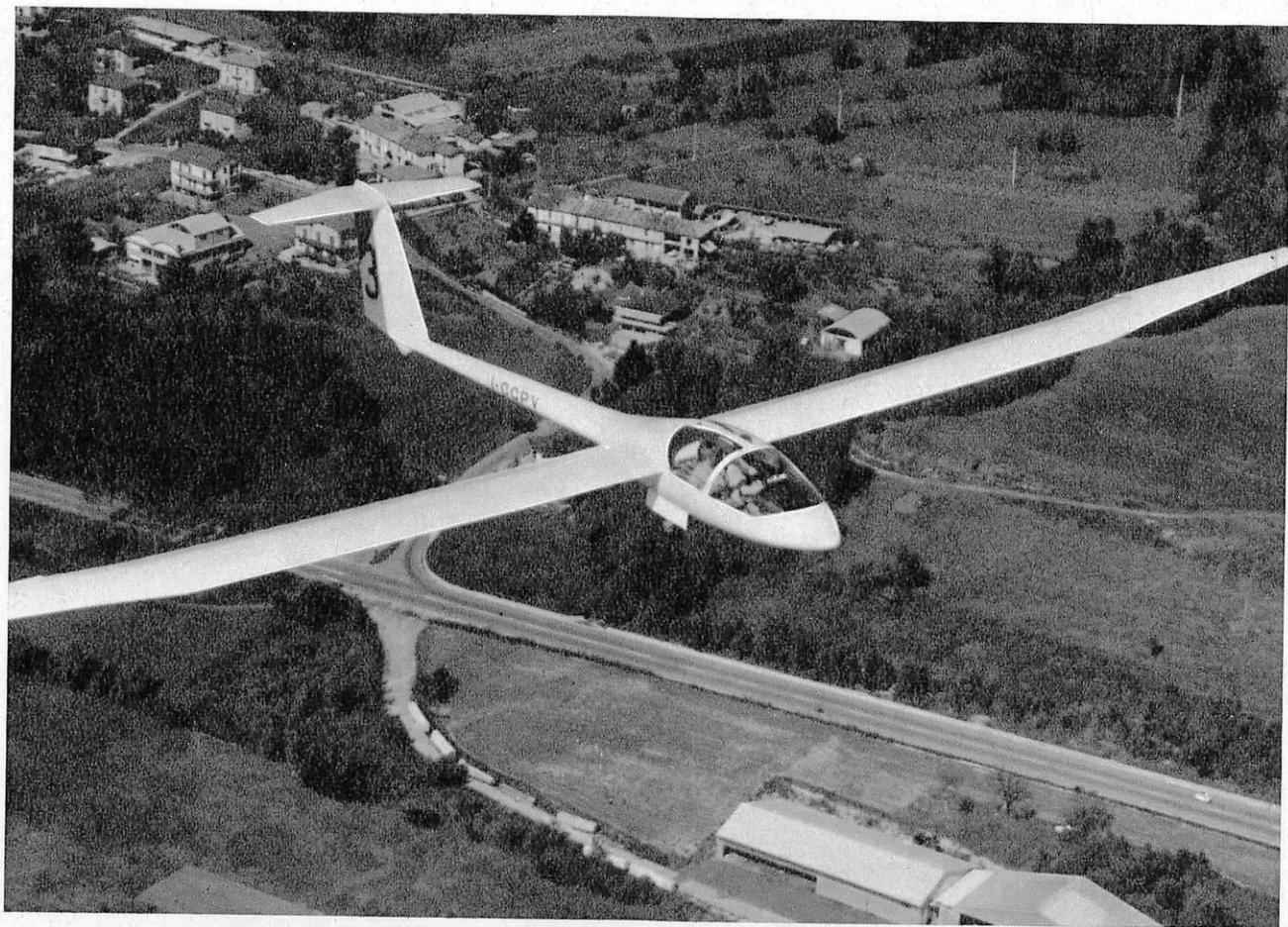
Cette politique se traduisit par la construction d'environ 1 500 machines et la création de plusieurs types prestigieux, comme l'Air 100 et plus tard les Bréguet 901 et 904. Mais l'Etat commença ensuite à se désengager de ce secteur, conservant toutefois à sa charge, dans le domaine du matériel volant, le prêt d'avions-remorqueurs aux clubs, les subventions aux constructeurs (pour le développement et le lancement en série de nouveaux modèles) et aux associations (sous forme de primes d'achat).

Les constructeurs — Bréguet, Wassmer, et un peu plus tard SIREN — sortirent alors pour le secteur privé des appareils pour la plupart assez compétitifs, sur le plan technique, avec les productions étrangères du moment. Certains, comme l'« Edelweiss », apparu en 1963, présentaient même une avance incontestable. Mais des prix trop élevés et, aussi, une insuffisance de dynamisme commercial chez ces constructeurs ne leur permirent pratiquement pas d'aborder les marchés extérieurs, limitant



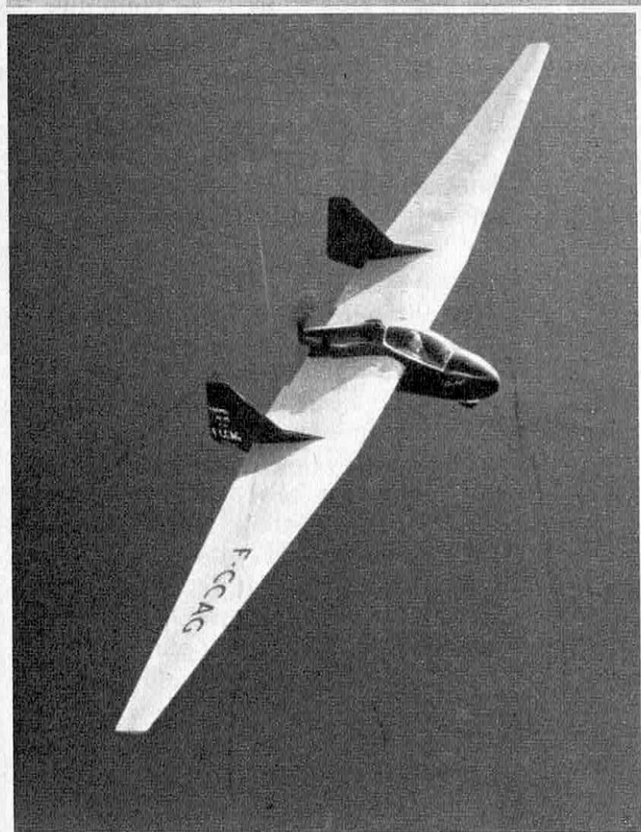
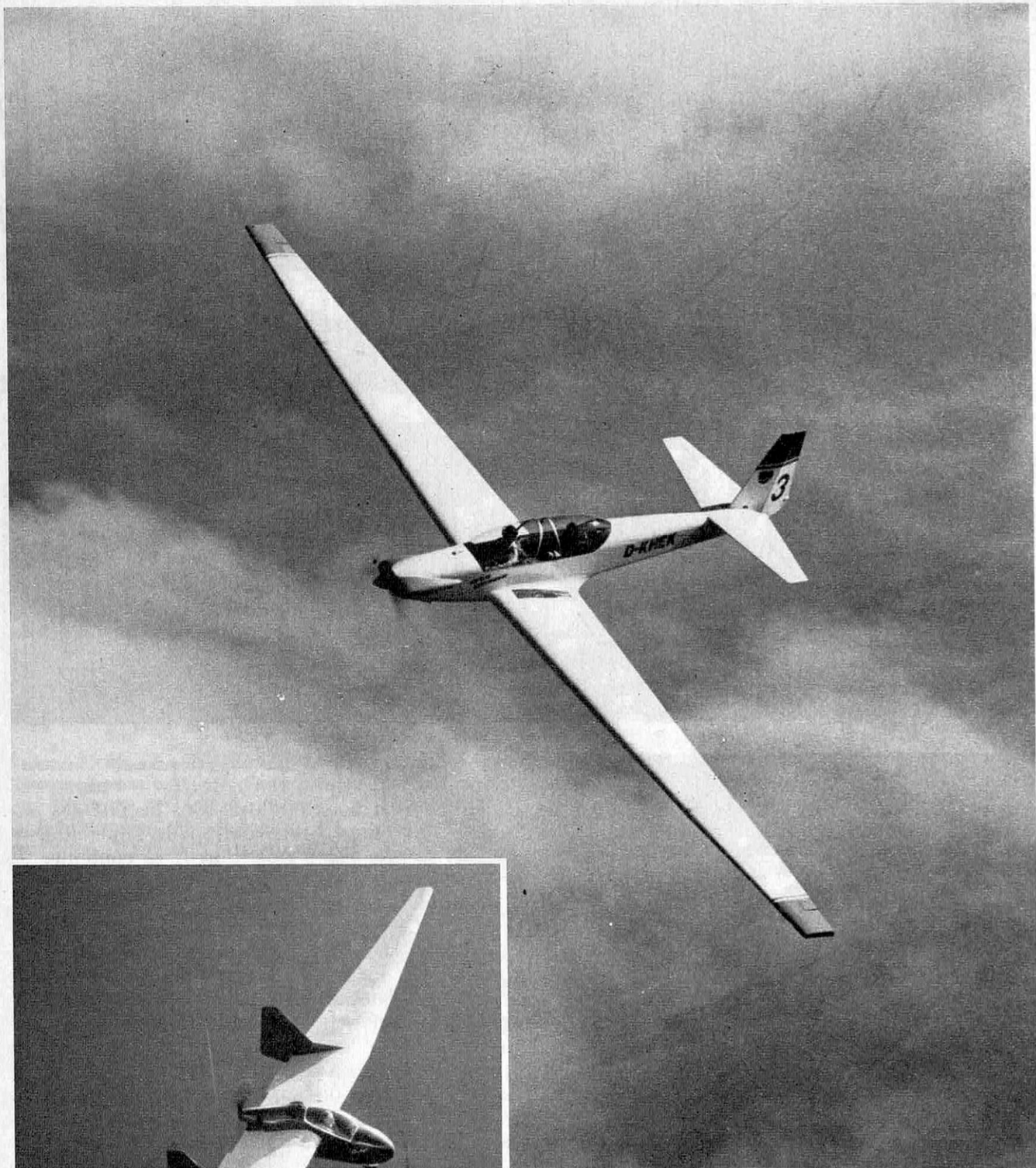
Plusieurs pays européens entendent disputer à l'Allemagne, avec des produits de grande classe, sa prééminence sur les marchés mondiaux. Ci-dessus, le « Kestrel 19 » britannique, version évoluée d'un modèle allemand d'abord construit sous licence. Il est le premier planeur à avoir reçu, à titre expérimental, un longeron d'aile renforcé de fibres de carbone. A droite, le Caproni « Calif » A-21 italien, entièrement métallique ; c'est le seul biplace de grande performance actuellement en production dans le monde. Ci-contre, le « Diamant » suisse, le premier planeur en plastique réalisé hors d'Allemagne.





ainsi l'importance de leurs séries. Deux nouvelles entreprises, Avialsa et CARMAM, se montèrent d'autre part pour produire sous licence des modèles étrangers : allemands pour l'une, italiens pour l'autre. Elles aussi durent se contenter de vendre en France.

Avec la mise en application du Marché commun, et, à peu près à la même époque, l'apparition chez les constructeurs allemands de nouveaux modèles plus évolués que ceux de notre production nationale, la concurrence de ce pays commença à se manifester sur le marché intérieur français. Elle est devenue de plus en plus vive, en dépit de l'augmentation continue des prix des matériels allemands due à l'accroissement des coûts de production et à la réévaluation du Mark. De telle sorte qu'actuellement, aucun planeur de conception française n'est plus produit en série et que les constructions sous licence sont elles-mêmes très réduites. Mais on peut espérer un prochain redressement. Plusieurs de nos constructeurs semblent avoir suffisamment assimilé la technologie des planeurs en plastique pour se lancer à leur tour dans des réalisations. Deux modèles, un biplace d'entraînement et un monoplace « club », sont d'ores et déjà en cours de réalisation. On en attend des performances au moins égales à celles des appareils actuels de leur catégorie et des prix nettement inférieurs à ceux des productions d'outre-Rhin, ce qui devrait leur donner aussi une bonne chance de trouver des amateurs au-delà de nos frontières.



Des planeurs « autonomes », comme le RF-5-B allemand, commencent à être utilisés dans certains pays pour assurer l'entraînement des élèves-pilotes de façon plus rationnelle et plus économique. Equipés d'un moteur de faible puissance (50 à 60 ch), ces appareils décollent et montent par leurs propres moyens. Hélice calée, ils ont des qualités voilières très proches de celles des planeurs classiques. Ils présentent en plus l'avantage de pouvoir reprendre de l'altitude en l'absence de toute ascendance et donc de rendre la durée du vol indépendante des conditions météorologiques. Des planeurs monoplaces de sport ont également été motorisés : ci-contre, une « Aile Volante » Fauvel AV-45.

LA PRATIQUE DU VOL A VOILE

Le vol à voile est un sport individuel qui ne peut se pratiquer qu'en équipe... Cette constatation n'est paradoxale qu'en apparence. En effet, si, à bord de son appareil, le pilote est généralement seul (les biplaces étant utilisés surtout pour l'instruction), au sol, par contre, il ne peut se passer d'aide pour les opérations que comporte la mise en œuvre de son appareil. Il faut d'abord le sortir du hangar ou, s'il est sur sa remorque, en assembler les éléments (ce qui nécessite au moins trois personnes), l'emmener en piste, le mettre en l'air à l'aide d'un avion remorqueur, ou d'un treuil sur les terrains où ce moyen est encore utilisé. Il faut, enfin, éventuellement, aller le dépanner par la route s'il a dû se poser en campagne.

Il serait évidemment concevable que des entreprises commerciales assurent ces services, mais quel en serait le prix ? D'autre part, les planeurs coûtent cher en raison des soins et des contrôles minutieux qu'exige leur fabrication et des très petites séries réalisées. Il faut compter actuellement de 40 000 à 60 000 F pour un monoplace de sport moderne, et nettement plus — de 70 000 à 100 000 F — pour une machine de grande compétition.

Autant par communauté de goûts que pour réduire les frais qu'implique la pratique de leur activité et rentabiliser au mieux leurs investissements, il était normal que les vélivoles pensent à se grouper en associations assurant au moindre coût la gestion des équipements collectifs indispensables et possédant en propre des planeurs pouvant être mis à la disposition de leurs membres.

Cette tendance est plus ou moins accentuée suivant les pays. En France elle est très nette, et même presque exclusive. Les propriétaires de planeurs privés sont rares (bien que leur nombre soit en augmentation), et, de toutes façons, il leur serait à peu près impossible, en pratique, de voler autrement que dans le cadre d'un club. La propriété collective du matériel est d'autant plus avantageuse sur le plan financier que les aéro-clubs reçoivent de l'Etat une aide encore assez substantielle, justifiée par la part importante de leur activité qu'ils consacrent à la formation des jeunes.

Cette aide de l'Etat se manifeste, nous l'avons dit plus haut, sous forme de prêt d'avions remorqueurs et de primes à l'achat des planeurs et de leurs équipements, mais aussi par l'affectation de hangars et par une subvention directe, basée sur le volume annuel d'activité réalisée par les jeunes de moins de 22 ans. Ces derniers peuvent se voir attribuer aussi, à titre personnel, des bourses de pilotage qui leur permettent de voler jusqu'à l'obtention de leur brevet, et même

après, pour une dépense modeste. Les membres adultes de l'association bénéficient aussi, dans une certaine mesure, des moyens mis à la disposition de leur communauté, en contrepartie de leur collaboration bénévole aux tâches d'administration du club, d'entretien du matériel et d'instruction des élèves-pilotes.

Les clubs où se pratique le vol à voile — une centaine en France — sont de deux types : les uns se consacrent uniquement à cette activité, tandis que les autres (les plus nombreux) sont pluridisciplinaires, comportant aussi des sections de vol à moteur, d'aéromodélisme et parfois de parachutisme. Dans les deux cas, ils sont affiliés à une Fédération nationale⁽¹⁾ et groupés, sur le plan régional, en cinq « ligues » dont le découpage correspond à celui des « régions aéronautiques » administratives.

LA FORMATION DES VELIVOLES

Le pilotage des planeurs est, fondamentalement, identique à celui des avions — qui sont d'ailleurs souvent utilisés, suivant la formule dite « méthode mixte », dans la phase initiale de l'instruction en vol. L'avion permet d'inculquer aux élèves les principes de base de l'action des gouvernes, avant qu'on les fasse passer sur le planeur biplace qui servira au reste de l'entraînement, conclu par le « lâcher » sur monoplace. Un « brevet élémentaire » sanctionne l'aptitude du tout jeune pilote à voler de ses propres ailes en sécurité, ainsi que sa connaissance des vérifications à faire avant le départ pour s'assurer du bon état de son appareil. Mais ce n'est encore qu'un premier pas. Cours théoriques et entraînement en vol, avec instructeur ou seul à bord, reprennent ensuite, pour amener l'élève à perfectionner son pilotage, à acquérir les techniques proprement « vélivoles » de l'exploitation des ascendances, et à préciser ses connaissances dans les divers domaines concernés par le vol (aérodynamique, mécanique du vol, technologie, météorologie, navigation, réglementation de la circulation aérienne).

Les épreuves du « brevet de pilote de planeur » comportent un examen écrit portant sur toutes ces matières, un test en vol détaillé, et l'accomplissement des premières performances de vol à voile : un vol d'une durée de deux heures, un gain d'altitude de 1 000 mètres et une distance de 50 kilomètres. Ce brevet pourra être agrémenté par la suite de diverses « qualifications » autorisant leur titulaire à piloter des appareils munis d'équipements particuliers (volets de

(1) Fédération Française de Vol à Voile, 29, rue de Sèvres, Paris 6^e. Tél. 544.04.78.

courbure, roue rentrante), à emmener des passagers en biplace ou à pratiquer l'instruction en vol.

Le nouveau breveté peut s'attaquer aux « insignes de performance », reconnus sur le plan international, et qui sont en quelque sorte les « chamois » du vol à voile. Un vol d'une durée de 5 heures lui donnera l'insigne d'argent ; pour l'insigne d'or, il lui faudra réaliser un gain d'altitude de 3 000 mètres et un vol de distance d'au moins 300 kilomètres — ce qui est déjà beaucoup plus difficile ; et cet insigne s'ornera de trois diamants, distinction suprême, pour les trois performances suivantes : gain d'altitude de 5 000 mètres, distance en circuit fermé (aller et retour ou triangle) de 300 kilomètres, distance libre de 500 kilomètres.

L'ABOUTISSEMENT : LA COMPETITION

Parvenus à ce niveau, et même, souvent, bien avant d'y arriver, de nombreux vélivoles éprouvent le désir de montrer leurs capacités dans un cadre plus large que celui du club. Ils s'orientent donc vers la compétition, aboutissement normal de toute activité sportive.

Autrefois, les concours consistaient surtout en épreuves de distance, libre ou sur axe imposé. Cela entraînait, pour peu que les conditions soient favorables au vol, des dépannages longs et fastidieux pour ramener les planeurs à leur base de départ.

De nos jours, les épreuves de ce genre n'ont pas encore totalement disparu, mais sont devenues très rares. Elles ont été remplacées par des courses de vitesse disputées sur un trajet aller et retour ou sur circuit triangulaire. Tout en réduisant l'inconvénient des dépannages au loin, ces épreuves sont plus sélectives. Elles donnent moins de place à la chance et davantage aux capacités des pilotes.

La forme, l'orientation et les dimensions du circuit sont déterminées par l'organisateur, en fonction des conditions météorologiques annoncées par le prévisionniste attaché à la compétition. Ce dernier établit ses prévisions à l'aide des renseignements relatifs à la situation générale, reçus par téléphone ou par télécopieur, et des résultats de divers radio-sondages qu'il complète lui-même par un sondage local effectué en avion, à la verticale du terrain, pour mesurer de façon précise les critères d'instabilité de l'atmosphère (température et humidité) aux différentes altitudes ainsi que la force et la direction des vents. Il lui est ainsi possible de donner aux concurrents, au « briefing » matinal, une vue assez exacte des conditions du moment et de leur évolution probable au cours de la journée (durée de la convection thermique utilisable, hauteur des nuages, force des ascendances, vents...). Les planeurs, alignés sur la piste dans un ordre déterminé par tirage au sort, sont remorqués successivement jusqu'à une altitude fixée (géné-



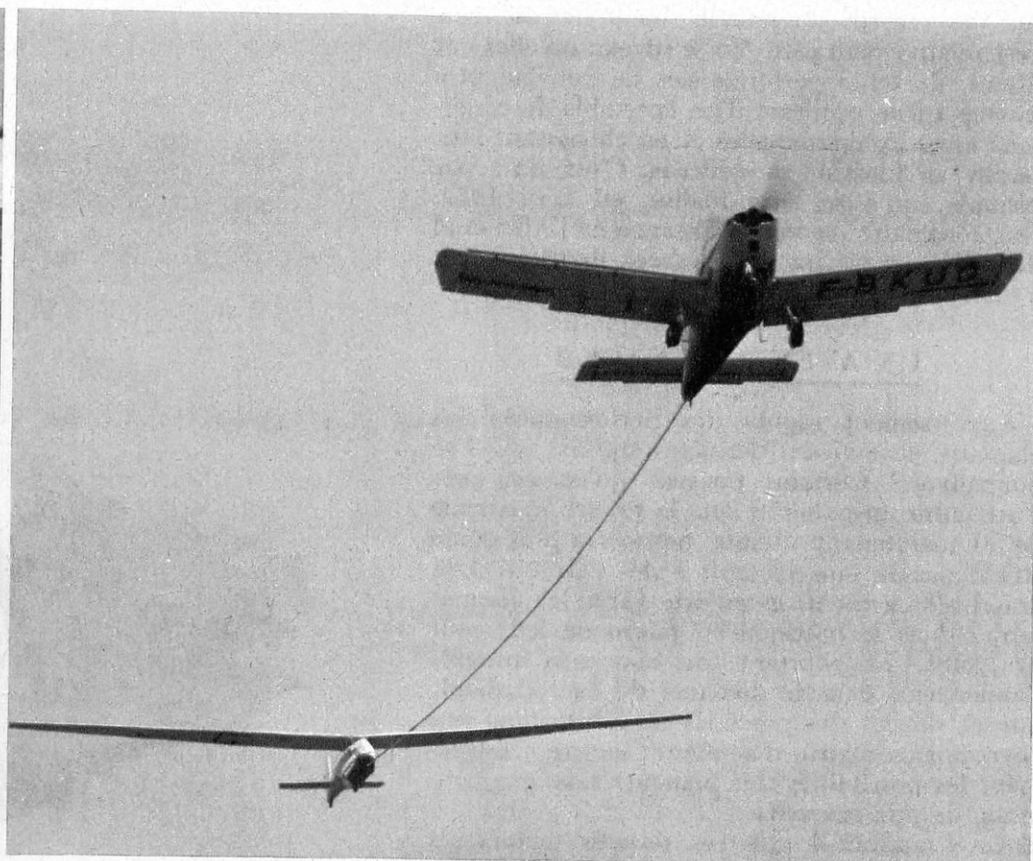
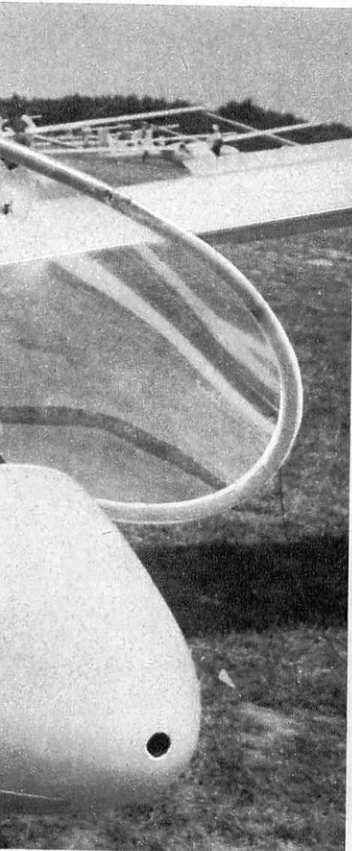
Prêt au départ, lors d'une épreuve de championnat, un

ralement 500 mètres), et chronométrés ensuite au passage à la verticale d'une ligne de départ que chaque pilote est libre de franchir au moment qui lui convient, en fonction de l'idée qu'il a pu se faire des conditions réelles et de leur évolution. La décision du pilote a souvent une influence capitale sur l'issue de l'épreuve : partir trop tôt, c'est perdre du temps en commençant le circuit alors que la situation n'est pas encore bien établie ; partir trop tard, c'est risquer d'être freiné, ou même bloqué, sur la fin du parcours, par l'affaiblissement de la convection ou par des développements orageux...

Le planeur est à nouveau chronométré au passage de la ligne d'arrivée, et les points obtenus par le pilote pour l'épreuve du jour sont calculés suivant une formule qui tient compte, notamment, du temps mis par le concurrent le plus rapide et du nombre de planeurs ayant terminé le circuit. Les autres, posés en campagne, ne sont notés que suivant la distance qu'ils ont parcourue.

Pour prouver qu'ils ont bien suivi l'itinéraire imposé, les pilotes doivent photographier avant le départ un panneau d'identification signé d'un commissaire, puis, pendant le vol, chacun des points de virage du circuit (ville, aérodrome ou autre point caractéristique). Le film, remis à l'arrivée, sera immédiatement développé et contrôlé.

Tel est le schéma classique de toutes les compétitions de quelque importance. Les participants s'en montrent généralement satisfaits. Un pro-



pilote de « Squalo » attend le remorqueur qui le hissera jusqu'à l'altitude de largage imposée.

blème se pose pourtant, dû à la disparité des planeurs utilisés et aux inégalités qui en résultent sur le plan sportif.

Pour les grands championnats nationaux et internationaux, le problème a été résolu par la répartition des planeurs en deux catégories, qui font l'objet de classements séparés et auxquelles sont même données souvent des épreuves différentes : classe « standard », avec envergure limitée à 15 mètres et interdiction de certains dispositifs (volets de courbure distincts des aérofreins, parachute de queue) ; classe « libre », sans aucune limitation. Les pilotes participant à ces rencontres disposent pour la plupart des machines les plus modernes dans chacune des deux classes et les inégalités se trouvent donc réduites à un degré acceptable.

Il n'en est pas de même dans les concours de niveau moins élevé, vu la diversité des planeurs en service dans les clubs.

La solution du handicap a été souvent proposée, et est effectivement utilisée dans certains pays (anglo-saxons, surtout), mais son application en matière de vol à voile s'avère très délicate. Les possibilités de chaque planeur varient en effet suivant la charge emportée et sont d'autre part affectées différemment par les conditions météorologiques rencontrées, selon la maniabilité de l'appareil, sa rapidité de prise de vitesse, voire la plus ou moins grande sensibilité de son profil d'aile aux gouttes de pluie qui s'y déposent... Toutes choses bien difficiles à mettre en équation ! De plus, dans une course de vitesse, une

formule de handicap ne peut être valable que si tous les planeurs engagés ont réellement la possibilité de boucler le circuit prévu, ce qui n'est pas toujours le cas. Il suffit, par exemple, d'un vent debout un peu plus fort que prévu pour faire perdre toutes leurs chances aux machines les moins fines, et à elles seules.

On préfère souvent opter pour la ségrégation, en subdivisant la classe « standard » internationale en deux catégories, dont chacune groupe des types de planeurs aux caractéristiques suffisamment voisines.

Sur le plan national, la plus importante compétition est, comme de juste, le championnat de France, organisé tous les deux ans (cette année, à Issoudun, du 29 juillet au 9 août), en alternance avec des « championnats régionaux » qui servent d'éliminatoires. Ces derniers rassemblent environ 180 concurrents, dont les 60 meilleurs se retrouvent l'année suivante pour disputer le titre national.

Deux rencontres internationales réputées, par ailleurs, se déroulent chaque année dans notre pays : la coupe d'Europe à Angers et, à Vinon-sur-Verdon, un championnat de vol en montagne.

Tous les deux ans, les quatre meilleurs pilotes de chaque pays membre de la Fédération aéronautique internationale s'affrontent en un championnat du monde. Le prochain aura lieu en janvier 1974 dans le sud de l'Australie, une des régions les plus réputées pour leur aérologie. Au cours de ces grandes compétitions, il arrive

que des records du monde soient battus, mais c'est relativement rare. Vu le niveau qu'elles ont atteint, de telles performances ne peuvent être réussies qu'en profitant d'un ensemble de conditions assez exceptionnelles et en choisissant l'itinéraire en fonction de celles-ci. C'est ainsi, par exemple, qu'a pu être réalisé, en avril 1972, l'extraordinaire record de distance de l'Allemand Hans-Werner Grosse : Lubeck-Biarritz, soit 1 461 kilomètres...

UN AVENIR MENACE ?

L'accroissement rapide des performances des planeurs, observé ces dernières années, va-t-il se poursuivre ? Certains pensent qu'on est près d'atteindre un palier et que la finesse maximale de 50, maintenant atteinte, ne pourra plus guère être dépassée sans recourir à des solutions (très grand allongement, géométrie variable) inapplicables dans la pratique en raison de leur coût prohibitif. Et pourtant, de nouveaux progrès s'annoncent, dans le domaine de l'aérodynamique et surtout des procédés de fabrication, qui devraient permettre d'améliorer encore sensiblement les possibilités des planeurs sans augmentation de prix excessive.

Encore faudrait-il que ces progrès techniques puissent être exploités sans restrictions. Plus les performances sont élevées, plus leur accomplissement exige d'espace libre. Or, cet espace a une fâcheuse tendance à se réduire à mesure que se développe le trafic aérien commercial. Déjà, dans certains pays, les planeurs — de même que les avions légers en vol non contrôlé — ne peuvent plus évoluer que dans des volumes assez restreints, ou se voient imposer des limitations d'altitude très pénalisantes. Si, en France, nous n'en sommes pas encore là, on y voit se multiplier et s'élargir peu à peu les secteurs interdits au vol à voile.

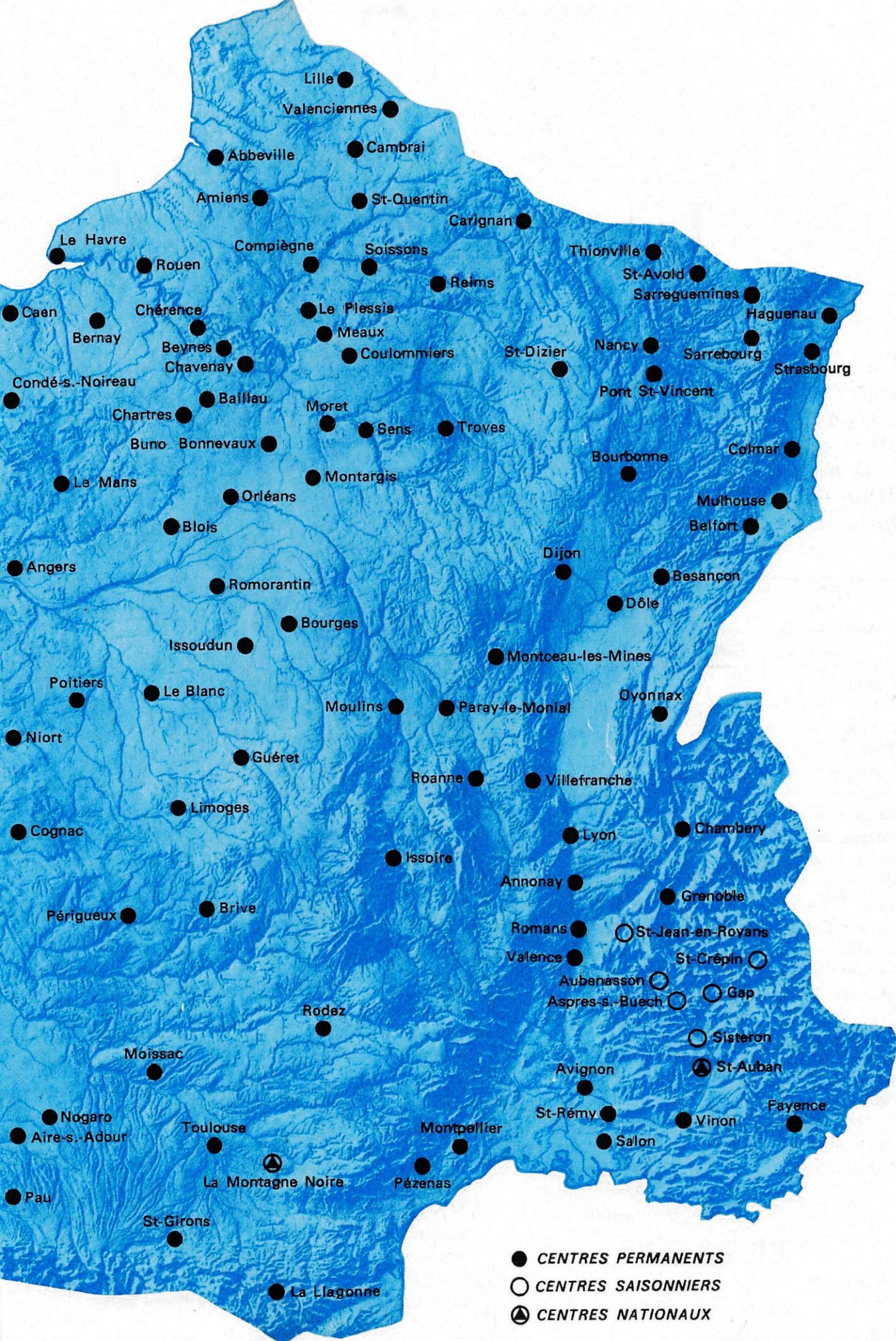
L'espace aérien est de plus en plus encombré, c'est vrai, mais pas partout. Il ne l'est que dans les zones d'approche — parfois très étendues — des grands aérodromes, où les planeurs ne sont pas admis, et dans les voies aériennes où circulent les avions de ligne, à une altitude toujours largement supérieure à celle que peut atteindre un planeur en vol à vue (sauf en montagne, par situation d'onde, où les montées à haute altitude sont soumises à l'autorisation du contrôle régional).

De leur côté, les militaires des diverses armes se sont appropriés d'assez nombreuses portions d'espace qui, additionnées, représentent un volume considérable.

Il reste encore heureusement, en dehors de ces zones, assez de place pour permettre aux véli-voles de pratiquer leur sport avec une liberté de mouvement suffisante ; liberté qu'ils se soucient de voir préservée, partout où elle ne constitue pas une gêne pour les autres usagers de l'espace aérien.

Michel BATTAREL





Les avions légers de construction française

Il y a deux ans, Aviation 71 était largement consacré à l'aviation légère, de voyages et d'affaires, et en particulier à la construction française. Nous nous étions, en fait, peu intéressés sur les appareils eux-mêmes. Cette année, au contraire, il nous a paru

intéressant de présenter la production française sous la forme de fiches signalétiques, modèle après modèle, au moins pour les constructeurs dont l'activité est vraiment industrielle. En deux ans, d'ailleurs, les gammes ont été assez largement remaniées.

AVIONS PIERRE ROBIN

DR-400

Moteur : 1 Lycoming O-235 F de 125 ch
Cabine : 2/4 places
Envergure : 8,72 m
Longueur : 6,96 m
Hauteur : 2,23 m
Poids max. au décollage : 900 kg
Vitesse de crois. max. : 220 km/h
Rayon d'action : 945 km
Prix : 90 000 F

Version à moteur O-235 E de 150 ch, bagages 40 kg, poids max. au décollage 980 kg. Prix : 99 960 F.

Version Chevalier à moteur O-320 D de 160 ch, bagages 40 kg, poids max. au décollage 1 050 kg, vitesse de croisière max. 250 km/h, rayon d'action 1 400 km. Prix : 112 200 F.

Version Régent à moteur O-360 A de 180 ch, bagages 55 kg, poids max. au décollage 1 100 kg, vitesse de croisière max. 265 km/h, rayon d'action 1 325 km. Prix : 126 000 F. Variante Remorqueur, poids max. au décollage 1 000 kg.

Constructeur : **Avions Pierre Robin**
21. Aérodrome de
Dijon-Darois

HR 200 CLUB

Moteur : 1 Lycoming O-235 de 100 ch

Cabine : 2 places
Envergure : 8,33 m
Longueur : 6,64 m
Hauteur : 1,94 m
Poids max. au décollage : 760 kg
Vitesse de crois. max. : 215 km/h
Rayon d'action : 1 100 km
Prix : 78 000 F

Construction entièrement métallique.

Version Acrobin de voltige aérienne à moteur Lycoming O-235 G de 125 ch, poids max. au décollage 780 kg, vitesse de croisière 230 km/h. Prix : 91 200 F.

Constructeur : **Avions Pierre Robin**

HR 100

Moteur : 1 Lycoming IO-360 D de 210 ch
Cabine : 4 places
Bagages : 60 kg
Envergure : 9,08 m
Longueur : 7,45 m
Hauteur : 2,26 m
Poids max. au décollage : 1 250 kg
Vitesse de crois. max. : 270 km/h
Rayon d'action : 1 350 km

Construction entièrement métallique. Hélice à pas variable.

Prix : 160 800 F.

Constructeur : **Avions Pierre Robin**

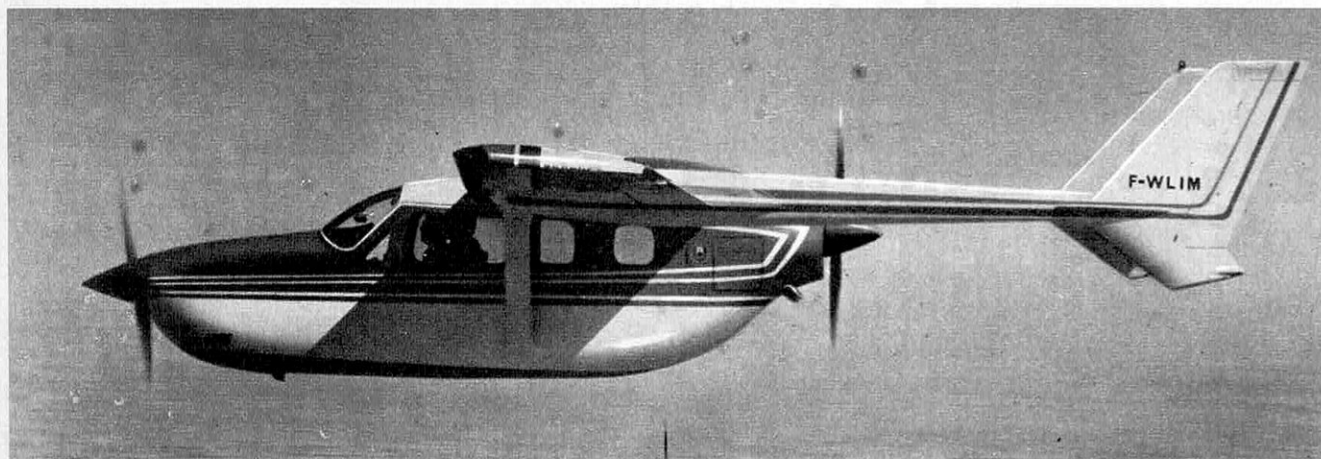


DR-400, version Régent a moteur 180 ch.

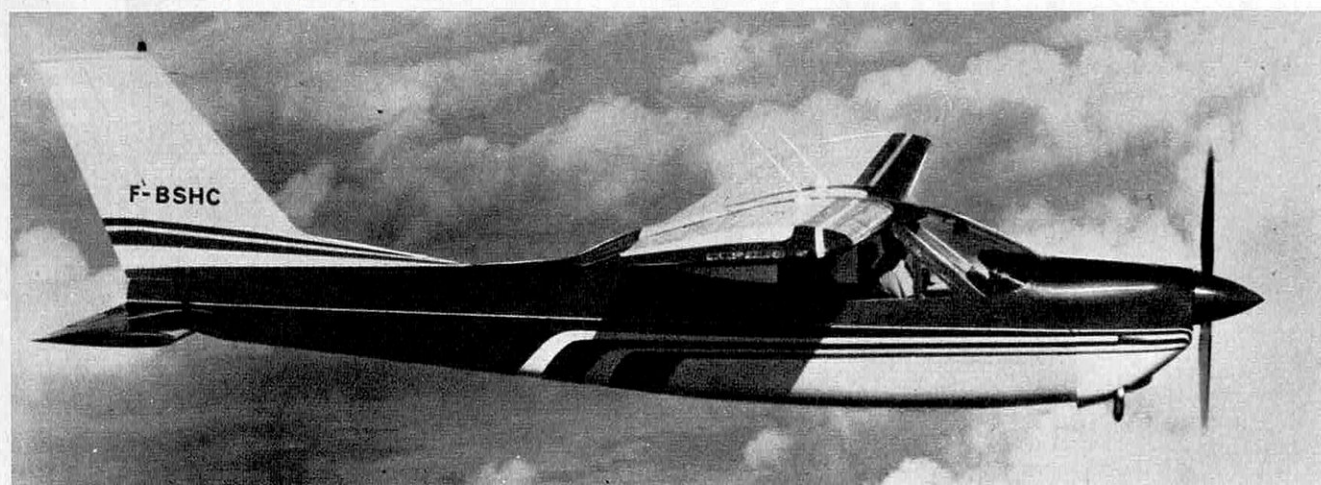


HR-100 : 4 places, moteur 210 ch, 270 km/h.

REIMS-AVIATION



F-337, bimoteur push-pull, 315 km/h.



F-177 RG Cardinal, 4 places, 275 km/h.

F 150

Moteur :	1 Rolls-Royce Continental O-200 A de 100 ch
Cabine :	2 sièges
Bagages :	55 kg
Envergure :	10,11 m
Longueur :	7,24 m
Hauteur :	2,44 m
Poids max. au décollage :	725 kg
Vitesse de crois. max. :	190 km/h
Roulement au décollage :	225 m
Rayon d'act. (150 km/h) :	1 400 km
Prix :	76 500 F

Version voltige aérienne FRA-150 à moteur O-240 A de 130 ch. Poids max. au décollage 750 kg, vitesse de croisière max. 205 km/h, roulement 175 m, rayon d'action à 170 km/h, 1 300 km. Prix : 90 800 F.

Constructeur : **Reims-Aviation**
Aéroport de Prunay-Reims

F 172

Moteur :	1 Lycoming O-320 E de 150 ch
Cabine :	4 sièges
Bagages :	55 kg
Envergure :	10,92 m
Longueur :	8,20 m
Hauteur :	2,68 m
Poids max. au décollage :	1 040 kg
Vitesse de crois. max. :	225 km/h
Roulement au décollage :	265 m
Rayon d'act. (210 km/h) :	1 250 km
Prix :	112 200 F
Constructeur :	Reims-Aviation

Les prix indiqués dans cette rubrique s'entendent T.T.C. Il s'agit de prix de base, ne tenant pas compte de divers équipements optionnels.

F 177 RG CARDINAL

Moteur :	1 Lycoming IO-360 A de 200 ch
Cabine :	4 sièges
Bagages :	55 kg
Envergure :	10,82 m
Longueur :	8,31 m
Hauteur :	2,62 m
Poids max. au décollage :	1 270 kg
Vitesse de crois. max. :	275 km/h
Roulement au décollage :	270 m
Rayon d'act. (225 km/h) :	1 950 km
Prix :	194 700 F

Train rétractable

Constructeur : **Reims-Aviation**

FRA 172 REIMS-ROCKET

Moteur :	1 Rolls-Royce Continental IO-360 H de 310 ch
Cabine :	4 sièges
Bagages :	90 kg
Envergure :	10,92 m
Longueur :	8,15 m
Hauteur :	2,68 m
Poids max. au décollage :	1 150 kg
Vitesse de crois. max. :	245 km/h
Roulement au décollage :	225 m
Rayon d'act. (230 km/h) :	1 280 km
Prix :	132 200 F
Constructeur :	Reims-Aviation

F 337

Moteur :	2 Rolls-Royce Continental IO-360 G de 210 ch en tandem.
Cabine :	5 sièges
Bagages :	160 kg
Envergure :	11,63 m
Longueur :	9,07 m
Hauteur :	2,79 m
Poids max. au décollage :	2 100 kg
Vitesse de crois. max. :	315 km/h
Roulement au décollage :	300 m
Rayon d'act. (240 km/h) :	2 070 km
Prix :	378 800 F

Version FT.337 P à moteurs suralimentés par turbosoufflante TSIO 360 C de 225 ch, hauteur 2,84 m, vitesse de croisière max. 380 km/h, roulement au décollage 290 m, rayon d'action à 285 km/h, 2 130 km. Cabine pressurisée. Prix : 523 900 F.

Constructeur : **Reims-Aviation**

SOCATA

RALLYE 100 T

Moteur :	1 Rolls-Royce Continental O-200 A de 100 ch
Cabine :	3/4 sièges
Envergure :	9,61 m
Longueur :	6,95 m
Hauteur :	2,60 m
Poids max. au décollage :	770 kg
Vitesse de croisière :	175 km/h
Roulement au décollage :	130 m
Rayon d'action max. :	730 km
Prix :	76 980 F

Version Rallye 125 à moteur Lycoming O-235 de 125 ch, 4 sièges, longueur 7,15 m, poids max. au décollage 840 kg. Prix : 90 640 F.

Constructeur : **SOCATA**
(Aérospatiale)
Aéroport de Tarbes-Ossun

RALLYE 150 GT

Moteur :	1 Lycoming O-320 E de 150 ch
Cabine :	4 sièges
Bagages :	45 kg
Envergure :	9,61 m
Longueur :	7,24 m
Hauteur :	2,80 m
Poids max. au décollage :	980 kg
Vitesse de croisière :	200 km/h
Roulement au décollage :	140 m
Rayon d'action max. :	102 km
Prix :	107 220 F

Version Rallye 180 GT à moteur Lycoming O-360 A de 180 ch, 1 050 kg, vitesse de croisière 225 km/h. Prix : 119 900 F. Avec hélice à pas variable : 129 370 F.

Les Rallye 150 et 180 GT peuvent être utilisés en remorqueurs de planeurs et pour les traitements agricoles.

Constructeur : **SOCATA**

RALLYE 220 GT

Moteur :	1 Franklin 6A-350 C de 220 ch
Cabine :	4 sièges
Bagages :	45 kg
Envergure :	9,61 m
Longueur :	7,25 m
Hauteur :	2,80 m

Poids max. au décollage : 1 100 kg
Vitesse de croisière : 250 km/h
Roulement au décollage : 120 m
Rayon d'action max. : 1 600 km
Prix : 143 320 F
Constructeur : **SOCATA**

ST 10 DIPLOMATE

Moteur : 1 Lycoming IO-360 C
de 200 ch

Cabine : 4 sièges
Bagages : 70 kg
Envergure : 9,70 m
Longueur : 7,26 m
Hauteur : 2,88 m
Poids max. au décollage : 1 220 kg
Vitesse de croisière : 265 km/h
Roulement au décollage : 270 m
Rayon d'action : 1 400 km
Prix : 169 900 F
Constructeur : **SOCATA**



Rallye 220 GT, 4 places, 250 km/h.



Rallye 180 GT, 4 places, 225 km/h.

WASSMER-AVIATION

WA 51 PACIFIC

Moteur : 1 Lycoming O-320 A
de 150 ch
Cabine : 4 sièges
Bagages : 33 kg
Envergure : 9,40 m
Longueur : 7,40 m
Hauteur : 2,26 m
Poids max. au décollage : 1 020 kg
Vitesse de croisière : 225 km/h
Roulement au décollage : 300 m
Rayon d'action : 980 km
Prix : 98 000 F

Version WA-52 Europa à moteur 160 ch et hélice à pas variable, bagages 60 kg, vitesse de croisière 235 km/h, poids au décollage 1 060 kg, roulement au décollage 250 m, rayon d'action 990 km. Prix : 110 000 F.

Version WA-54 Atlantic à moteur 180 ch et hélice à pas variable, bagages 85 kg, vitesse de croisière 250 km/h, poids max. au décollage

1 130 kg, roulement 210 m. Prix : 124 000 F.

Constructeur : **Wassmer-Aviation S.A.**
63-Issoire

CE-43 GUÉPARD

Moteur : 1 Lycoming IO-540
de 250 ch
Cabine : 4/5 sièges
Bagages : 140 kg
Envergure : 10 m
Longueur : 8,25 m
Hauteur : 2,86 m
Poids max. au décollage : 1 460 kg
Vitesse de crois. max. : 295 km/h
Roulement au décollage : 460 m
Rayon d'action max. : 1 450 km

Construction entièrement métallique. Hélice à pas variable.

Prix : 216 000 F.

Constructeur :

CERVA, 13, rue St-Honoré, 78-Versailles



Wassmer CE-43 Guepard : 295 km/h.

Bimoteurs et biturbines d'affaires

Pour le voyage aérien sur distances relativement très longues, pour les déplacements professionnels en équipe, sont nés aux États-Unis, depuis déjà fort longtemps, ces bimoteurs dits d'affaires dont la construction est restée un quasi-monopole américain. Quelques biturbopropulseurs

sont venus enrichir cette famille déjà très nombreuse. Si des appareils plus modestes peuvent se prêter à de telles utilisations, il reste que les bimoteurs sont particulièrement bien adaptés au vol de nuit et par tous les temps et à l'adjonction des coûteux équipements correspondants.



	Propulsion	Cabine
BEECHCRAFT (USA)		
Baron 58	2 Rolls-Royce Continental IO-520 de 285 ch	4/6 sièges
Duke A-60	2 Lycoming TIO-541 suralimentés par turbosoufflante, de 380 ch	4/6 sièges
King-Air C90	2 turbopropulseurs United Aircraft of Canada PT6-A de 550 ch	4/8 passagers
King-Air 100	2 turbopropulseurs United Aircraft of Canada PT 6-A de 680 ch	6 passagers
CESSNA (USA)		
310	2 Rolls-Royce Continental IO-470 de 260 ch	4/6 sièges
340	2 Rolls-Royce Continental TSIO-520 de 285 ch	6 sièges
401	2 Rolls-Royce Continental TSIO-520 de 300 ch	6/8 sièges
414	2 Rolls-Royce Continental TSIO-520 de 310 ch	6/7 sièges
421 Golden Eagle	2 Rolls-Royce Continental GTSIO-520 de 375 ch suralimentés par turbosoufflante	jusqu'à 8 sièges



Beechcraft Duke A-60 : 450 km/h.

Bagages	Envergure (m)	Longueur (m)	Hauteur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Vitesse de croisière max. (km/h)	Rayon d'action max. (km)	Prix T.T.C. (F)	Remarques
jusqu'à 135 kg	11,53	9,09	2,90	2 450	370	2 200	758 484	—
—	11,96	10,31	3,76	3 075	450	1 900	1 173 502	Cabine pressurisée
—	15,32	10,82	4,33	4 380	400	2 330	3 335 475	Cabine pressurisée
jusqu'à 185 kg	13,98	12,17	4,68	4 800	460	2 400	4 133 508	Cabine pressurisée
jusqu'à 270 kg	11,25	8,92	3,20	2 400	360	2 780	505 928	Version 310 T à 2 Rolls-Royce Continentalsuralimentés par turbosoufflante, de 285 ch, poids max. au décollage 2 500 kg, vitesse de croisière max. 420 km/h, rayon d'action max. 3 100 km
jusqu'à 420 kg	11,62	10,46	3,83	2 700	390	1 100	859 455	Cabine pressurisée
jusqu'à 420 kg	12,15	10,29	3,56	2 860	390	2 340	—	—
jusqu'à 420 kg	12,15	10,29	3,61	2 880	400	2 300	1 025 595	Cabine pressurisée
jusqu'à 600 kg	12,76	11,00	3,61	3 380	435	2 750	1 371 294	Cabine pressurisée



Beechcraft King Air 100 : 460 km/h.

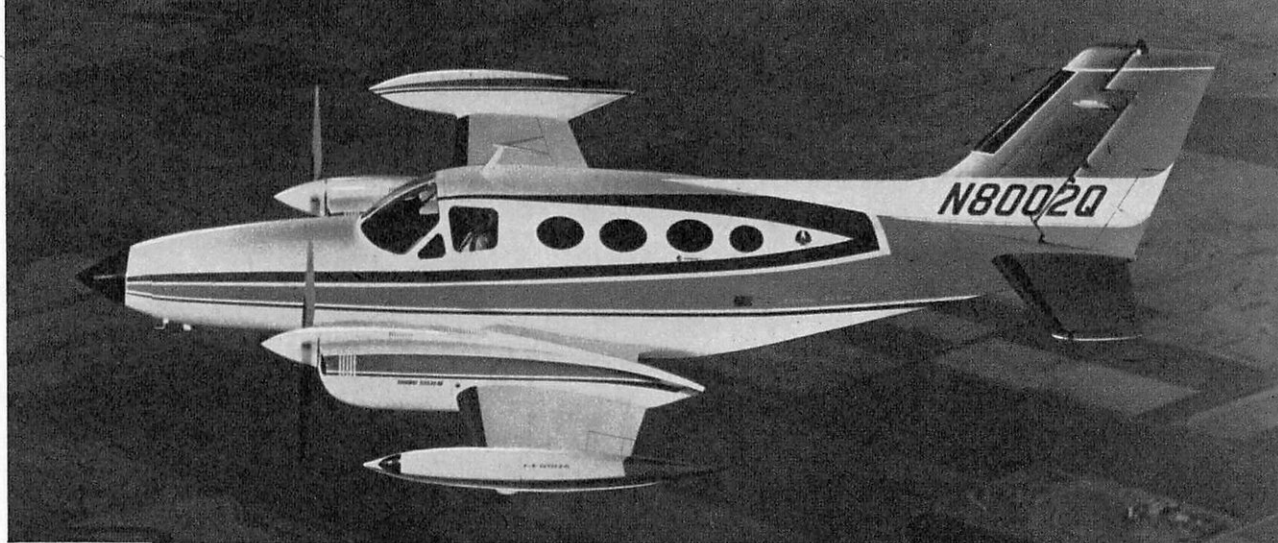
	Propulsion	Cabine	Bagages	En- ver- gure (m)	Lon- gueur (m)	Hau- teur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Vitesse de croisière max. (km/h)
ITALAIR (Italie)								
F 20	2 Rolls-Royce Continental IO-520 F de 285 ch	5/6 sièges	70 kg	9,52	8,07	3,50	2 200	380
MITSUBISHI (Japon)								
Mu/2F	2 turbopropulseurs AiRe- search TPE de 705 ch	5 pas- sagers	170 kg	11,95	10,13	3,94	4 500	550
NORTH AMERI- CAN ROCKWELL (USA)								
Shrike Commander	2 Lycoming IO-540 de 290 ch	4 sièges	230 kg	14,95	11,15	4,42	3 060	325
Turbo Commander	2 turbopropulseurs AiRe- search TPE de 605 ch	8 sièges	230 kg	13,43	13,10	4,42	4 265	450
Turbo Commander 690	2 turbopropulseurs AiRe- search TPE de 720 ch	7 sièges	—	14,19	13,10	4,56	4 650	520
PIAGGIO (Italie)								
P. 166	2 Lycoming IGSO-540 de 380 ch	8 sièges	—	14,69	11,90	5,00	3 950	360



Cessna 310 : 4 à 6 sièges, 360 km/h.

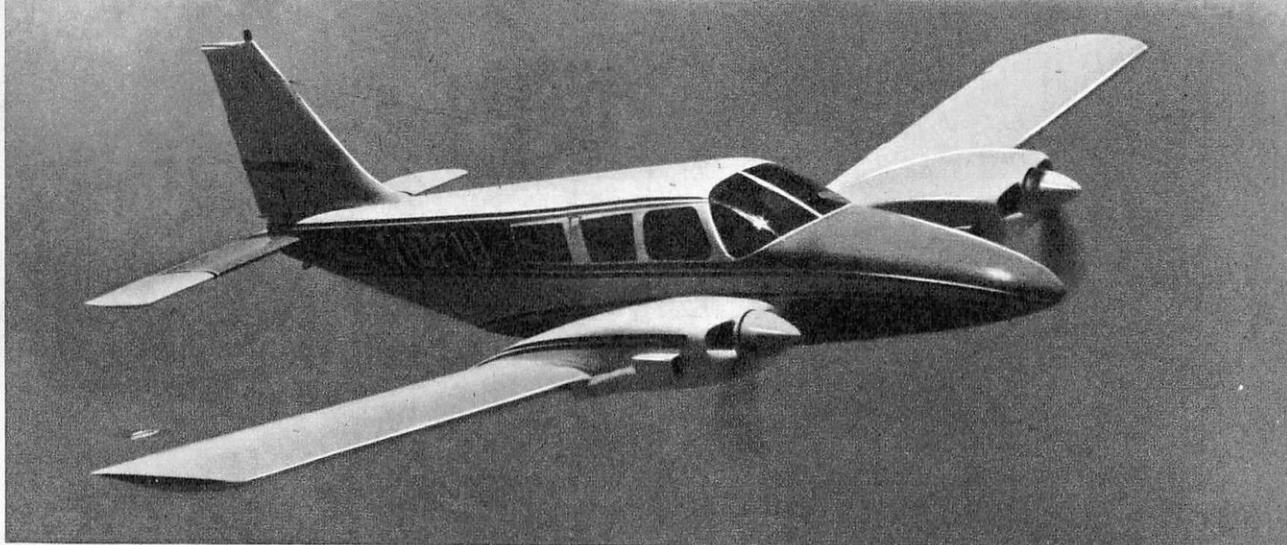
Rayon d'action max. (km)	Prix T.T.C. (F)	Remarques
2 050	—	—
2 650	—	Cabine pressurisée. Version allongée 2 G ; version 2 K à 2 turbopropulseurs AiResearch TPE de 725 ch ; version 2 J allongée à 2 turbopropulseurs AiResearch TPE de 725 ch.
1 735	800 865	—
2 400	2 697 300	Cabine pressurisée
2 500	2 997 000	Cabine pressurisée. Version Aero-commander 695 à 2 moteurs Rolls-Royce Continental GTSIO de 435 ch, poids max. au décollage 4 100 kg, vitesse de croisière max. 400 km/h, rayon d'action max. 2 900 km
2 400	—	—





Cessna 421 Golden Eagle : 435 km/h.

	Propulsion	Cabine	Bagages	En- ver- gure (m)	Lon- gueur (m)	Hau- teur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Vitesse de croisière max. (km/h)
PIPER (USA)								
Twin Comanche	2 Lycoming IO-320 de 160 ch	4 sièges	—	11,22	7,67	2,51	1 690	320
Seneca	2 Lycoming IO-360 de 200 ch à injection	6/7 sièges	90 kg	11,85	8,69	3,02	1 820	300
Aztec E	2 Lycoming IO-540 de 250 ch	6 sièges	135 kg	11,34	9,52	3,15	2 360	340
Navajo	2 Lycoming IO-540 M de 300 ch	6 sièges	160 kg	12,40	9,94	3,96	2 810	340
Navajo Pressurisé	2 Lycoming TIGO-541 sur- alimentés par turbosouf- flante, de 425 ch	7 sièges	180 kg	12,40	10,52	4,04	3 540	430
SIAI- MARCHETTI (Italie)								
S. 210	2 Lycoming TIO-360 A sur- alimentés par turbosouf- flante, de 200 ch	6	—	11,63	8,83	3,33	1 850	340
SWEARINGEN (USA)								
Merlin II B	2 turbopropulseurs AiRe- search TPE de 665 ch	6 pas- sagers	—	13,98	12,22	4,37	4 540	475
Merlin III	2 turbopropulseurs AiRe- search TPE de 840 ch	6 pas- sagers	—	14,10	12,85	5,08	5 670	510
Merlin IV	2 turbopropulseurs AiRe- search TPE de 940 ch	jusqu'à 12 pas- sagers	—	14,10	18,09	5,08	5 670	485



Piper Seneca : 6 à 7 sièges, 300 km/h.

Rayon d'action max. (km)	Prix T.T.C. (F)	Remarques
1 930	—	Version Turbo-Twin Comanche à 2 Lycoming IO-320 suralimentés par turbosoufflante, de 160 ch, vitesse de croisière max. 390 km/h, rayon d'action max. 2 750 km
1 870	360 450	—
1 950	536 400	Version Turbo Aztec E, vitesse de croisière max. 400 km/h, rayon d'action max. 2 100 km
2 500	885 720 (version B)	Version B à 2 Lycoming TIO-540 suralimentés par turbosoufflante, de 310 ch, poids max. au décollage 2 950 kg, vitesse de croisière max. 400 km/h, rayon d'action max. 2 800 km
2 400	1 444 364	Cabine pressurisée
1 900	—	—
2 870	—	Cabine pressurisée
4 250	—	Cabine pressurisée
3 700	—	Cabine pressurisée

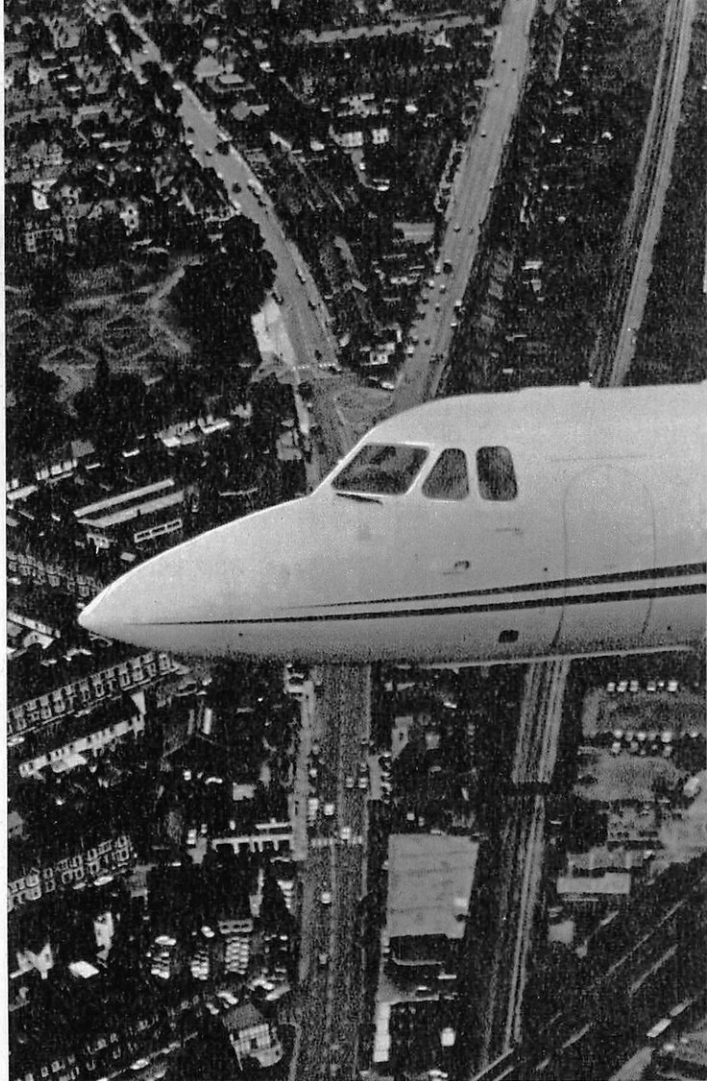


LES DISTRIBUTEURS EN FRANCE :

Transairco —————> Beechcraft
 Aéroport du Bourget
 Fenwick-Aviation —————> Cessna et North-American
 Aérodrome de Toussus-le-Noble
 France Aéro Service —————> Piper
 Aérodrome de Toussus-le-Noble

Les jets d'affaires

Au sommet de la hiérarchie des avions privés, se placent, bien entendu, les « jets », très généralement biréacteurs. Dans cette catégorie, à côté de machines très évoluées comme le Falcon 20 ou le Grumman Gulfstream II, on a vu apparaître récemment des appareils plus économiques, aux performances relativement limitées. Avec 52 exemplaires livrés aux États-Unis en 1972, le Citation 500 de Cessna témoigne de l'intérêt que suscite la formule. La liste des biréacteurs que nous établissons ici n'est pas exhaustive. Nous avons, au contraire, passé volontairement sous silence des appareils un peu anciens ou non conçus spécialement comme avions d'affaires. Nous avons éliminé aussi certains appareils dont le succès commercial a été faible.



CITATION 500

Propulsion :	2 réacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 15 D de 1 000 kg
Cabine :	5/6 passagers
Envergure :	13,33 m
Longueur :	13,26 m
Hauteur :	4,37 m
Poids max. au décollage :	4 700 kg
Vitesse de crois. max. :	650 km/h
Rayon d'action :	2 500 km
Constructeur :	Cessna
Prix :	environ 4 000 000 F

COMMODORE 1123

Propulsion :	2 réacteurs simple-flux General Electric CJ 610 de 1 400 kg
Cabine :	5 passagers
Envergure :	13,65 m
Longueur :	15,93 m
Hauteur :	4,81 m



Hawker-Siddeley H.S. 125-600.

Poids max. au décollage : 9 300 kg
 Vitesse de crois. max. : 690 km/h
 Rayon d'action : 3 400 km
 Constructeur : **Israel Aircraft Indust.**
 Prix : environ 5 500 000 F

SN 600 CORVETTE

Propulsion : 2 réacteurs double-flux. United Aircraft of Canada JT-15 D de 1 050 kg ou SNECMA/Turbomeca Larzac de 1 250 kg
 Cabine : 6 passagers
 Envergure : 12,80 m
 Longueur : 13,66 m
 Hauteur : 3,98 m
 Poids max. au décollage : 6 100 kg
 Vitesse de crois. max. : 800 km/h
 Rayon d'action : 2 700 km
 Constructeur : **Aérospatiale**
 Prix : 6 000 000 à 7 000 000 F

HS 125-400

Propulsion : 2 réacteurs simple-flux
 Rolls-Royce Viper 522 de 1 525 kg
 Cabine : 7 passagers
 Envergure : 14,33 m
 Longueur : 14,45 m
 Hauteur : 5,03 m
 Poids max. au décollage : 10 570 kg
 Vitesse de crois. max. : 820 km/h
 Rayon d'action : 2 800 km
 Version 600 à 2 réacteurs simple-flux Rolls-Royce Viper 601 de 1 700 kg, 8 passagers, longueur 15,39 m, hauteur 5,26 m, poids au décollage 11 340 kg, vitesse de croisière max. 835 km/h, rayon d'action max. 3 000 km.
 Constructeurs : **Hawker-Siddeley et Beechcraft (sous licence)**
 Distributeur : **Transairco**
 Prix version 600 : 7 500 000 F

LEARJET 24 D

Propulsion : 2 réacteurs simple-flux General Electric CJ-610 de 1 350 kg
Cabine : 6 passagers
Envergure : 10,84 m
Longueur : 13,18 m
Hauteur : 3,84 m
Poids max. au décollage : 6 124 kg
Vitesse de crois. max. : 880 km/h
Rayon d'action : 3 250 km

Version 24 B pour 8 passagers, longueur 14,50 m, poids au décollage 6 800 kg

Version 25 C de rayon d'action 4 000 km

Constructeur : **Gates Learjet Corp.**

Distributeur : **Air Affaires**

Prix : 4 225 000 F (version D)

4 720 000 F (version B)

5 000 000 F (version C)

FALCON 10

Propulsion : 2 réacteurs double-flux
Garrett Air Research
TFE-731 de 1 465 kg
Cabine : 4 à 7 passagers
Envergure : 13,08 m
Longueur : 13,69 m
Hauteur : 4,37 m
Poids max. au décollage : 8 300 kg
Vitesse de crois. max. : 920 km/h
Rayon d'action : 4 000 km

Constructeur : **Avions
Marcel Dassault**

Prix : environ 7 000 000 F

FALCON 20 F

Propulsion : 2 réacteurs double-flux
General Electric CF
700-2 D de 1 960 kg
Cabine : 8 à 10 passagers
Envergure : 16,30 m
Longueur : 17,15 m
Hauteur : 5,32 m
Poids max. au décollage : 13 000 kg
Vitesse de crois. max. : 860 km/h
Rayon d'action : 3 570 km

Constructeur : **Avions
Marcel Dassault**

Prix : environ 10 000 000 F

GULFSTREAM II

Propulsion : 2 réacteurs double-flux Rolls-Royce Spey
Mk 511 de 5 150 kg
Cabine : 19 passagers
Envergure : 20,98 m
Longueur : 24,36 m
Hauteur : 7,47 m
Poids max. au décollage : 28 120 kg
Vitesse de crois. max. : 900 km/h
Rayon d'action : 5 600 km

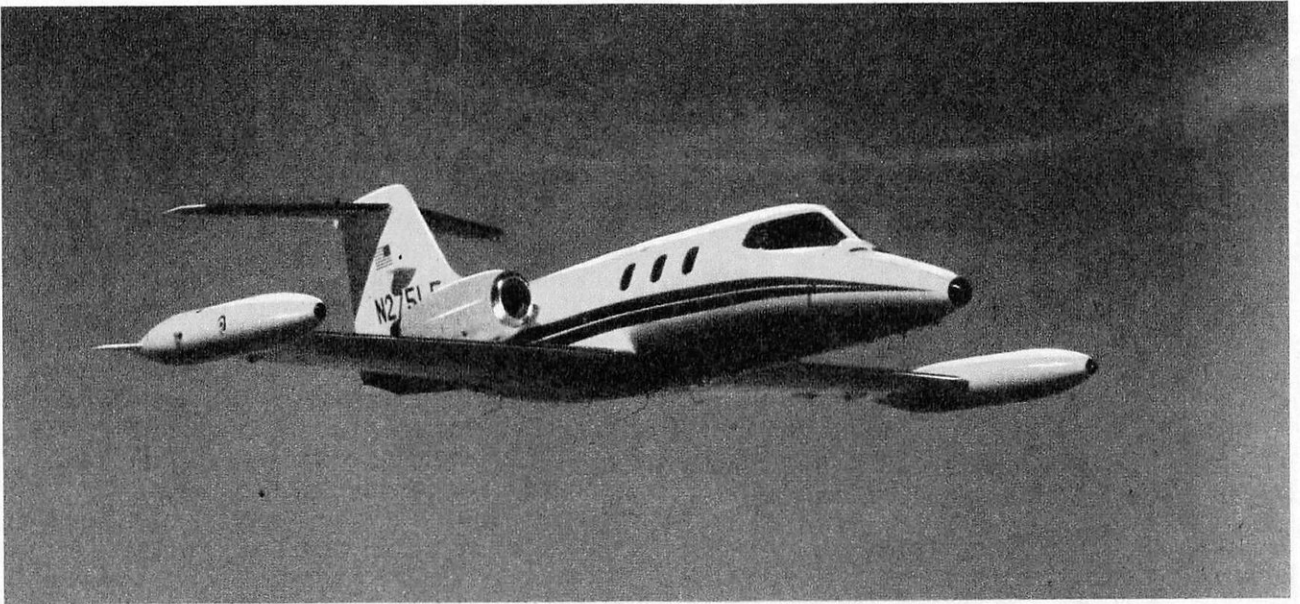
Constructeur : **Grumman Corp.**

Prix : environ 15 000 000 F

Les prix que nous indiquons sont, cette fois, des prix hors taxes, n'ayant souvent de valeur que très approximative, en raison du grand nombre d'équipements optionnels pouvant être montés sur de tels appareils.



Dassault Falcon 10 : 920 km/h.



Gates Learjet 24 D : 880 km/h.



SN-600 Corvette : 800 km/h.



Commodore 1123 : 690 km/h.

LES FORCES AERONA

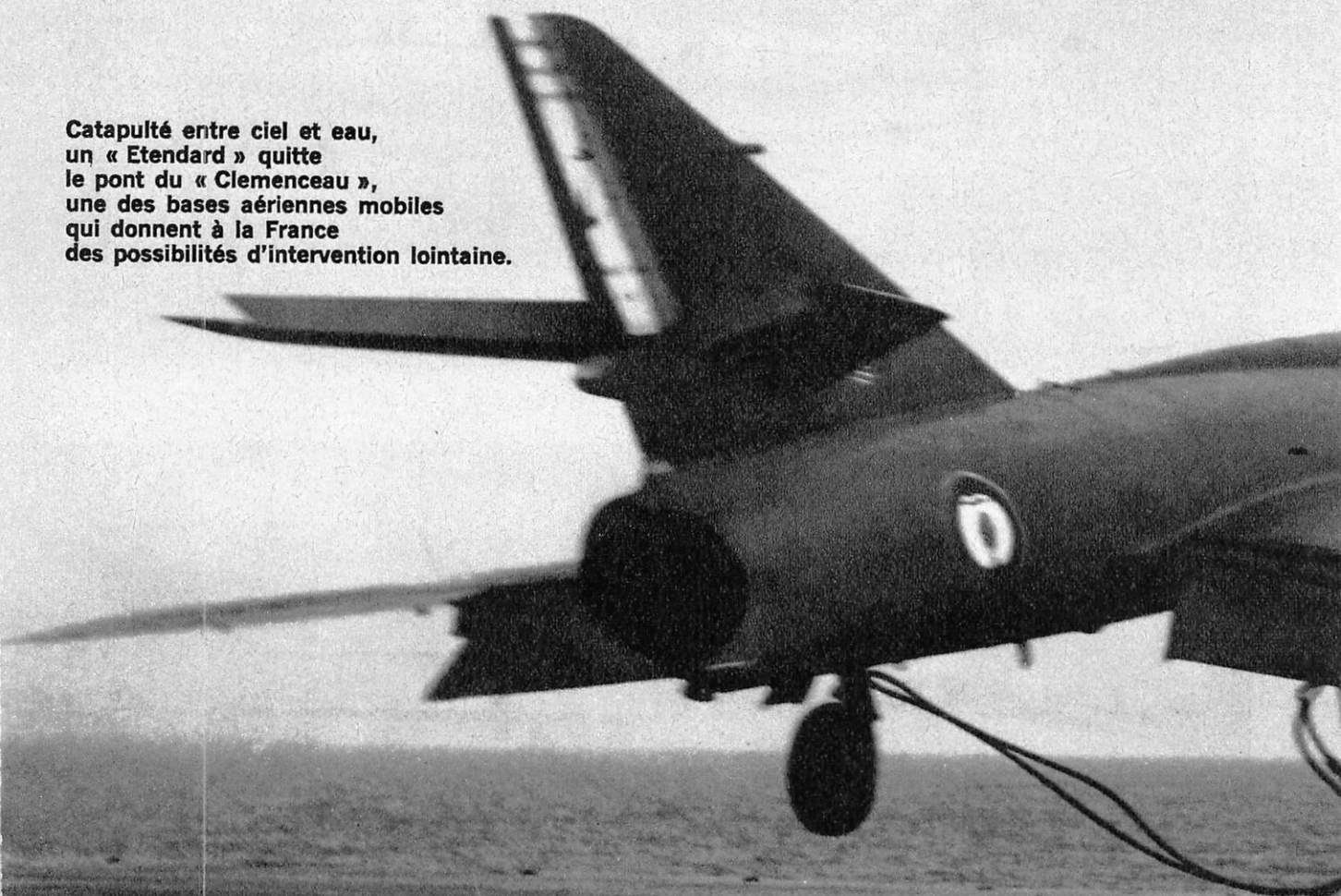
En Europe Occidentale, on a largement débattu au cours des dernières années, de l'intérêt des forces aéronavales d'intervention lointaine. Les superpuissances sont probablement les seules à pouvoir s'offrir aujourd'hui des porte-avions lourds et les appareils de combat modernes qu'ils emportent au loin. L'activité des forces aéronavales ne se limite pas, il est vrai, à ce genre de missions. A elle seule, la défense des côtes met en œuvre des matériels évolués très divers: avions patrouilleurs, hélicoptères de lutte anti-sous-marine, appareils d'appui basés à terre.

Les nations ont la stratégie de leurs moyens. On ne voit guère, en effet, de pays limiter volontairement leurs ambitions ou leurs forces militaires. Celles-ci ne sont bornées que par l'ampleur des ressources budgétaires ou démographiques. S'il en est de la sorte pour l'ensemble des forces militaires, le fait est plus sensible pour les armes techniques, marine et aviation. Au carrefour des deux, les forces aéronavales prennent figure exemplaire. Examiner leur développement, évoquer leur vocation d'un pays à l'autre, suppose qu'on établisse d'entrée de jeu une distinction entre pays riches et moins riches.

LES RICHES ET LES MOINS RICHES

Les moyens d'un pays proviennent de son développement économique et ce développement est, dans une certaine mesure, tributaire de la situation internationale du pays. Il s'en

Catapulté entre ciel et eau, un « Etendard » quitte le pont du « Clemenceau », une des bases aériennes mobiles qui donnent à la France des possibilités d'intervention lointaine.



VALES

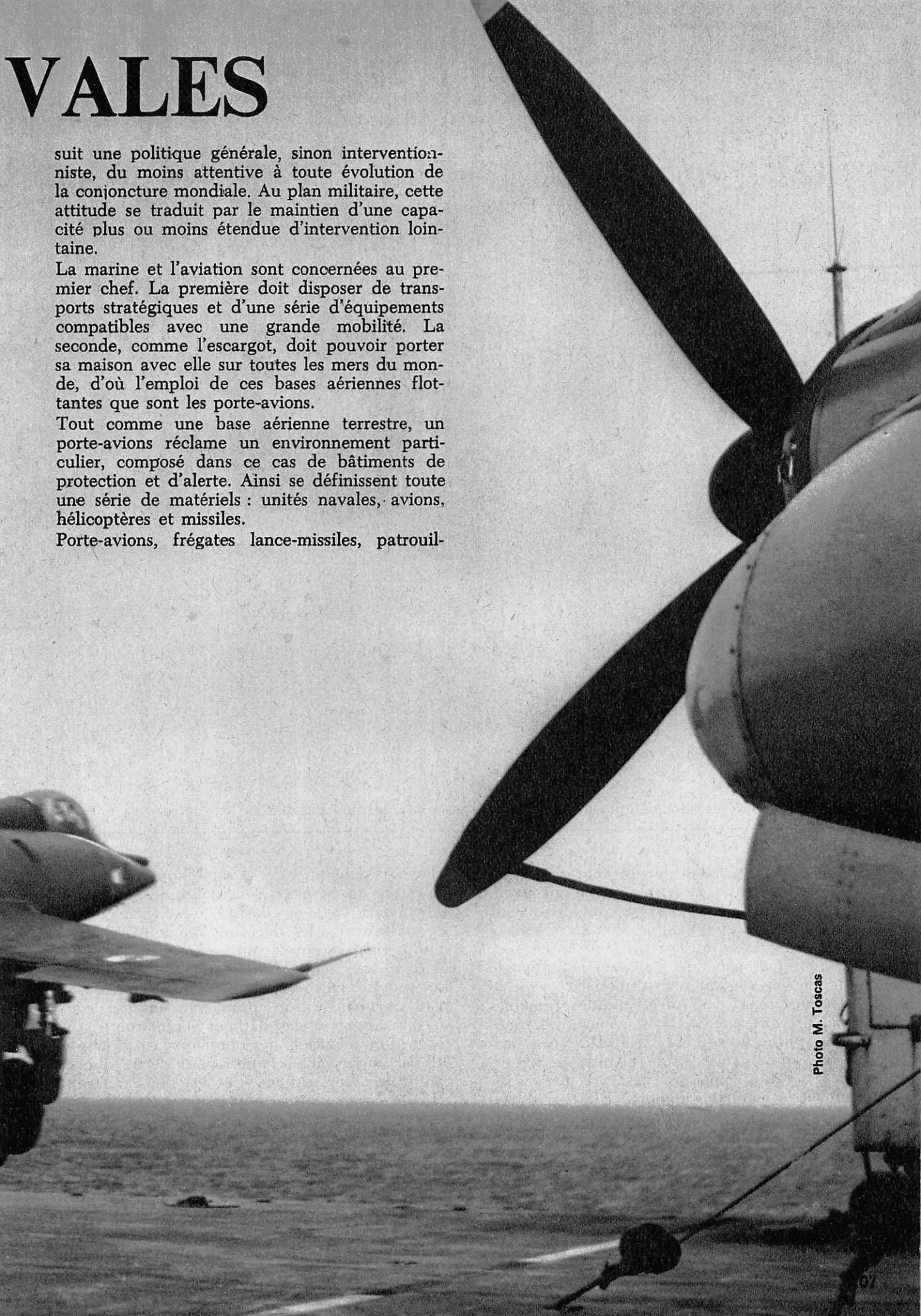
suit une politique générale, sinon interventionniste, du moins attentive à toute évolution de la conjoncture mondiale. Au plan militaire, cette attitude se traduit par le maintien d'une capacité plus ou moins étendue d'intervention lointaine.

La marine et l'aviation sont concernées au premier chef. La première doit disposer de transports stratégiques et d'une série d'équipements compatibles avec une grande mobilité. La seconde, comme l'escargot, doit pouvoir porter sa maison avec elle sur toutes les mers du monde, d'où l'emploi de ces bases aériennes flottantes que sont les porte-avions.

Tout comme une base aérienne terrestre, un porte-avions réclame un environnement particulier, composé dans ce cas de bâtiments de protection et d'alerte. Ainsi se définissent toute une série de matériels : unités navales, avions, hélicoptères et missiles.

Porte-avions, frégates lance-missiles, patrouil-

Photo M. Toscas





Les porte-hélicoptères sont définitivement entrés dans la composition des flottes de guerre.

leurs et chasseurs embarqués coûtent cher et ne sont pratiquement à la portée que d'une demi-douzaine de pays. Les autres se contentent donc d'assurer, autant que possible, leur sécurité propre.

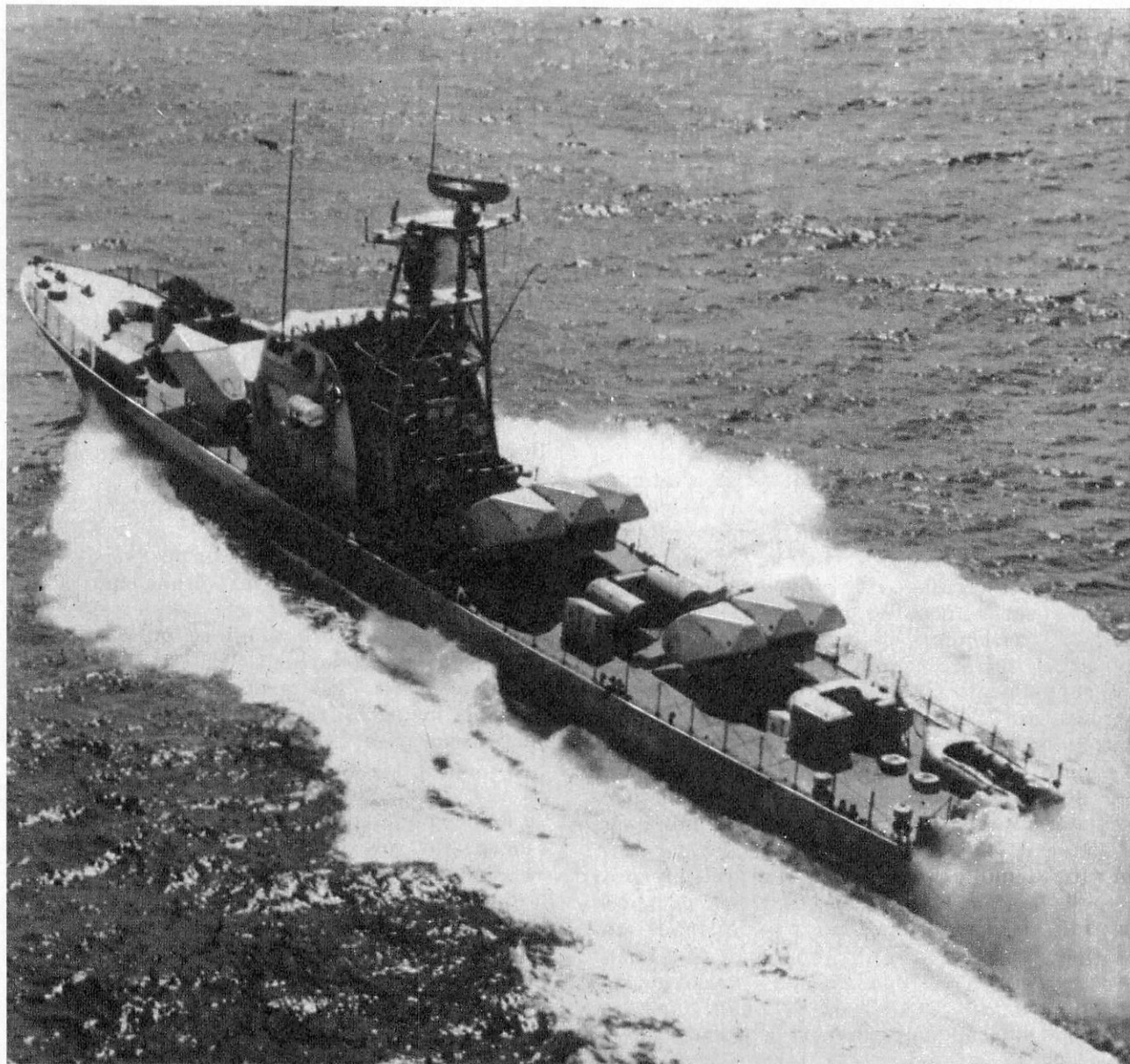
Une politique générale strictement nationale conduit le pays ayant une « frontière » avec la mer à entretenir des forces navales orientées vers la défense avancée. Les avions embarqués ne sont plus nécessaires. La totalité des missions de surveillance et de combat peut être confiée à des appareils basés à terre. En revanche, le combat sur mer à courte distance des bases conduit à l'adoption de petits bâtiments rapides armés de missiles à longue portée. Ces mêmes missiles peuvent être utilisés à partir de la côte pour défendre des points stratégiques, pour bloquer un détroit, par exemple.

Les vedettes rapides lance-missiles sont d'un coût assez faible par rapport à leur efficacité.

Elles suffisent en effet à compliquer, pour les puissants de ce monde, la politique dite de la canonnière. Celle-ci consiste, c'est bien connu, à « influencer » les décisions du gouvernement d'un petit pays en plaçant au large de ses côtes deux ou trois unités navales prêtes à intervenir. Les vedettes lance-missiles sont trop dangereuses pour qu'on fasse, sans protection sérieuse, courir des risques à des bâtiments importants. La force d'intimidation devient alors assez lourde et, par suite, l'intervention perd de sa discrétion, avec les risques de réactions internationales en chaîne que cela comporte.

LES PORTE-AVIONS

Depuis la guerre du Pacifique où les porte-avions ont joué un rôle décisif, la technique a joué un mauvais tour à ces monstres marins. Les performances des avions ont progressé rapidement, mais leur poids et leurs exigences



Un patrouilleur rapide type « Mivtac'h », pouvant être équipé de missiles mer-mer.

en matière de catapultes et autres équipements de mise en œuvre ont progressé aussi. Pour continuer à accueillir des appareils correspondant à la technique du jour, les porte-avions ont considérablement grossi. De bâtiments déplaçant à pleine charge moins de 20 000 t à des navires tel que le porte-avions américain « Enterprise », qui déplace plus de 80 000 t, les prix ont monté encore plus vite. Ainsi, les porte-avions modernes ne sont plus dans les moyens des petites et moyennes nations. Le débat doctrinal autour d'eux se résume à un problème d'argent. La Grande-Bretagne et la France, dont les dimensions économiques se situent à la limite actuelle, connaissent ce faux débat. La véritable question est de savoir si Londres et Paris disposent encore des moyens de poursuivre la politique d'intervention qui a été la leur jusqu'à ce jour. Mais il est difficile de se résigner à l'effacement. Deux sortes de porte-avions sont aujourd'hui

en service dans le monde. Les uns sont d'anciens bâtiments rétrocédés par la Grande-Bretagne ou les USA à des pays moins fortunés. Les autres sont des unités modernes.

L'Inde, l'Argentine, l'Australie, le Brésil entrent dans la première catégorie. Les porte-avions dont ces pays disposent déplacent généralement environ 20 000 t à pleine charge et ne peuvent accueillir que des appareils déjà anciens. Le « Vikrant » indien, par exemple, déplace 19 500 t et emporte dans ses flancs des « Sea Hawk », des Breguet « Alizé », et quelques hélicoptères de lutte anti-sous-marine « Sea King ».

Les Etats-Unis, qui possèdent la plus importante force de porte-avions du monde, n'ont pas moins de 14 bâtiments de ce type en activité et 9 en réserve. D'autres sont en construction. Au sommet de la gamme se situent quatre porte-avions à propulsion nucléaire. Un seul, l'« Enterprise », est actuellement en service. Il

déplace à pleine charge 83 350 t. Il porte normalement 80 à 90 avions : deux escadrons de « Phantom », deux escadrons d'appareils d'attaque tout-temps Grumman A-6, deux escadrons d'avions d'appui LTV « Corsair II », quelques patrouilleurs Grumman E-2 A et E-1 B, enfin quelques avions de ravitaillement en vol KA-3 B.

En fait, selon la mission du moment, les porte-avions de l'US Navy reçoivent un mélange approprié de l'ensemble des avions embarquables. Il en est de même pour les autres pays. Durant un récent exercice interarmes français au large des côtes de la Corse, le « Clemenceau », a transporté des hélicoptères de manœuvre SA 330 « Puma » de l'Armée de Terre.

L'URSS qui, jusqu'ici, paraissait ne pas s'intéresser aux porte-avions, a finalement résolu de s'en doter. Les premières unités entreront prochainement en service.

Pour sa protection, un porte-avions dépend presque entièrement de l'extérieur. Contre les attaques aériennes, il doit compter sur ses avions et sur les bâtiments lance-missiles qui l'accompagnent. Contre les sous-marins, il se repose sur l'alerte donnée par les avions patrouilleurs embarqués et les bâtiments d'escorte. Sa seule défense propre réside dans ses dimensions et son mode de construction. Les porte-avions sont extrêmement cloisonnés et peuvent résister sans mal à plusieurs coups au but. Même les missiles mer-mer les plus gros actuellement en service ne sont pas capables de les envoyer facilement par le fond. La Marine française a utilisé pendant de nombreuses années le « Bois Belleau », porte-avions ex-américain qui avait reçu de plein fouet un avion-suicide japonais pendant la guerre.

LES « THROUGH DECK CRUISER »

Pour tourner les difficultés de financement d'un programme de porte-avions modernes, l'idée a été émise, il y a quelques années, de tirer profit des possibilités offertes par les avions de combat à décollage vertical.

Avec le Hawker Siddeley « Harrier », la Grande-Bretagne est le seul pays à avoir développé avec succès un ADAV/ADAC opérationnel. Il est donc très normal que le concept de « Through Deck Cruiser » soit né outre-Manche.

Pour remplacer le porte-avions « Ark Royal » de 50 000 tonnes, qui doit prendre sa retraite en 1980, trois « Through Deck Cruiser » seront construits par les chantiers Vickers. Leurs caractéristiques seront les suivantes : déplacement à pleine charge de l'ordre de 18 000 à 20 000 tonnes ; propulsion par turbine à gaz ; vitesse de pointe 30 nœuds.

Les « Through Deck Cruiser » de la Royal Navy embarqueront en principe 18 appareils, 9 hélicoptères ASM « Sea King » et 9

« Harrier ». Ils seront en outre armés d'engins mer-mer « Exocet » et de missiles contre-avions à moyenne portée « Sea Dart ».

Il est évident que cette solution remet à la portée de pays moyens la possession d'une flotte embarquée. Cependant, dans l'état actuel de la technique, un « Through Deck Cruiser » ne vaut pas un porte-avions, tant en raison du faible nombre d'avions embarqués qu'en raison de leurs performances limitées. Un « Harrier » n'est pas un « Phantom ». Il n'empêche que les Etats-Unis seront très probablement amenés à utiliser ce nouveau type de bâtiment, qui viendra s'ajouter à l'arsenal actuel. L'US Navy a d'ailleurs récemment passé un contrat d'étude de 46 millions de dollars à North American Rockwell pour la réalisation d'un prototype d'avion ADAC/V embarquable.

S'il est possible de réduire les coûts en passant du porte-avions conventionnel au « Through Deck Cruiser », il est une façon encore plus simple de résoudre le problème. C'est d'abandonner purement et simplement tout bâtiment de ce genre. C'est ce qu'avait songé à faire le gouvernement Wilson en Grande-Bretagne ; c'est également ce que préconisent certains membres de l'Armée de l'air. Mais l'expérience des récents exercices navals auxquels ont procédé ces deux pays a durement montré la nécessité absolue d'une couverture aérienne minimale d'une flotte à la mer et l'incapacité des forces aériennes terrestres à assurer l'ensemble des missions accomplies jusqu'ici par les forces aéronavales. C'est donc bien entre la possession et la non-possession d'une aviation embarquée que se situe le clivage entre les nations capables d'intervenir partout et celles qui ne le sont pas.

DU PORTE-HELICOPTERES AU BATIMENT LANCE-MISSILES

Les missions de protection d'une flotte sont de trois sortes : protection contre les sous-marins, protection contre les avions et, depuis peu, contre les vedettes ou patrouilleurs rapides lance-missiles. Faute d'une aviation embarquée capable de servir à la fois à la détection et à la neutralisation, les stratèges ont songé à séparer les fonctions et confier la surveillance maritime au moins cher des appareils à décollage vertical, l'hélicoptère, la mission anti-aérienne revenant à des bâtiments lance-missiles.

Les porte-hélicoptères les plus évolués actuellement en service dans le monde battent pavillon de l'URSS. La marine soviétique dispose de deux bâtiments capables d'embarquer environ 20 hélicoptères de recherche anti-sous-marine KA-25.

Peu de marines, au bout du compte, donnent beaucoup d'importance à leur flotte de porte-hélicoptères. Avec la « Jeanne d'Arc » qui porte une flottille de « Super Frelon » et l'Arro-



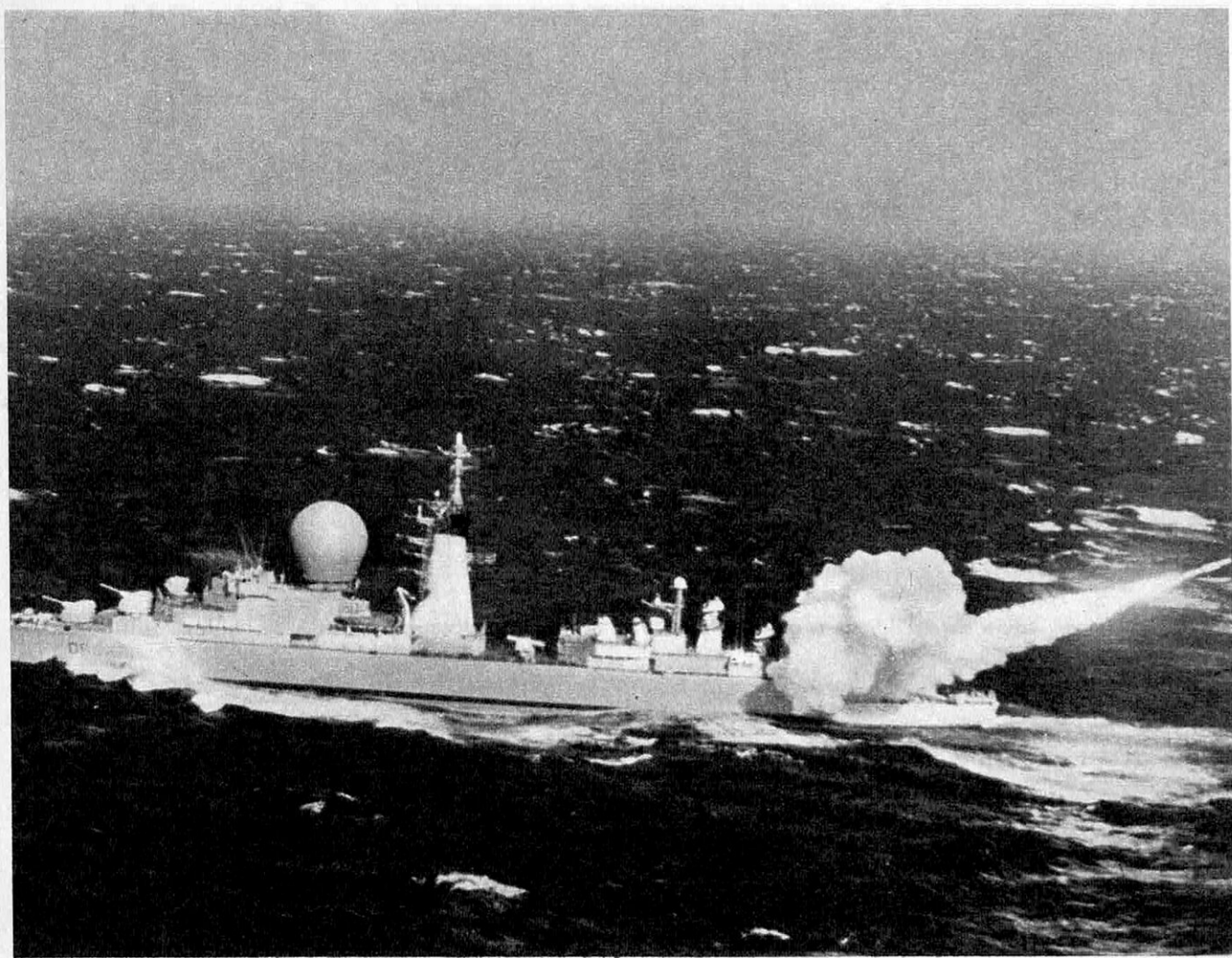
Pour le Hawker Siddeley « Harrier » à décollage vertical, un inconvénient grave, sa faible autonomie.



A l'arrière du pont d'envol de l'« Ark Royal » un échantillonnage des appareils embarqués.

Le système « Masurca » que l'on voit ici tiré à bord de la frégate lance-engins « Duquesne » est l'une des armes navales anti-aériennes les plus évoluées en service. Elle nécessite de volumineux équipements de détection et de tir, d'où la spécialisation des bâtiments porteurs.

L'hélicoptère « Lynx », produit en coopération franco-britannique, est le type de la machine moyenne apte à la lutte anti-sous-marine aussi bien que contre les bâtiments légers de surface. Le « Skyhawk » II, dont on voit ici le prototype, est le dernier d'une longue lignée d'appareils.



manches, la France est presque une exception. La constante progression des systèmes de missiles leur a fait confier des rôles de plus en plus divers. Au plan de la construction navale militaire, on a d'abord enregistré une adaptation des bâtiments à ces systèmes, puis la conception de nouveaux types de navires autour d'eux. Il existe ainsi aujourd'hui deux grandes catégories de lance-missiles : les vedettes ou patrouilleurs rapides armés de systèmes mer-mer et les bâtiments d'accompagnement dotés de systèmes anti-aériens.

Plus de 70 bâtiments de l'US Navy portent des missiles anti-aériens. Parmi eux, un croiseur et deux frégates à propulsion nucléaire. La marine soviétique a recherché plus de polyvalence et la majorité de ses unités sont dotées à la fois de missiles anti-aériens et d'engins mer-mer « Styx », du type de celui qui envoya l'« Eilat » par le fond au début de la guerre des Six jours. A noter que nombre de sous-marins soviétiques sont eux aussi dotés de « Styx ».

Il n'y a pas à proprement parler de doctrine

en matière de bâtiment lance-missiles. Les engins ont simplement remplacé l'artillerie conventionnelle dans certains de ses rôles. Toutefois l'importance de certains systèmes a conduit à réduire la mission du navire à un seul objectif. Il existe ainsi des sous-marins dont l'unique mission est de servir de base de lancement à des missiles stratégiques, et des bâtiments de surface voués exclusivement au service d'un système anti-aérien à longue ou moyenne portée.

En France, la frégate « Duquesne », armée de missiles anti-aériens « Masurca » à très longue portée (plus de 40 km), est un exemple type de bâtiment à vocation unique. Le « Masurca » exige en effet un système de surveillance et de conduite de tir très complexe.

A des systèmes anti-aériens moins performants et moins encombrants correspondent des navires de plus faible tonnage. Le « Sheffield » britannique, par exemple, est une corvette déplaçant à pleine charge 3 600 t dont la vocation principale est la lutte anti-aérienne à l'aide de missiles « Sea Dart » à moyenne portée.



LES MATÉRIELS VOLANTS

Qu'ils soient embarqués ou basés à terre, les appareils utilisés par les forces navales subissent les contraintes de l'environnement marin. Ils offrent donc des caractéristiques de robustesse et de résistance à la corrosion qui les distinguent des avions et des hélicoptères en service dans les forces aériennes classiques. Hors de cette « solide santé », aucun trait ne permet de les classer dans une famille à part. On trouve dans leurs rangs des intercepteurs, des avions d'appui, des patrouilleurs et des hélicoptères de toutes sortes. Un certain nombre d'entre eux ne sont que des versions navales d'appareils terrestres.

LES PATROUILLEURS MARITIMES

Lors de la Deuxième Guerre mondiale, la majorité des sous-marins allemands coulés l'a été soit directement par les avions alliés, soit avec leur collaboration. En attendant que les satellites ne prennent la relève, l'aviation reste aujourd'hui le meilleur moyen de lutte contre les sous-marins. Mais, si la plupart des pays du monde utilisent des avions-patrouilleurs, seuls les Etats-Unis, l'U.R.S.S., la Grande-Bretagne et la France en construisent. Il s'ensuit une grande uniformité des matériels en service.

Aux Etats-Unis, Lockheed s'est fait une spécialité de la construction de ces appareils. En 1941 la firme californienne commença, pour satisfaire un besoin exprimé par l'US Navy, l'étude d'un « Model 26 ». En 1962, lorsque la production du « Neptune » issu de ce programme cessa, plus de mille appareils avaient été construits, la plupart destinée à des marines étrangères. L'Aéronavale française en aligne encore quelques exemplaires.

Le « Neptune » est un bimoteur classique, très proche des bombardiers moyens de la Deuxième Guerre mondiale. Sa vocation est trahie par la présence d'un important radôme ventral, du nez vitré dans lequel un observateur prend place et du prolongement arrière du fuselage, destiné à accueillir un détecteur d'anomalies magnétiques, un des moyens de localisation des sous-marins les plus efficaces. Si, en effet, on ne demande à l'avion que de se rendre assez rapidement sur la zone de recherche et de pouvoir y rester aussi longtemps que possible, c'est surtout l'ensemble des moyens de détection et de combat qu'il emporte qui fait la valeur d'un patrouilleur maritime. Ces équipements tendent à devenir de plus en plus complexes et encombrants. C'est pourquoi tous les successeurs du « Neptune » sont sensiblement plus gros que lui.

En 1958, le premier prototype opérationnel du Lockheed P-3 « Orion » sortait d'usine. Il est actuellement en service non seulement dans l'US Navy, mais aussi dans les forces navales norvégienne, australienne et néo-zélandaise.

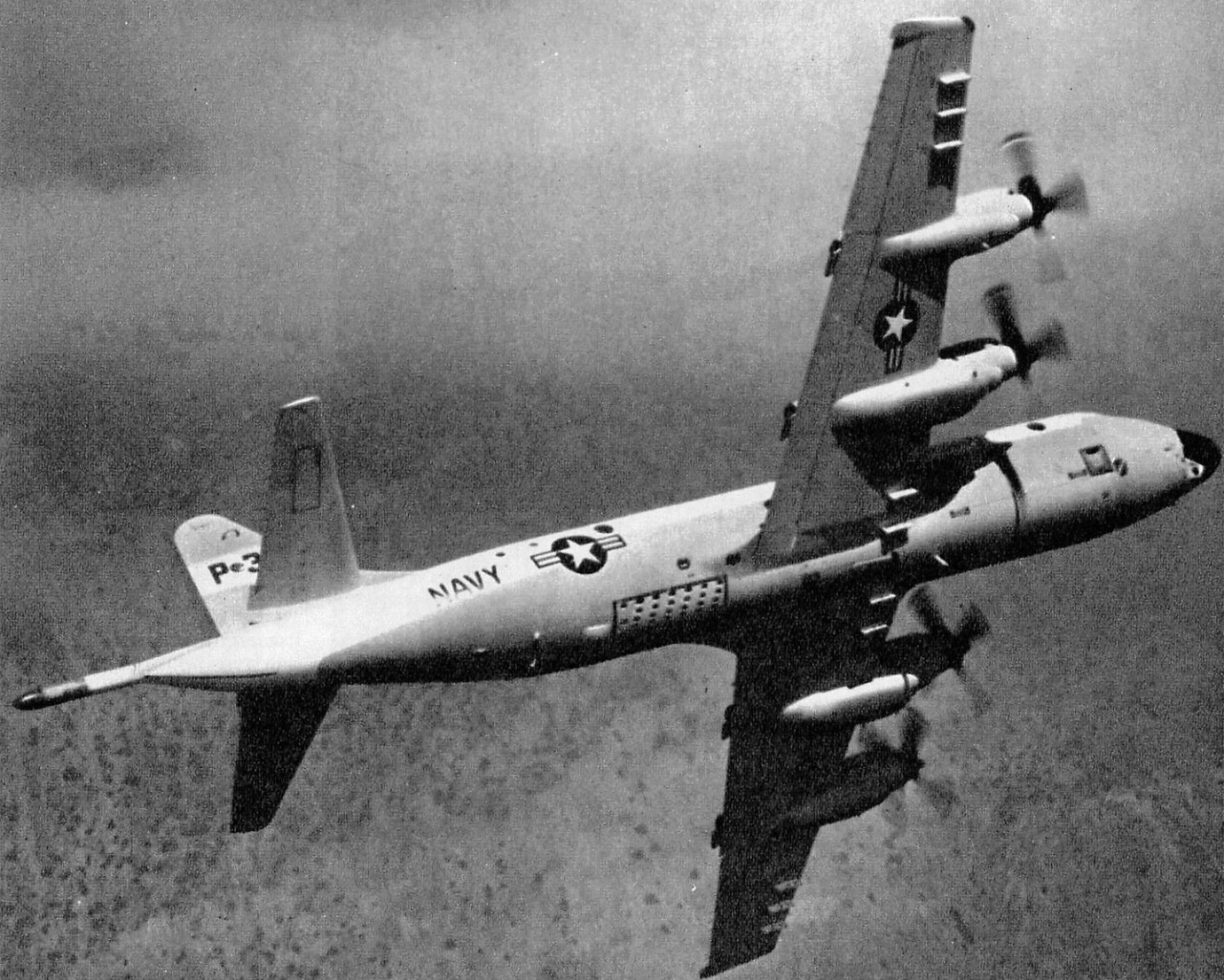
L'« Orion » est une version très modifiée du quadriturbopropulseur commercial « Electra », dont les faibles qualités abrégèrent rapidement la carrière. L'« Orion », animé par quatre turbines de 5 000 ch, peut rallier une zone de recherche à 3 500 km de sa base, rester 3 heures sur les lieux, puis rentrer. Son équipage est constitué d'une dizaine d'hommes. Il est doté des moyens de détection les plus récents : bouées sonar, détecteur d'anomalies magnétiques, radar, récepteur de contre-mesures électroniques, le tout coordonné par un calculateur de bord.

Avec quelques années de retard sur les Etats-Unis, l'Europe a construit à son tour un patrouilleur moderne pour remplacer les vieux « Neptune ». Après concours, le projet présenté par la société française Bréguet fut retenu. Ainsi naquit l'« Atlantic », qui a l'avantage sur l'« Orion » d'avoir été dès l'origine conçu pour sa mission. C'est aujourd'hui, en attendant que la nouvelle génération à réaction ait fait ses preuves, le meilleur appareil de ce type dans le monde, en dépit des aléas rencontrés dans les premières années de sa mise en service.

Le Bréguet « Atlantic » est propulsé par deux turbines Rolls Royce « Tyne » de 6 200 ch. Son autonomie est de 7 500 km. Il peut garder l'air plus de 10 heures avec à son bord un équipage d'une douzaine d'hommes. Il dispose d'un système de détecteurs équivalent à celui de l'« Orion » et, comme lui, peut emporter sous sa voilure toutes sortes de missiles ou de roquettes et, en soute, des grenades et des torpilles. Huit ans après sa mise en service dans l'Aéronavale, l'« Atlantic » est sur le point de recevoir un nouveau système de traitement et de présentation des données fournies par ses nombreux détecteurs.

Au printemps 1967, en Grande-Bretagne, un patrouilleur maritime à réaction prenait l'air pour la première fois. Le Hawker Siddeley « Nimrod » est lui aussi issu d'un avion commercial qui n'a pas eu de chance. Par rapport au « Comet » 4 C dont il est dérivé, le « Nimrod » présente de nombreuses différences. La plus visible est l'adjonction d'une vaste soute à armement non pressurisée qui constitue une sorte de deuxième fuselage appendu sous le premier. Le principal avantage revendiqué par le « Nimrod » est la rapidité avec laquelle il peut rejoindre sa zone de travail. Ses détracteurs insistent sur la consommation élevée des réacteurs, surtout à basse altitude, et doutent de sa capacité à rester longtemps en patrouille.

Tous les appareils évoqués jusqu'ici requièrent des longueurs de piste importantes et sont basés à terre. La marine américaine, qui dispose de porte-avions lourds, met en œuvre des patrouilleurs embarqués dont le plus récent est le

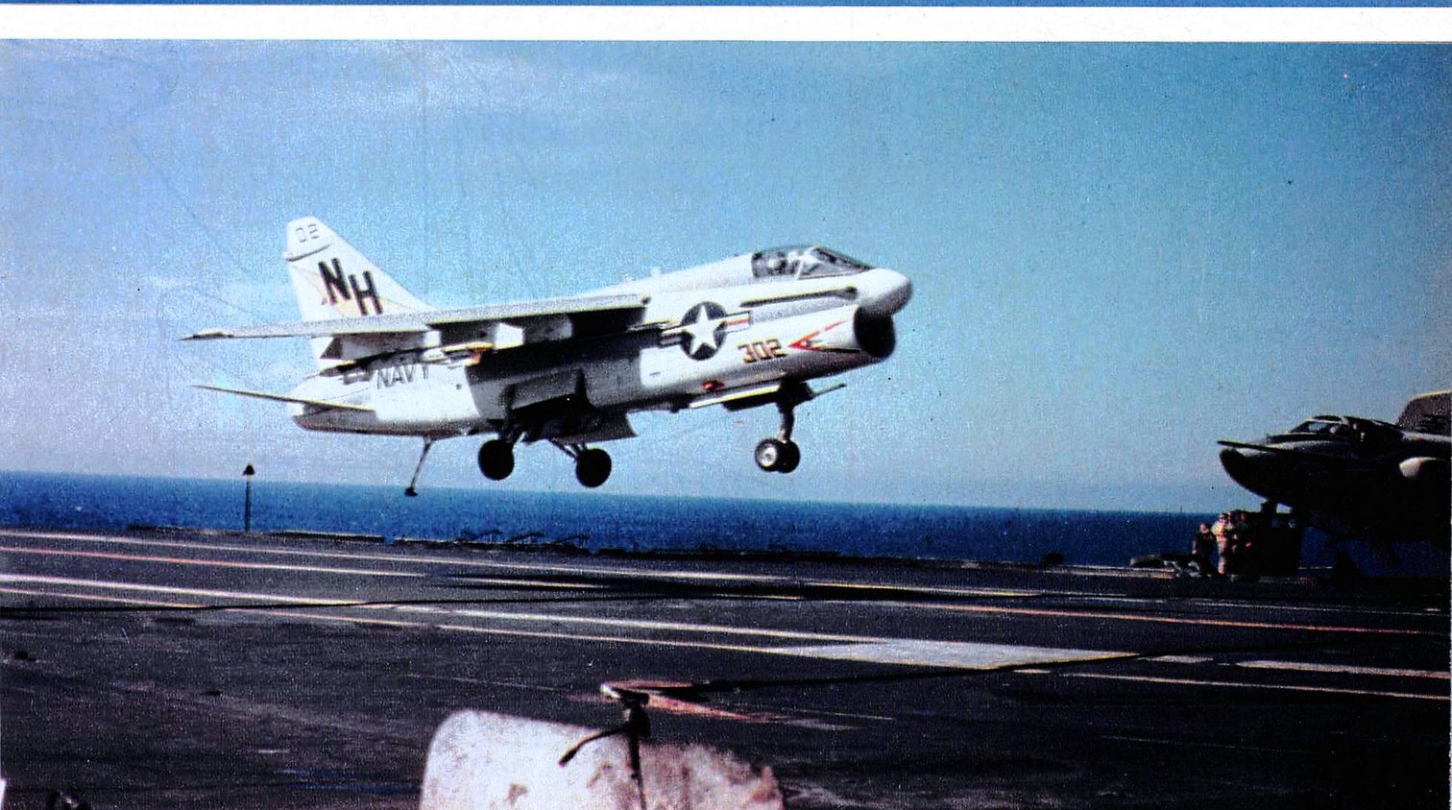


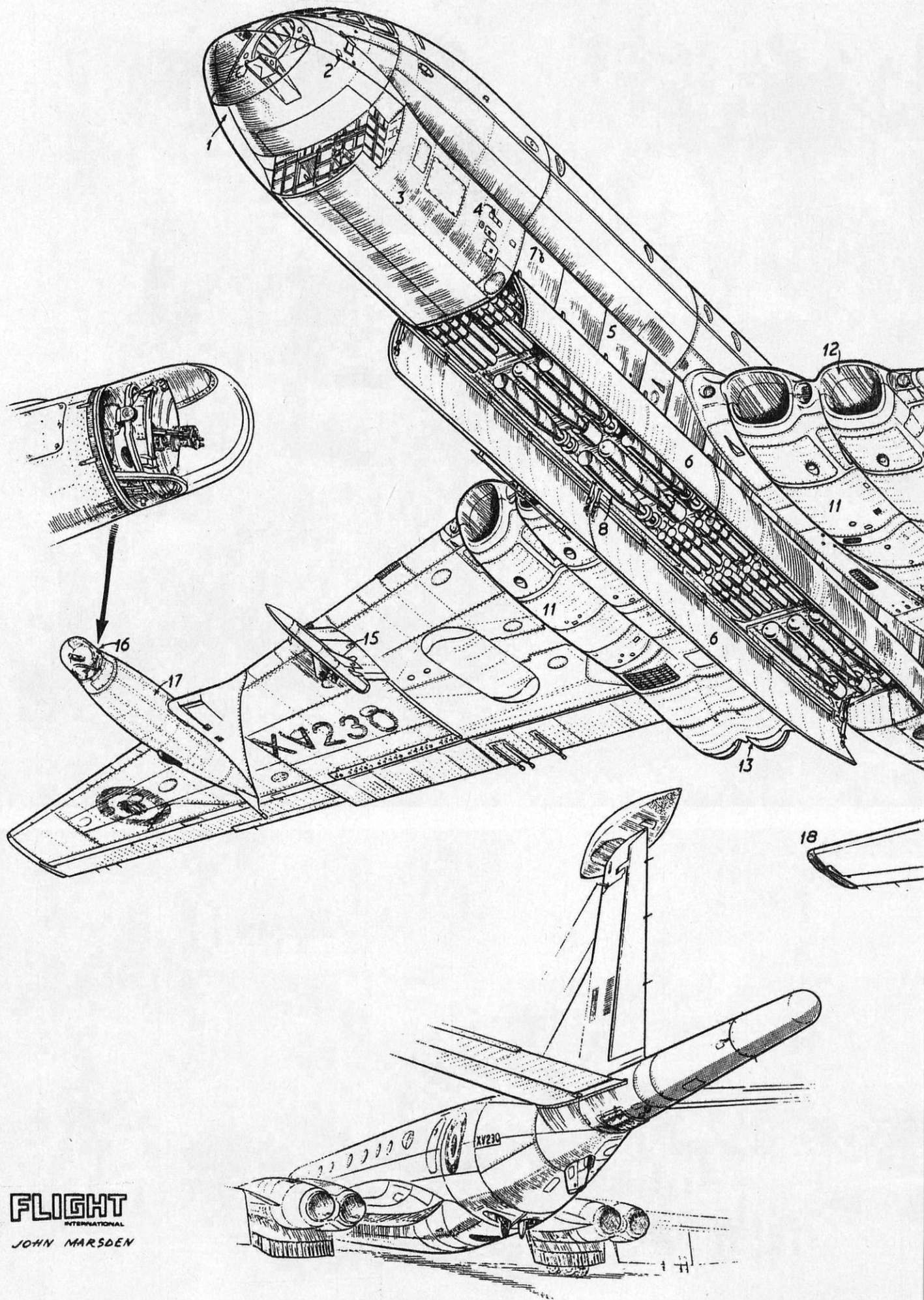
Le patrouilleur maritime Lockheed P-3 « Orion » a été adopté par de nombreux pays.

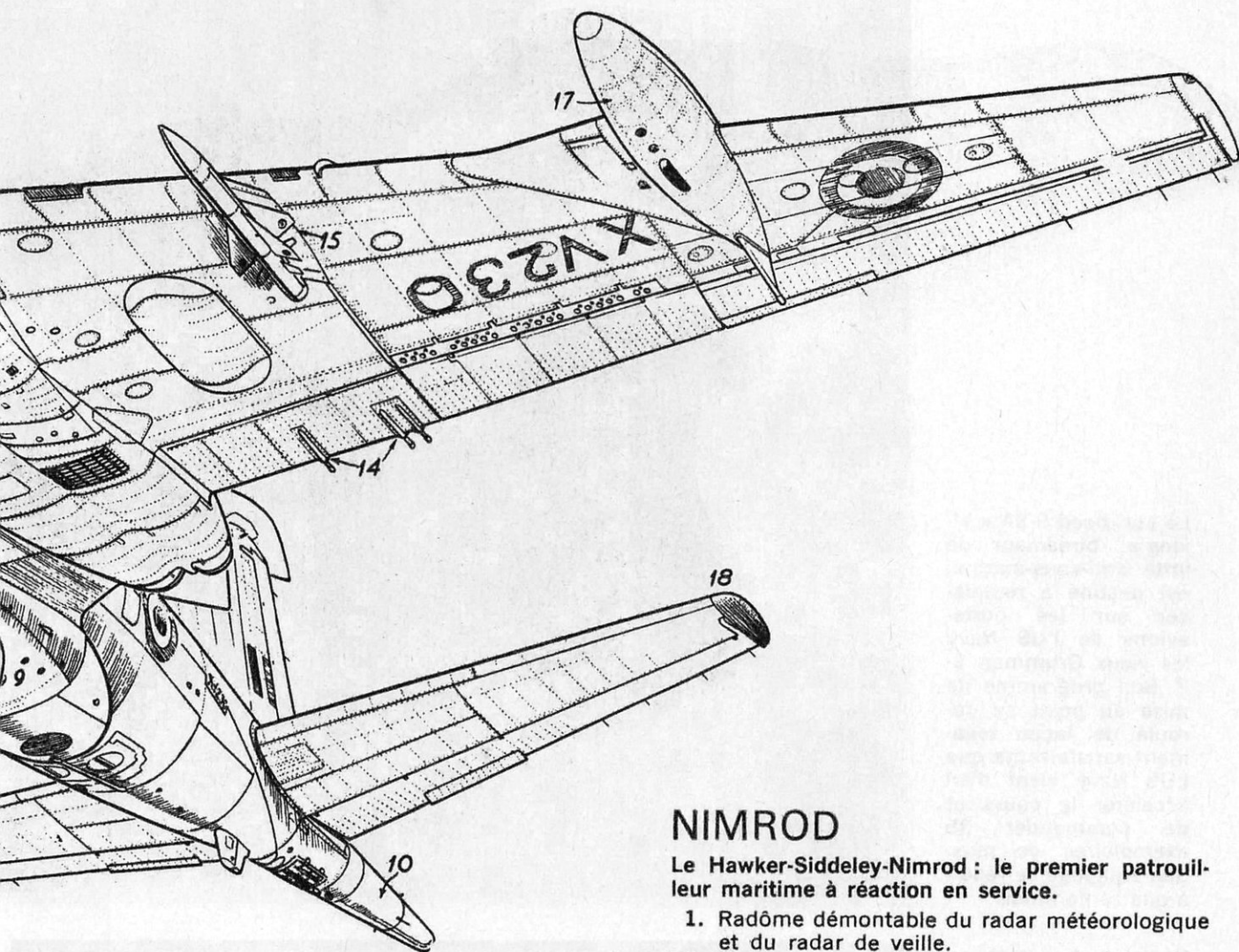


◀ La France dispose de deux porte-avions modernes, mis en service il y a une dizaine d'années, le « Foch » et le « Clemenceau ». Ils peuvent embarquer une trentaine d'avions d'assaut et de lutte anti-sous-marine. Aujourd'hui, l'intérêt de tels bâtiments est souvent contesté au niveau politique.

Vainqueur d'un concours lancé par l'US Navy en 1963 pour le développement d'un avion d'attaque, le LTV A-7 « Corsair » ▶ Il a fait depuis une magnifique carrière. Produit à des cadences atteignant 40 par mois pendant la guerre du Vietnam, il s'en est fallu de très peu que la France ne l'adopte aussi.



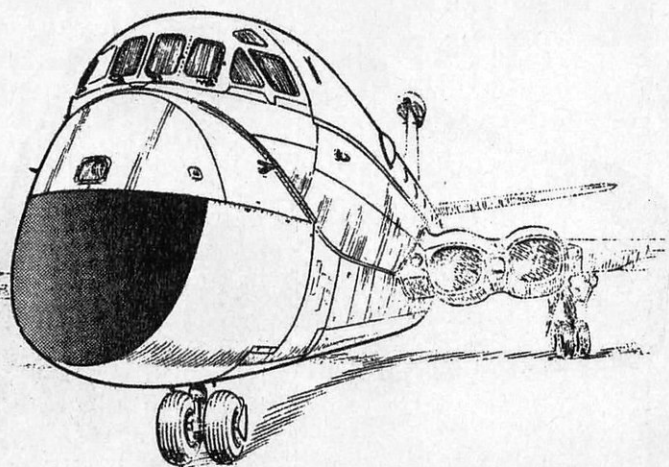




NIMROD

Le Hawker-Siddeley-Nimrod : le premier patrouilleur maritime à réaction en service.

1. Radôme démontable du radar météorologique et du radar de veille.
2. Points de levage du radôme.
3. Soute électronique avant.
4. Boutons de commande des portes des soutes à bombes.
5. Soute à munition non pressurisée.
6. Porte de soute (deux paires).
7. Trop plein des réservoirs.
8. Charges offensives typiques : mines, charges de fond, bombes, torpilles, bouées acoustiques (longueur de soute : 16 mètres).
9. Portes pour chargement par l'arrière.
10. Cône diélectrique du détecteur magnétique.
11. Réacteur Rolls-Royce Spey à double flux.
12. Entrée d'air de grande section.
13. Tuyères.
14. Events des réservoirs.
15. Supports pour missiles air-mer Martel ou AS-12.
16. Projecteur.
17. Réservoirs de carburant externe.
18. Antennes VOR.



Le Lockheed S-3A « Viking », biréacteur de lutte anti-sous-marine, est destiné à remplacer sur les porte-avions de l'US Navy les vieux Grumman S-2. Son programme de mise au point se déroule de façon tellement satisfaisante que l'US Navy vient d'en accélérer le cours et de commander 35 exemplaires de plus. Son équipage se réduit à quatre hommes.



Réplique française au « Styx » soviétique, l'« Exocet » de la SN IAS (ci-contre) est déjà l'engin mer-mer le plus vendu au monde. Les Etats-Unis s'intéressent à lui. Dérivé du « Comet » 4 C, le « Nimrod » (en page de droite), construit par Hawker-Siddeley, est le premier patrouilleur maritime à réaction à avoir volé. C'est aussi le premier entré en service effectif.





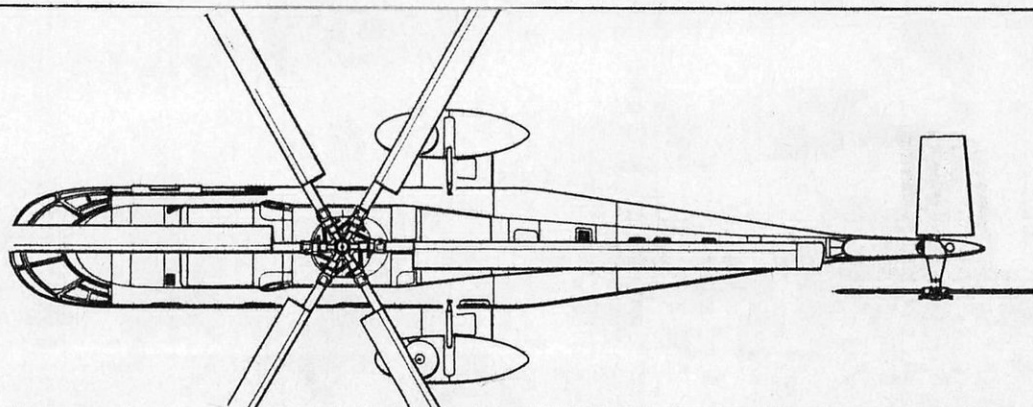


Armé de trois engins air-surface « Martel », un avion d'attaque « Buccaneer » de la Royal Navy.



Pour remplacer les Etendard IV vieilliss, Breguet-Dassault construira le Super-Etendard...

L'hélicoptère lourd « Super Frelon », développé pour les besoins de la Marine française, est aujourd'hui l'un des appareils les mieux équipés pour la lutte contre les sous-marins. Malheureusement pour cette machine, son coût très élevé a gêné l'exportation.



Lockheed S-3 A « Viking ». Ce biréacteur possède l'équipement électronique de bord le plus perfectionné existant actuellement. Il permet à un équipage de quatre hommes d'effectuer le même travail que les dix qui constituent celui d'un « Orion ». Le S-3 A sera armé d'un engin air-surface à très longue portée et doté d'un système d'apportage automatique.

Côté soviétique, il est curieux de remarquer qu'on y trouve le seul hydravion voué à la surveillance maritime. Il s'agit du Beriev Be-12, un biturbopropulseur en service depuis une douzaine d'années.

LES APPAREILS DE COMBAT

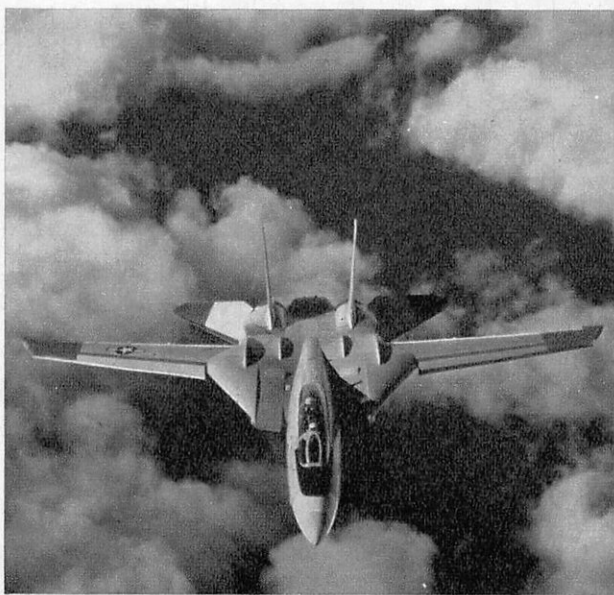
La flotte d'appareils de combat que les porte-avions ont à leur bord peut comprendre non seulement des avions d'appui, mais aussi de supériorité aérienne.

Si une grande uniformité ne règne pas à travers le monde, ce n'est pas le fait de la diversité des matériels produits, mais bien du manque de crédits. Faute de mieux, les forces navales des nations de second plan qui possèdent encore des porte-avions conservent des appareils dont la conception remonte parfois à trente ans. Il est vrai que, exception faite des Etats-Unis, la demande représentée par les forces aériennes embarquées est généralement très réduite et ne justifie pas toujours une étude particulière. Finalement, ne produisent à l'heure actuelle des avions embarqués que les Etats-Unis, la Grande-Bretagne, l'U.R.S.S. et la France. L'ensemble de la production porte sur une dizaine de types. Partout, pour des raisons évidentes de coûts, on a essayé de produire des avions polyvalents, utilisables aussi bien par les forces aériennes que navales. La chose a été plus ou moins heureuse. Aux Etats-Unis, le F-111, avion à tout faire à géométrie variable, a surtout coûté très cher. En revanche, le McDonnell-Douglas « Phantom » a fait une très belle carrière. En Grande-Bretagne, le Hawker Siddeley « Buccaneer » est sans doute le meilleur appareil de combat britannique de l'heure. En France, aucune polyvalence n'avait été recherchée avant le programme « Jaguar », dont le « volet » marine vient précisément de sombrer.

Les appareils embarqués se caractérisent par une structure renforcée qui leur permet de subir sans dommage le terrible choc du catapultage et les arrêts brutaux provoqués lors de l'apportage. Ils sont dotés d'atterrisseurs plus hauts que la normale et très robustes.

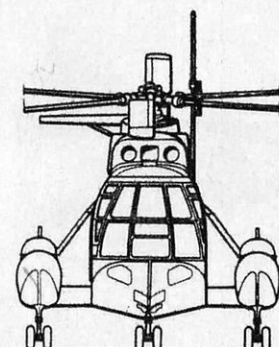
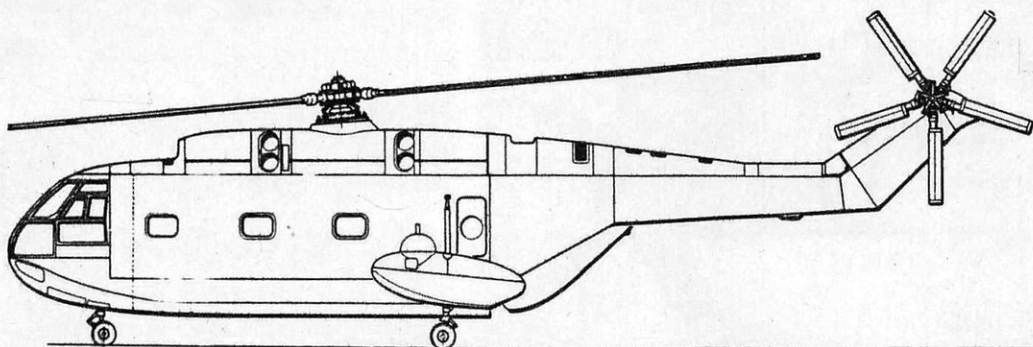
Le plus récent des avions de combat embarqués est le Grumman F-14 « Tomcat ». Destiné à remplacer le solide « Phantom », cet appareil paraît singulièrement complexe. Il s'agit d'un biplace biréacteur à géométrie variable de la classe des vingt tonnes, dont le rapport poids/puissance est voisin de 1. Ses performances ne sont pas connues dans le détail, mais la vitesse maximale est supérieure à deux fois et demie celle du son. Deux des prototypes ont été accidentés et le prix unitaire de l'appareil n'a cessé d'augmenter depuis le début de l'étude de façon fort inquiétante. Au point que le Congrès américain s'est efforcé de mettre un terme à l'escalade et peut-être même au programme.

En France, dans les derniers jours de mars, décision a été prise de passer à la production d'un nouvel avion embarqué doté d'un réacteur SNECMA « Atar » 8 K 50. Dérivé de l'Eten-dard IV M en service depuis plus de dix ans, le



Doc. U.S. Navy

Le F-14 « Tomcat », successeur du « Phantom » ?



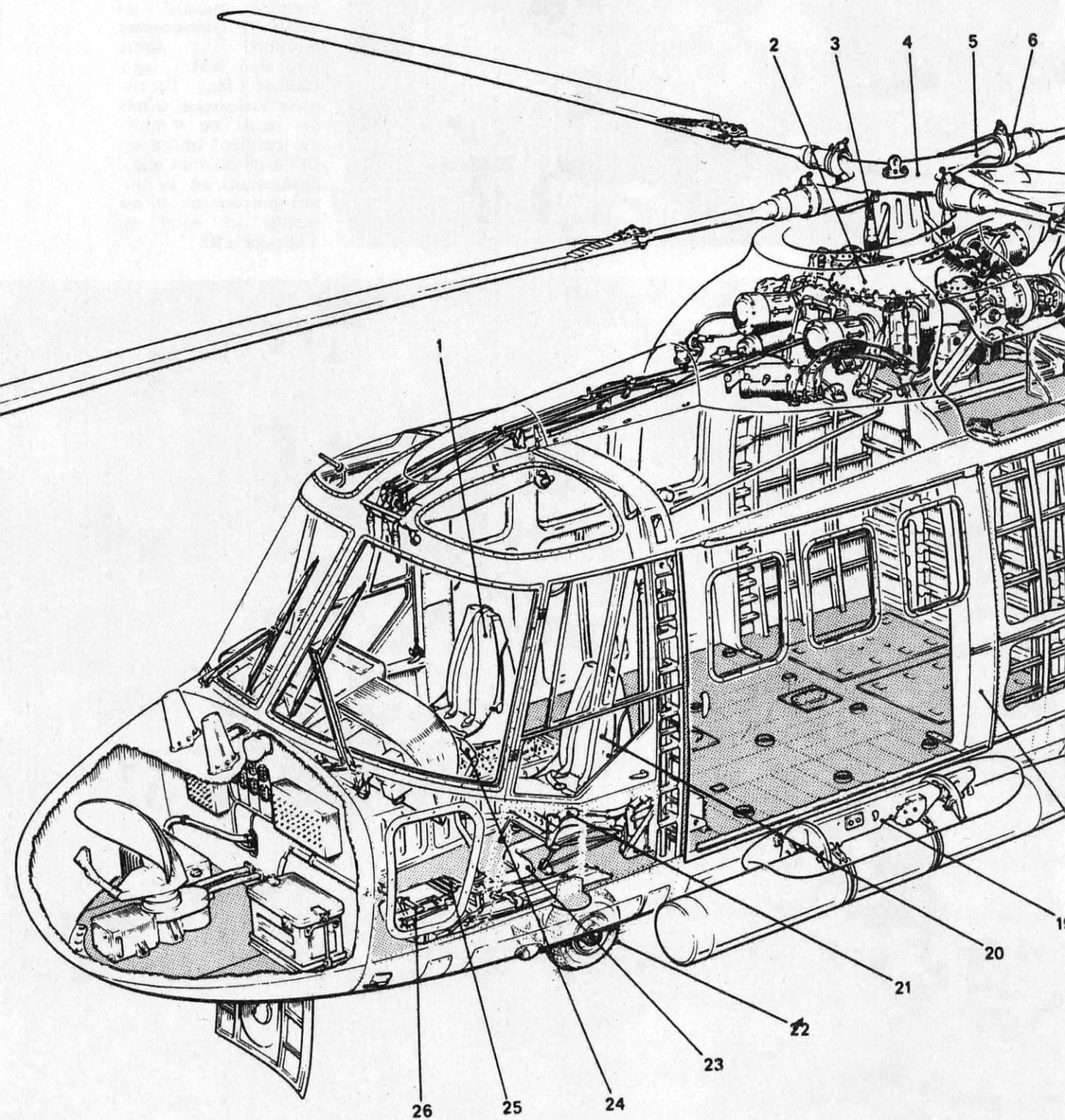
Le combat rapproché avion contre avion, qui suppose des évolutions très serrées, ne permettait pas jusqu'ici l'emploi d'engins. Le Matra R-550 « Magic » est le premier missile au monde à pouvoir être utilisé en combat tournoyant. Le « Jaguar » (en page de droite) sera le futur camion à bombes de l'Armée de l'Air française et de la RAF. Il n'a malheureusement pas été retenu pour équiper l'Aéronavale.

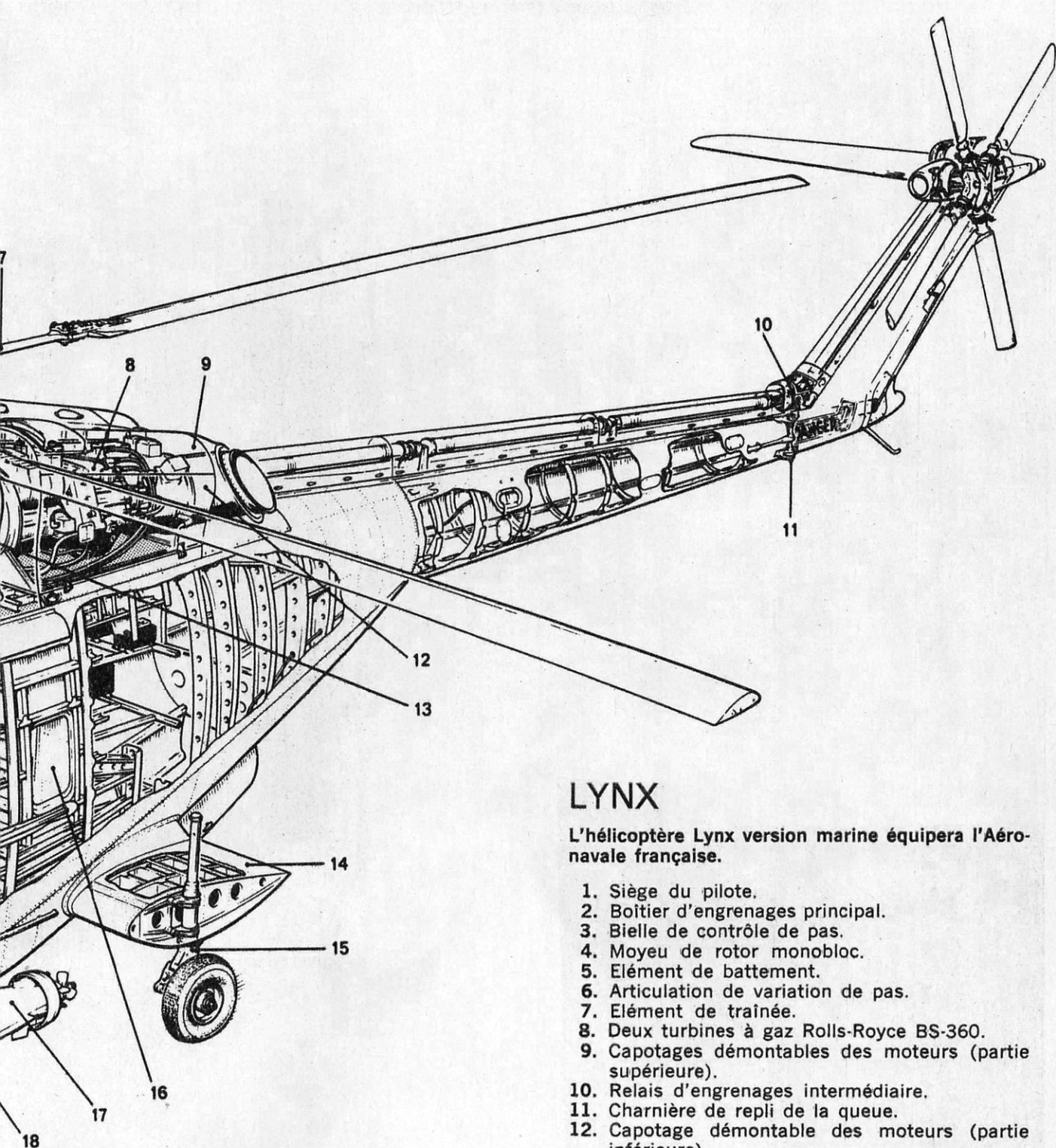




Par l'adjonction sous la voilure d'armements divers, il est possible d'adapter, dans une certaine mesure, un avion à différentes missions. La firme française Matra, spécialisée dans l'armement embarqué, a mis au point ce « pod » qui contient un canon DEFA de 30 mm aussi performant en tir air-air que air-sol. Il est monté ici sous un « Mirage » III.







LYNX

L'hélicoptère Lynx version marine équipera l'Aéronavale française.

1. Siège du pilote.
2. Boîtier d'engrenages principal.
3. Bielle de contrôle de pas.
4. Moyeu de rotor monobloc.
5. Élément de battement.
6. Articulation de variation de pas.
7. Élément de trainée.
8. Deux turbines à gaz Rolls-Royce BS-360.
9. Capotages démontables des moteurs (partie supérieure).
10. Relais d'engrenages intermédiaire.
11. Charnière de repli de la queue.
12. Capotage démontable des moteurs (partie inférieure).
13. Accès à la boîte d'engrenages.
14. Flotteur.
15. Compartiment des réservoirs de carburant (un de chaque côté).
16. Torpille.
17. Porte de cabine.
18. Support de torpille et dispositif de largage.
19. Siège du copilote.
20. Levier de pas collectif.
21. Atterrisseur avant.
22. Atterrisseur principal.
23. Conduit d'aération de la cabine.
24. Levier de pas cyclique.
25. Ouïes de diffusion d'air chaud.
26. Palonnier de rotor de queue.





Mis au point en coopération par la société italienne Oto-Melara et la firme française Matra, l'engin mer-mer « Otomat » est propulsé en croisière par un petit turboréacteur Turboméca qui lui donne une portée pouvant éventuellement dépasser 80 km. Le principal concurrent de l'« Exocet ».

Version britannique, construite par Westland, de l'hélicoptère américain Sikorsky S-61, le biturbine « Sea King » est l'appareil de base utilisé par la Royal Navy pour la lutte anti-sous-marine. Un certain nombre de ces appareils ont été exportés, notamment en Australie et en Norvège.

futur « Super Etendard » conservera l'essentiel de la structure de son prédécesseur, mais outre le moteur, tous les systèmes de bord seront nouveaux.

UN RÔLE CROISSANT POUR LES HELICOPTERES

Les hélicoptères jouent dans les forces navales des rôles multiples. Ils sont employés à la lutte anti-sous-marine, au combat contre les bâtiments rapides et aux liaisons entre les bâtiments. Tous sont astreints à conserver une assise convenable sur le pont plate-forme malgré les mouvements du navire. Pour cette raison, ils sont tous dotés de trains d'atterrissage à voie très large et d'amortisseurs à longue course. Malgré cela, tous n'acceptent pas des mouvements de plate-forme très importants sans être arrimés.

Les hélicoptères lourds ou moyens sont généralement employés pour les opérations de sauvetage et pour la protection à courte distance contre les sous-marins. Aux Etats-Unis, le Sikorsky S-61 est l'appareil de base pour ce genre de mis-

sions. En Grande-Bretagne, c'est une version de ce même appareil qui prévaut. En France, est en service le « Super-Frelon » de l'Aérospatiale. Ces machines, qui ont une autonomie de plusieurs heures, disposent d'un équipement de recherche et de localisation complet. Ces dernières années, de notables progrès ont été accomplis, qui permettent d'espérer réunir un équipement équivalent à bord de machines moins importantes, de la classe du SA-330 « Puma » par exemple, et par suite moins onéreuses.

Jusqu'ici, les hélicoptères légers n'étaient utilisés que pour assister les appareils plus importants ou pour les liaisons. La menace nouvelle que font peser les vedettes rapides lance-engins a fait naître l'idée de les utiliser contre ces bâtiments. Dotés d'un radar, de systèmes de visée diurne et nocturne et d'engins air-mer convenables, de tels appareils seraient très redoutables. D'une certaine altitude, les petits bâtiments lance-engins deviennent en effet plus faciles à repérer et, quelle que soit leur vitesse, elle reste très inférieure aux 300 km/h dont sont capables les hélicoptères modernes.

LES MISSILES NAVALS

L'histoire des missiles navals a vraiment commencé le 21 octobre 1967 dans le golfe d'Akaba. Ce jour-là, le destroyer israélien « Eilat » croisait sur une mer calme et apparemment déserte lorsqu'il fut frappé par un engin guidé de grandes dimensions et envoyé par le fond en quelques minutes. L'« Eilat » était la première victime d'un missile mis au point par les Soviétiques plusieurs années auparavant et confié aux Egyptiens depuis 1965. Faute de mieux, les spécialistes de l'OTAN avaient baptisé cette arme du nom évocateur de « Styx ».

Le « Styx » n'était évidemment pas le premier missile à être monté sur un navire. Depuis le milieu des années 50, de nombreux bâtiments de surface avaient été équipés d'engins anti-aériens destinés à assurer la protection des forces navales contre des attaques à moyenne et haute altitude. Mais l'impact sur l'opinion et sur les états-majors de la mésaventure de l'« Eilat » a été tel qu'un peu partout dans le monde, on a jugé que la guerre navale était en train de changer de visage.

Que des avions soient vulnérables à plus de 40 km de leur objectif, que de gros bâtiments puissent être mis à mal ou même détruits par de petites vedettes, autant de faits nouveaux qui bouleversent les tactiques.

Jusqu'à l'apparition des missiles, les navires de guerre étaient armés de canons et de torpilles. La plupart d'entre eux le sont encore. Les missiles se sont taillé un domaine aux côtés des armements classiques sans les chasser du bord.

Les missions qui leur sont confiées aujourd'hui vont de la défense côtière à la dissuasion nucléaire. En résulte une grande variété de matériels qui sont les fruits de compromis entre les doctrines des états-majors, les possibilités techniques, et les crédits dont disposent les marines. Selon le type de l'objectif, les missiles sont plus ou moins complémentaires des canons, mais, en fait, ce qu'ont apporté de plus évident les engins guidés autopropulsés, c'est un avantage de portée.

Alors, par exemple, qu'un canon anti-aérien est inefficace au-delà de quelques kilomètres, les missiles anti-aériens permettent d'atteindre une cible à plusieurs dizaines de kilomètres. Ainsi, les systèmes de missiles ont accru dans de très larges proportions le volume d'action des navires de guerre. Dès qu'il s'agit d'engagement à courte portée, le canon et la torpille reprennent leurs droits, surtout parce qu'ils sont moins chers.

CONTRE LES AVIONS

La menace aérienne étant particulièrement redoutable, c'est dans la défense anti-aérienne que les premiers résultats spectaculaires ont été enregistrés. Aujourd'hui, de par le monde, il existe

une vingtaine de systèmes navals de missiles contre avions. A elle seule, l'US Navy en emploie une demi-douzaine, la France dispose d'un, l'U.R.S.S. de trois ou quatre. Il s'agit sans exception de missiles à moyenne ou longue portée, c'est-à-dire que leur domaine d'action s'étend de un à cinquante kilomètres. Quelques systèmes à très courte portée, dérivés d'armements terrestres, sont en cours d'étude, mais ils n'entreront pas en service avant plusieurs années.

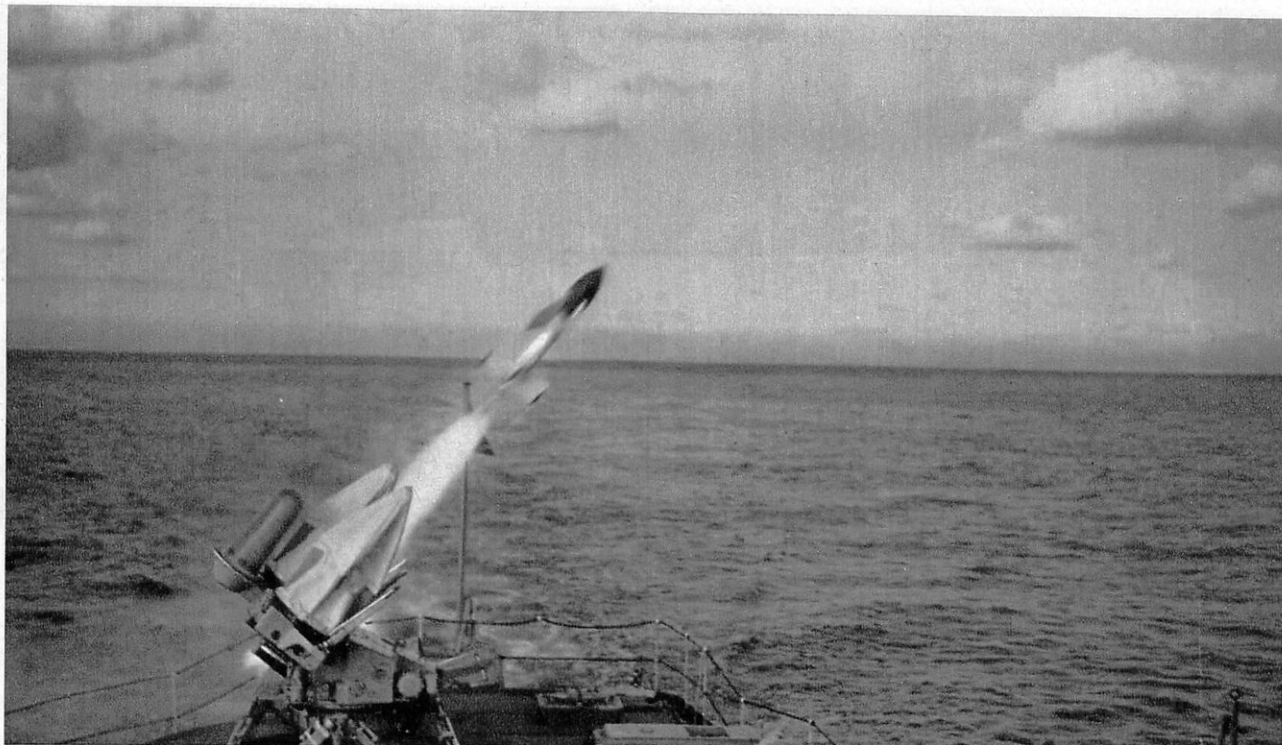
Théoriquement, le problème posé par la lutte contre les avions est assez simple. Contrairement à d'autres objectifs, un avion en vol est assez facilement détectable et identifiable au radar. Ainsi détecté par le bâtiment lance-missiles, l'avion est pris en compte par un radar spécialisé qui suit ses évolutions et dirige en permanence son émission dans sa direction. Cette émission, réfléchiée par la cible un peu dans toutes les directions, guide le missile lorsque celui-ci est tiré. La tête de l'engin contient en effet tous les éléments de la partie réception d'un radar. Ce type de guidage semi-actif est utilisé chaque fois que l'on désire obtenir une grande portée contre une cible se déplaçant rapidement.

En Occident, le système qui affiche actuellement la plus grande portée est le « Talos » américain, capable d'abattre un avion à plus de 100 km. Le missile mesure 11,58 m de long et est à deux étages : un accélérateur contenant un gros moteur à poudre donnant l'impulsion de départ ; un étage de croisière de 6,40 m de long, qui vole vers sa cible à deux fois et demie la vitesse du son. Au lancement, un « Talos » pèse 1,5 t.

Le « Talos » n'est pas, et de loin, le système le plus récent. C'est même l'un des premiers. Il résulte d'études de l'Applied Physics Laboratory de la John S. Hopkins University, entreprises dès 1944. Il a été tiré pour la première fois à la mer en février 1959.

Les systèmes plus récents ont une portée environ moitié de celle du « Talos ». En revanche, on leur demande d'être plus précis et surtout plus sûrs.

En 1964, les Etats-Unis ont lancé un vaste programme, baptisé « Aegis », sorte de synthèse de tout ce qu'on peut attendre d'un système naval anti-aérien. Il s'agissait de créer un système d'armes embarquable sur frégate, destroyer ou même sur porte-avions, capable d'assurer la protection complète d'une « task force ». Il devait comporter un radar à balayage pouvant « regarder » dans toutes les directions en même temps et des rampes susceptibles de lancer soit des engins anti-sous-marins « Asroc », soit des engins anti-aériens « Aegis ». Les essais partiels du système ont commencé à la fin de 1969 et le premier matériel opérationnel doit entrer en service vers 1976.



Short s'est fait une spécialité des missiles bon marché et efficaces, tel que le « Sea Cat ».

CONTRE LES NAVIRES

En dépit de l'existence d'engins surface-surface soviétiques, on s'est surtout inquiété, en Occident, au moins jusqu'en 1967, de mettre au point des systèmes anti-sous-marins. Ces études n'ont abouti qu'à un très petit nombre de missiles : deux aux Etats-Unis, un en France. L'« Asroc » américain et le « Malafon » français ne sont en fin de compte que des torpilles volantes. Le missile ne sert en quelque sorte que d'avion torpilleur. Le « Subroc », mis au point par Goodyear, est doté d'une bombe nucléaire. Contrairement aux deux autres systèmes, il est tiré à partir de sous-marins en plongée, ce qui en fait une arme totalement originale.

Si les techniciens occidentaux se sont d'abord intéressés au problème de la destruction des sous-marins, c'est en partie que le problème est plus simple que pour l'attaque des navires de surface. La détection d'un sous-marin reste un problème mal résolu, mais son attaque à l'aide de torpilles acoustiques ou de bombes nucléaires ne pose pas de problème majeur, l'eau transmettant presque intégralement le choc produit par une explosion proche. En revanche, pour détruire un navire, il faut un coup au but.

Depuis que le « Styx » soviétique a montré son efficacité, on a assisté à une floraison de systèmes dits mer-mer plus ou moins ambitieux. Aujourd'hui, en Occident, seul l'« Exocet », mis au point par la division des engins tactiques de l'Aérospatiale, est opérationnel. L'Italie dispose depuis plusieurs années de deux systèmes, les « Sea Killer » Mk I et Mk II, mais ils sont loin d'être de la classe du « Styx ». Leur portée est

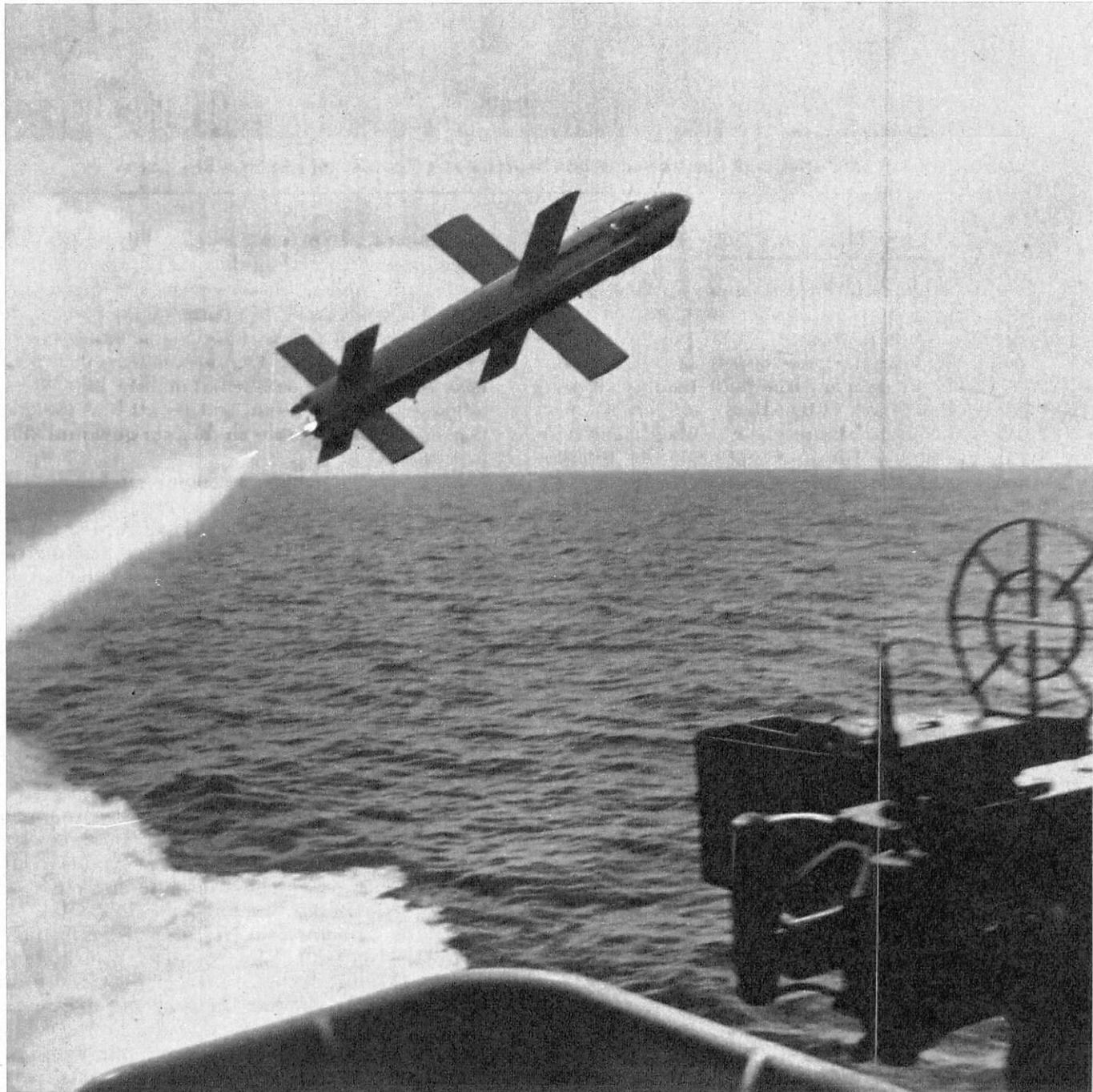
inférieure à 20 km, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent atteindre un objectif au-delà de l'horizon.

Un navire, même de dimensions respectables, n'est pas aussi facile à repérer qu'on pourrait le croire. Pour les radars, l'horizon se situe à environ trente kilomètres. Occasionnellement, il peut être repoussé à quelque cinquante kilomètres. Sur une mer agitée, une vedette en bois est pratiquement indétectable au-delà de quelques kilomètres.

L'adversaire détecté, de nombreuses circonstances peuvent venir compliquer le problème. Par exemple, un bâtiment de guerre peu volontairement se tenir à proximité de navires de commerce. Cette hypothèse prend beaucoup d'importance aux yeux de certains stratèges qui envisagent la possibilité d'une véritable guérilla sur mer conduite avec quelques vedettes rapides armées de missiles mer-mer à moyenne portée (25 à 45 km). Il faut alors trouver un moyen de bien différencier la cible du « leurre ».

DES PROBLEMES PARTICULIERS

Les conditions d'emploi des missiles mer-mer ne permettent pas d'utiliser les autodirecteurs semi-actifs. Les systèmes les plus évolués réalisés à ce jour, ou en cours de mise au point, ont des caractéristiques communes. Tirés selon un angle de montée très faible, ils effectuent l'essentiel ou la totalité de leur trajectoire à très basse altitude — 5 à 15 m — grâce à un radioaltimètre. Pendant la première partie de leur vol, ils sont dirigés à l'aide d'un système de navigation par inertie vers l'endroit où se trouvait l'objectif au départ du tir, cette position étant fournie par le radar de bord. Durant



le temps de vol, l'objectif peut s'être déplacé de plusieurs kilomètres. Aussi, la dernière partie du vol est-elle soumise à un petit radar (émetteur et récepteur) qui recherche la cible dans un secteur plus ou moins large en avant du missile. La toute dernière partie de la trajectoire peut comporter une légère remontée et un piqué sur le navire attaqué, dans le cas où l'engin vole trop haut pour intercepter à coup sûr son objectif.

L'« Exocet », dont il est question précédemment, a une portée de 38 km. L'engin, qui mesure 5,12 m de long, pèse 720 kg. Une vedette rapide peut en emporter quatre sans difficultés. Outre le radar de conduite de tir, le système complet comprend une centrale de cap et de verticale, un loch, et un petit calculateur chargé d'élaborer les conditions du tir. L'« Exocet » est propulsé par un moteur-fusée à poudre, ce qui limite sa portée.

La société italienne Oto Melara, en association avec Matra, met au point l'« Otomat », missile de dimensions et de poids comparables, mais équipé d'un petit réacteur, ce qui permet d'allonger la portée autant que l'on veut sans grosse modification de l'engin. Aux Etats-Unis, c'est également cette solution qui a été retenue pour le « Harpoon », que McDonnell étudie pour l'US Navy.

Contrairement à ce qu'affirment certains constructeurs, les systèmes mer-mer ne donnent pas des chances égales aux petites unités et aux grands bâtiments. Aucun de ces engins, même les plus gros, ne peuvent envoyer par le fond un porte-avions ou un navire d'importance d'un seul coup. L'autonomie des vedettes ne leur permet d'ailleurs pas de livrer combat très loin des côtes. Enfin, la tenue à la mer de ces petits bâtiments limite leur capacité de combat.

Il n'en reste pas moins que la tactique devra évoluer pour prendre en compte la nouvelle menace. Des hélicoptères équipés de systèmes optiques de détection, de radars, et même de missiles sont de taille à lutter efficacement.

LES OBJECTIFS TERRESTRES

En raison de leur dispositif de guidage terminal, les engins mer-mer actuels ne peuvent guère être employés qu'en direction du large. Tirés vers la côte, ils seraient gênés par les échos de la « toile de fond ».

Les missiles sont chers parce qu'ils sont complexes. La part d'« intelligence » qu'on leur octroie se paye. Il faut donc que les objectifs

que l'on vise aient une valeur suffisamment grande. Cette réserve élimine beaucoup d'objectifs terrestres. Enfin, et surtout, les objectifs terrestres n'ont que rarement une signature nette qui permette de les distinguer de ce qui les entoure. Un ouvrage fortifié, par exemple, n'émet rien de plus que les replis de terrain environnant. Seul le guidage à vue peut permettre de l'atteindre. L'adaptation sur navire d'engins antichars peut à ce propos être intéressante, mais seulement à courte portée, 5 à 7 km, et sans avantage particulier sur l'artillerie classique, au contraire. Ils peuvent, il est vrai, être montés sur de petites unités et leur donner une puissance de feu importante par rapport à leur taille.

Le problème de la « signature » des objectifs terrestres est à vrai dire en passe d'être résolu. Les premiers systèmes mer-terre tactiques à moyenne portée — au-delà de l'horizon, 40, 50 ou 60 km — pourraient être constitués d'engins semblables aux mer-mer actuels, mais guidés dans la dernière partie de leur trajectoire par un récepteur laser. Dans ce cas, l'objectif est « éclairé » par un laser portatif dirigé vers la cible par les membres d'un commando de plongeurs de combat, par exemple. Illuminateur portatif et autodirecteur semi-actif à laser sont à l'étude en France et ont déjà été réalisés aux Etats-Unis.

LES MISSILES STRATEGIQUES

Pour réaliser une capacité d'intervention en tous lieux malgré la portée limitée des missiles et en tenant compte de l'impossibilité présente de détecter un sous-marin en pleine mer, les Etats-Unis, l'U.R.S.S., la Grande-Bretagne et la France ont constitué des flottes de sous-marins lance-missiles à propulsion nucléaire. Les dimensions des submersibles ont dicté les caractéristiques de ces engins. Chaque sous-marin emporte seize missiles.

Les Etats-Unis ont d'abord mis au point les « Polaris », dont la dernière version, A-3, longue de 9,45 m, pèse environ 16 t et affiche une portée de 4 600 km. Les « Polaris » des versions plus anciennes seront peu à peu remplacés par des « Poseïdon », longs de 10,35 m et pesant 12,5 t. Les « Poseïdon » ont la même portée que les A-3, mais sont dotés d'une tête thermonucléaire multiple évoluée.

Pour des raisons financières, la Grande-Bretagne a préféré acquérir des fusées américaines « Polaris ».

La France, pour sa part, a fait les frais du développement d'un système national, désigné MSBS. Les missiles MSBS ont 10,40 m de long, pèsent 18 t, et ont une portée estimée à 2 000 km. Il ne s'agit évidemment là que d'une première génération. La première amélioration prévue consisterait à remplacer, d'ici deux ou trois ans, la charge atomique de 500 kt par une tête thermonucléaire.

Philippe PIERRE

Le « Harpoon » américain (en haut) promet d'être l'engin naval le plus évolué de la décennie. Il pourra être tiré indifféremment de bâtiments de surface, de submersibles en plongée ou d'avions. Le « Gabriel » (ci-contre, en bas) a constitué la réplique israélienne au « Styx » soviétique. Les « vedettes » de Cherbourg (voir photo p. 109) en ont été armées. La portée serait de 20 km.

Les aérodynamiciens n'ont

Les années récentes ont été marquées par des bouleversements dans le domaine de l'aérodynamique. Ce fut d'abord l'aile à flèche variable, puis l'aile supercritique, et voici venu le temps de l'aile asymétrique. Ces conceptions nouvelles ne doivent pas masquer le travail obstiné des aérodynamiciens dans des domaines plus classiques. Sans lui, les appareils subsoniques commerciaux n'auraient pu atteindre leur statut d'outils d'usage quotidien.

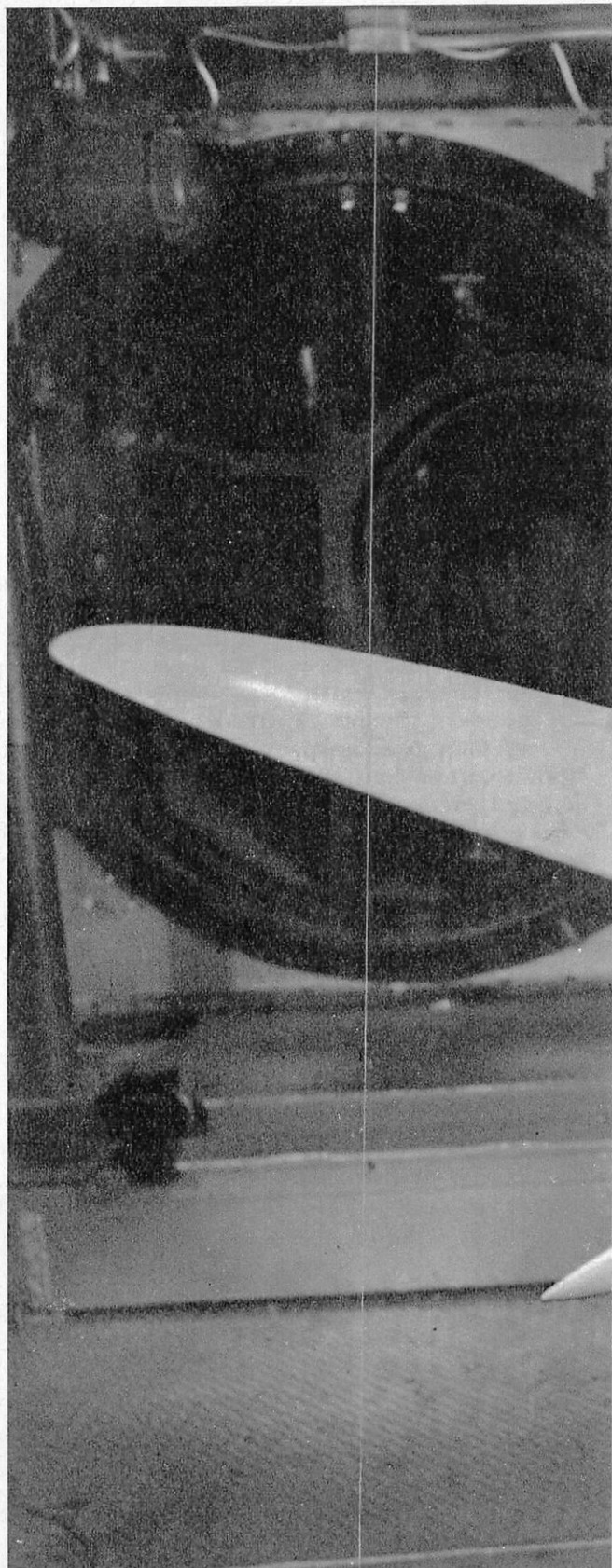
L'aérodynamicien moderne est modeste et discret. Trop peut-être. Cela ne veut pas dire que la construction d'un avion nouveau ne résulte que de l'application de « recettes » bien connues et qu'il suffit d'adapter plus ou moins au cas particulier qui se présente.

Dans les conditions actuelles, la recherche aérodynamique continue de présenter une importance capitale. Sans elle, aucun grand progrès ne serait possible. Et on ne se trouve nullement en face d'une science ou d'une technique « figée ». Tout n'a pas encore été découvert dans ce monde fantastique des écoulements d'un fluide autour d'un corps en mouvement.

Au début du siècle, un géant de la technologie moderne, Gustave Eiffel, consacra une bonne partie de ses recherches à l'aérodynamique expérimentale, domaine encore absolument vierge. C'était là travail de précurseur, car, pendant de nombreuses années, on continua de s'intéresser surtout, sans tout à fait méconnaître les problèmes de résistance à l'avancement, aux lois de la sustentation et à la recherche des profils d'aile les mieux adaptés. Ce n'est qu'avec les années trente que l'aérodynamique expérimentale allait atteindre son heure de gloire.

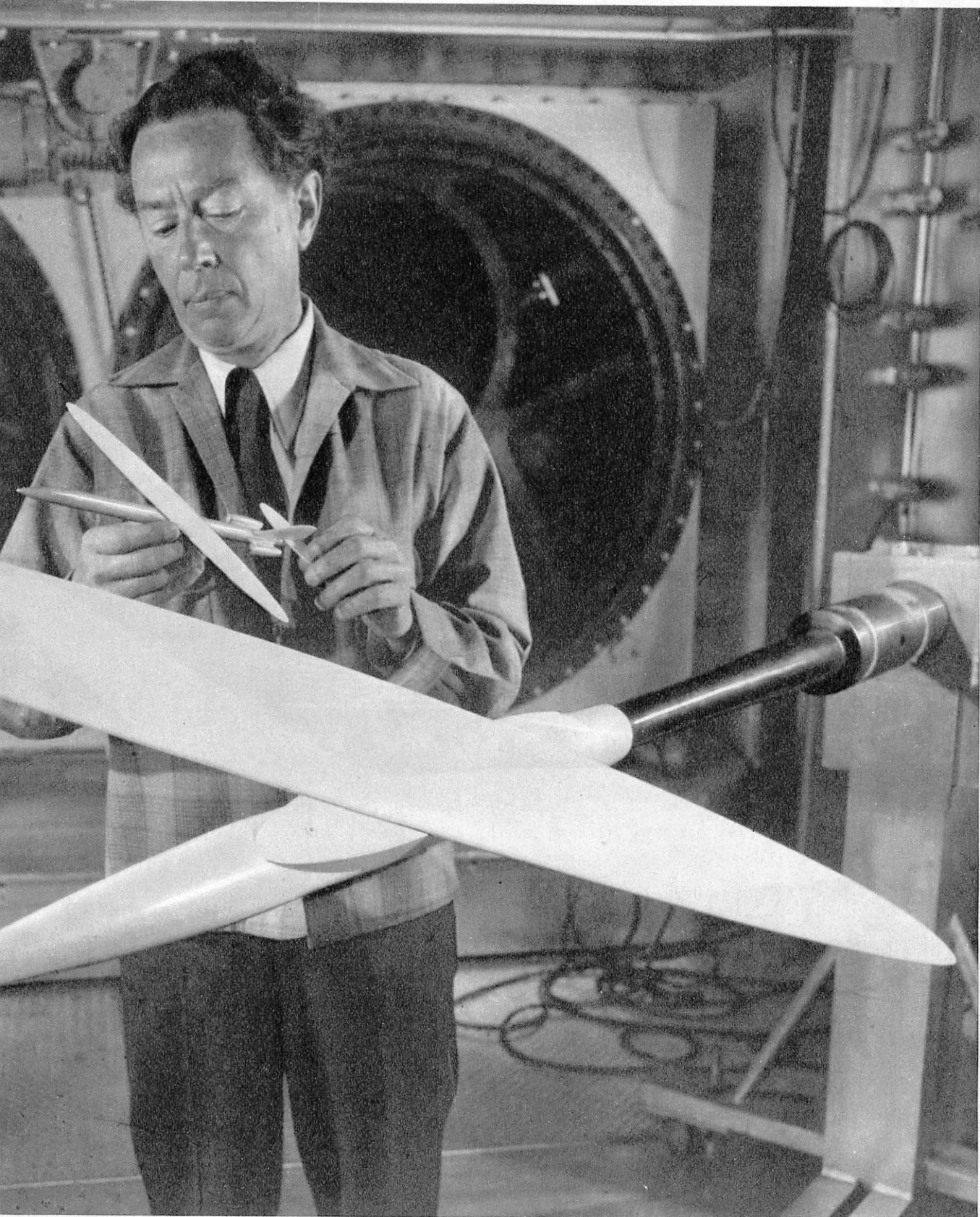
C'est en effet l'époque de la coupe Deutsch de la Meurthe. Il s'agit d'aller le plus vite possible, et la recherche de la moindre résistance à l'avancement devient primordiale. C'est alors que le Français Marcel Riffard dessine, pour la firme Caudron, des avions qui, trois années de suite, remporteront la coupe.

Les avions dessinés par Riffard allaient plus vite que des appareils dotés de moteurs trois fois plus puissants. Le triomphe de l'aérodynamique était complet.

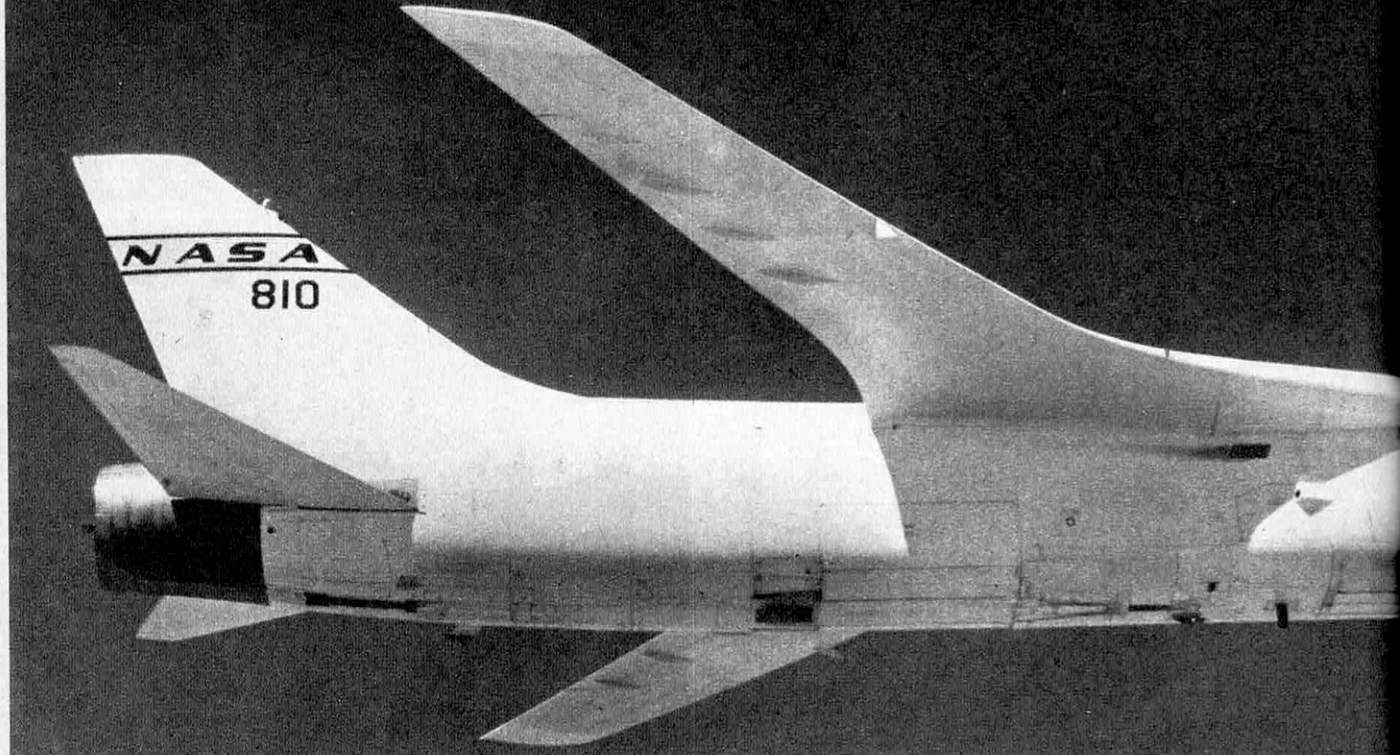


Promoteur de l'aile asymétrique, R.T. Jones présen

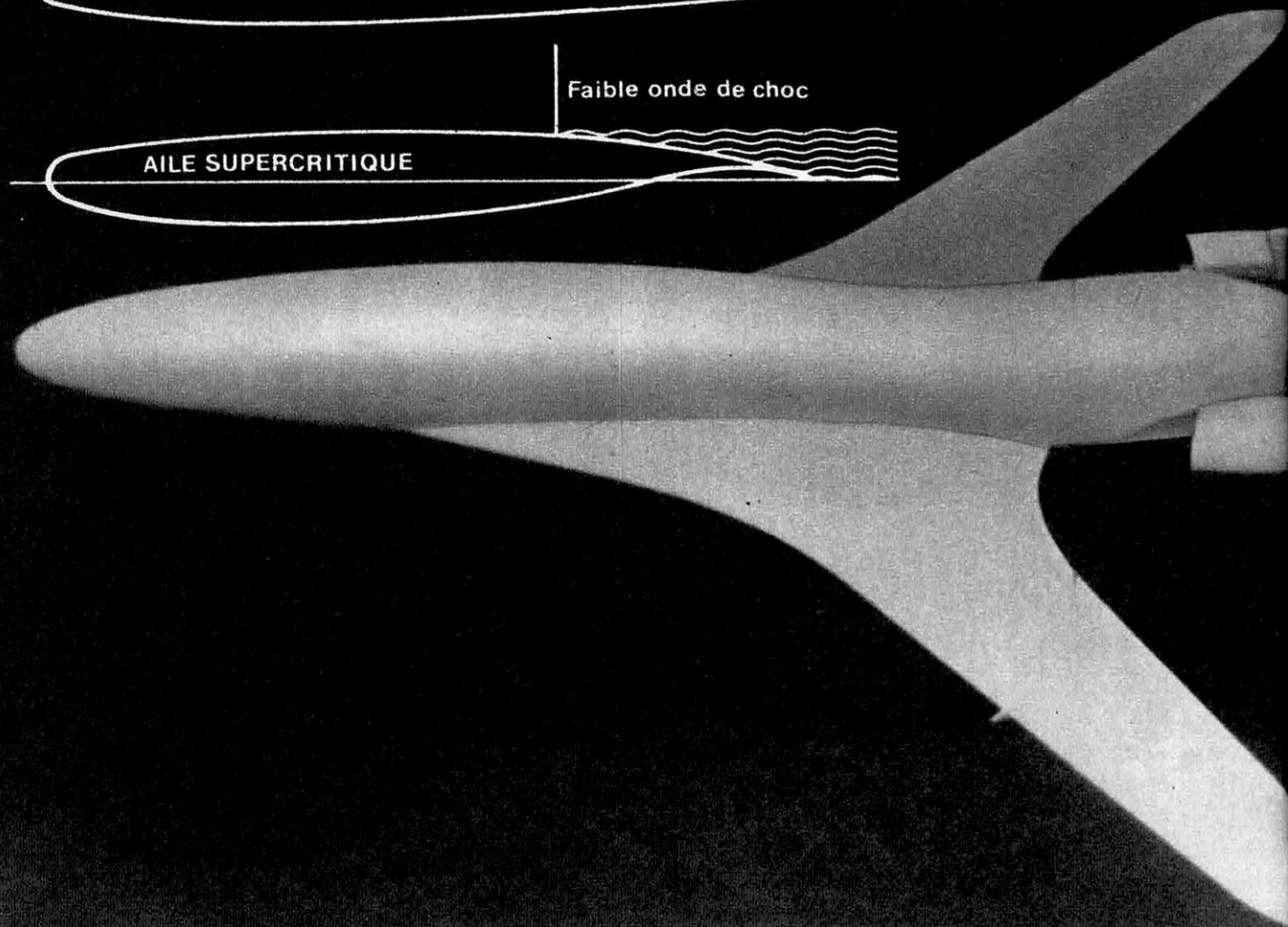
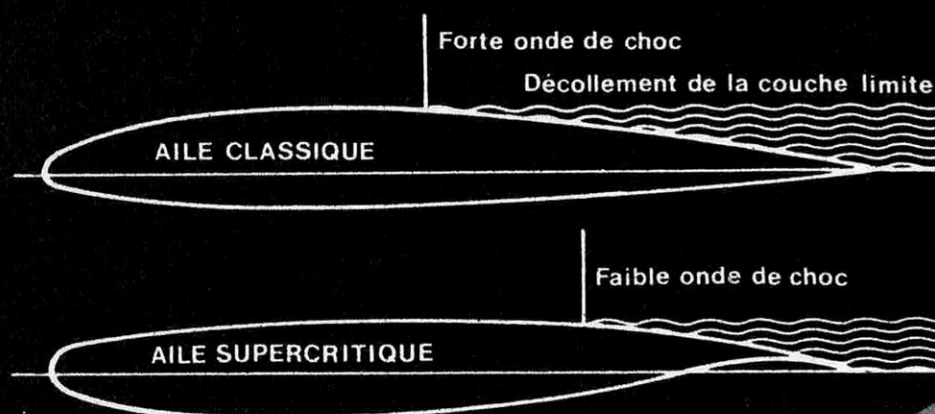
pas dit leur dernier mot

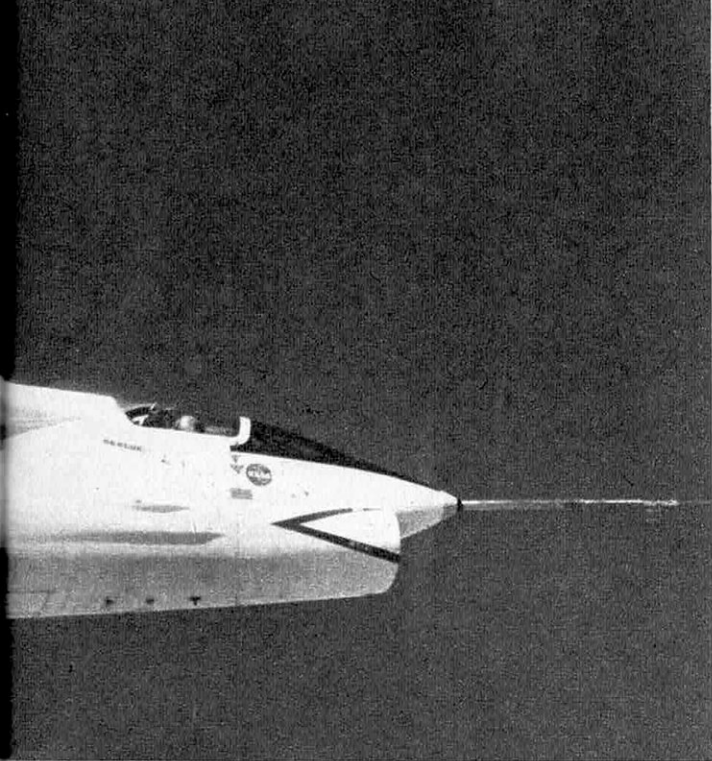


e la maquette d'un appareil commercial appliquant ce principe. Au premier plan, un montage de soufflerie.

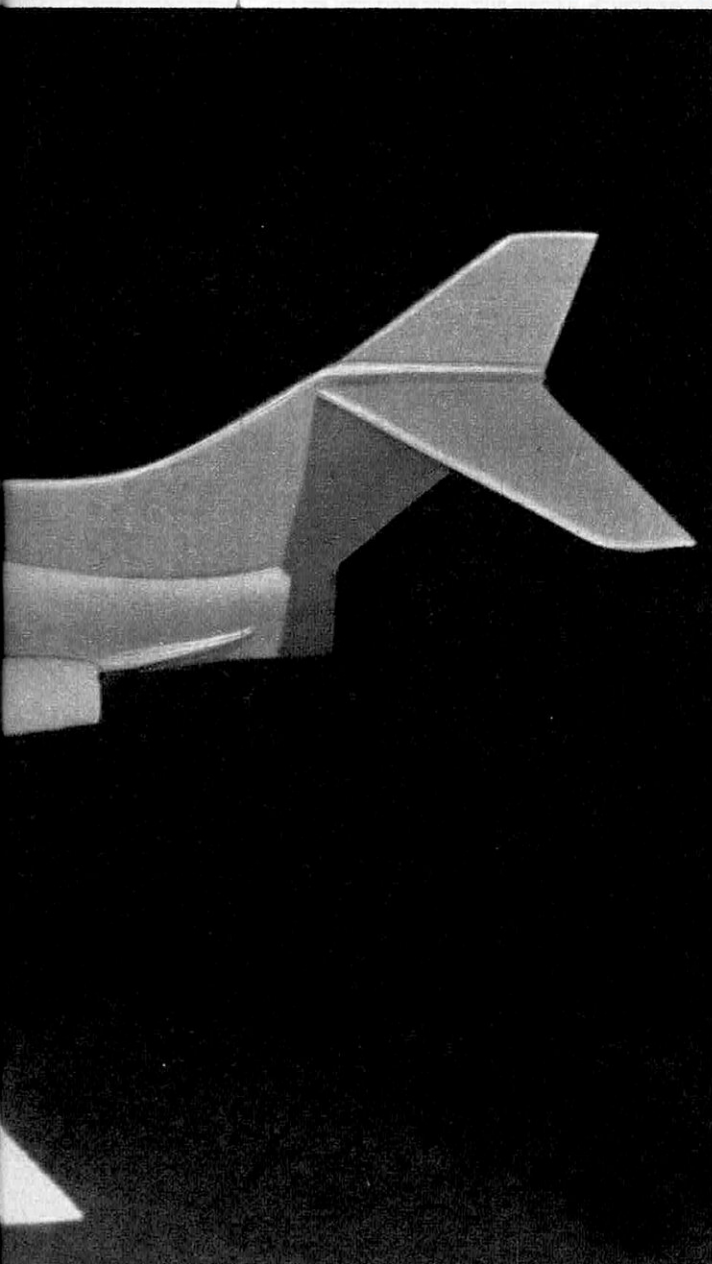


En attendant les longs-courriers transsoniques d'après-demain (ci-dessous), la NASA a déjà procédé à des





essais sur divers avions militaires modifiés (ci-dessus).



Ces formes nouvelles ont marqué leur époque. Elles furent à la mode dans tous les domaines, influençant les arts et ce que l'on n'appelait pas encore esthétique industrielle. Elles confèrent surtout à l'avion une ligne générale qui devait rester la même pour plus de vingt-cinq ans.

La seconde grande période de l'aérodynamique a commencé après la guerre, au moment où, la propulsion à réaction étant bien au point, les premiers avions tentèrent de franchir cette vitesse du son qui semblait fatidique. Les études développées à partir de cette époque ont conduit à l'aviation supersonique que nous connaissons actuellement et qui est sur le point de conquérir les lignes commerciales.

A côté de ces étapes spectaculaires, on oublie trop souvent le travail quotidien des ingénieurs qui, dans le rugissement des souffleries ou le calme de leurs bureaux, observent et calculent, souvent — aujourd'hui — aidés par des ordinateurs, les phénomènes les plus minimes apparaissant sur une aile, un empennage ou une entrée d'air. Ces détails peuvent prendre une importance décisive dans la mise au point définitive d'un avion.

MAITRISER L'AERODYNAMIQUE SUPERSONIQUE

Par un curieux effet de l'évolution des techniques, on se retrouve placé dans une situation assez voisine de celle qui régnait au cours des années trente.

Prenons le cas du vol supersonique commercial. L'expérience acquise avec les appareils militaires — eux mêmes nés des travaux théoriques et des essais en soufflerie — a conduit à une très bonne connaissance de l'aérodynamique et de la mécanique du vol jusqu'à Mach 2,5 ou 3. A ces vitesses, les profils possédant les meilleures caractéristiques sont connus. Les types d'aile capables d'assurer le vol à un nombre de Mach élevé sans entraîner des conditions désastreuses à basse vitesse sont déterminés. Les conditions de décollage et d'atterrissage sont précisées.

Si de nouvelles recherches fondamentales apparaissent inutiles, cela ne signifie pas qu'un avion nouveau soit, d'emblée, totalement défini. Il reste toujours nécessaire d'intégrer les divers éléments que l'on a prévu. Et, surtout, il faut s'attacher à améliorer les performances en « fignolant » un grand nombre de points particuliers de la structure.

Sur un appareil de transport supersonique, rien ne doit être laissé dans l'ombre. Un gain — aussi faible soit-il — en traînée se traduira par un accroissement non négligeable de la charge marchande. Car il ne faut pas oublier que les forces de résistance à l'avancement sont proportionnelles au carré de la vitesse.

On peut donc dire que les recherches au niveau du développement de types particuliers

d'avions jouent un rôle majeur. De telles études sont demandées par les constructeurs à des organismes spécialisés, par exemple, en France, l'ONERA, qui seuls disposent de moyens d'essais suffisants.

Les entrées d'air de réacteurs, par exemple, mobilisent bien des énergies. Tout comme les tuyères d'éjection, elles sont souvent, aujourd'hui, à géométrie variable. Mais des essais systématiques sont indispensables dans toutes les conditions du vol. A chaque régime, les entrées d'air doivent en effet satisfaire à deux conditions : présenter une traînée aussi faible que possible et assurer l'alimentation normale des réacteurs. Si ces conditions sont souvent difficilement conciliables, les essais en soufflerie parviennent à mettre en évidence les solutions optimales. Leur mise en application aboutit à

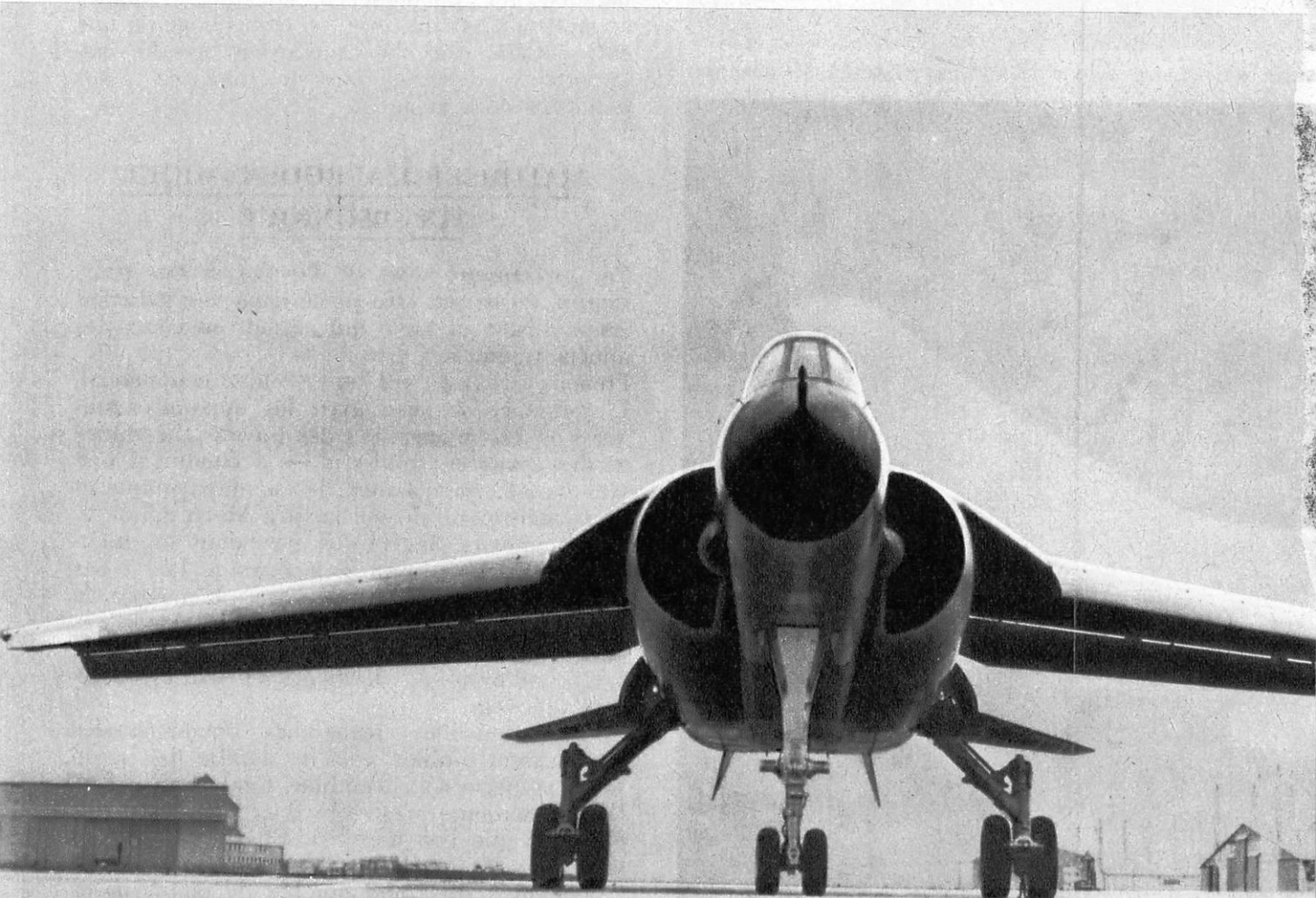
une diminution de la consommation en carburant, donc à un accroissement du rayon d'action ou de la charge marchande.

L'exploitation économique d'un avion dépend donc largement de ses caractéristiques aérodynamiques. Les recherches en cours dans le domaine du vol transsonique marquent tout particulièrement cet état de fait.

L'AERODYNAMIQUE AU PIED DU MUR

Bien que le vol commercial à plus de Mach 2 soit presque devenu réalité, de nombreux mystères subsistent dans le comportement de l'air à des vitesses inférieures, voisines de celle du son. Pendant longtemps, on a cru que cette vitesse constituait une limite qu'il serait impossible de franchir. Les premiers avions qui s'en

La géométrie variable, appliquée sur le mirage G-8 français, se paie de diverses manières. En particulier



approchèrent ne le firent pas sans dommage, explosant parfois littéralement en vol. D'où la forte expression de « mur » du son.

Les études en soufflerie avaient pourtant montré qu'au delà des perturbations de tous les paramètres du vol enregistrées au voisinage de la vitesse du son, on se retrouvait rapidement en zone stable. C'est ce que confirma l'expérience. Le « mur » ne fut bientôt plus qu'un « borbier » qu'il fallait franchir le plus rapidement possible. Ce que font aujourd'hui les avions de combat, Concorde ou le Tu-144.

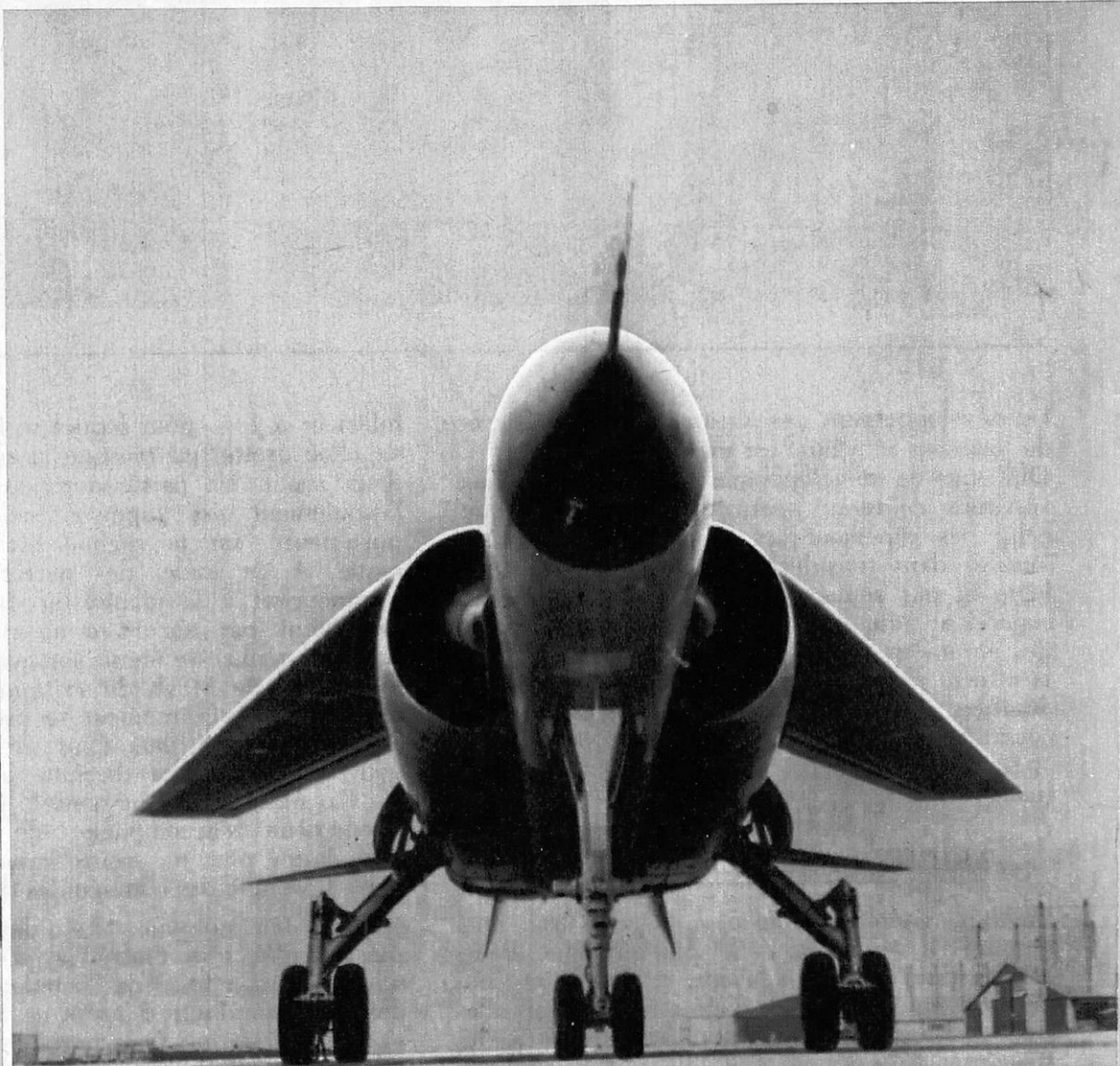
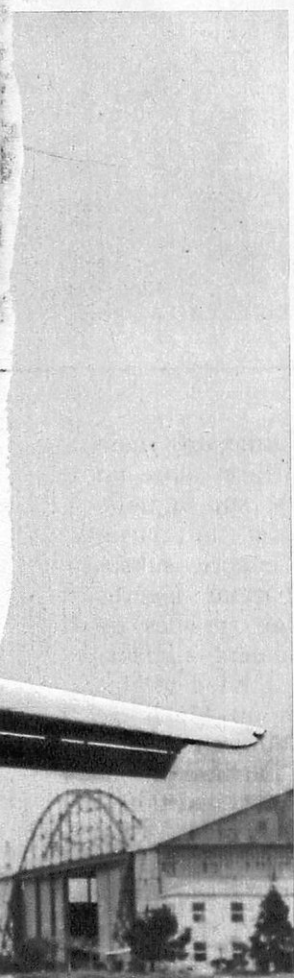
Mais, voici que le « borbier » redevient à la mode et que des études théoriques aussi bien que des recherches expérimentales sont lancées à travers le monde, en rapport avec le domaine transsonique.

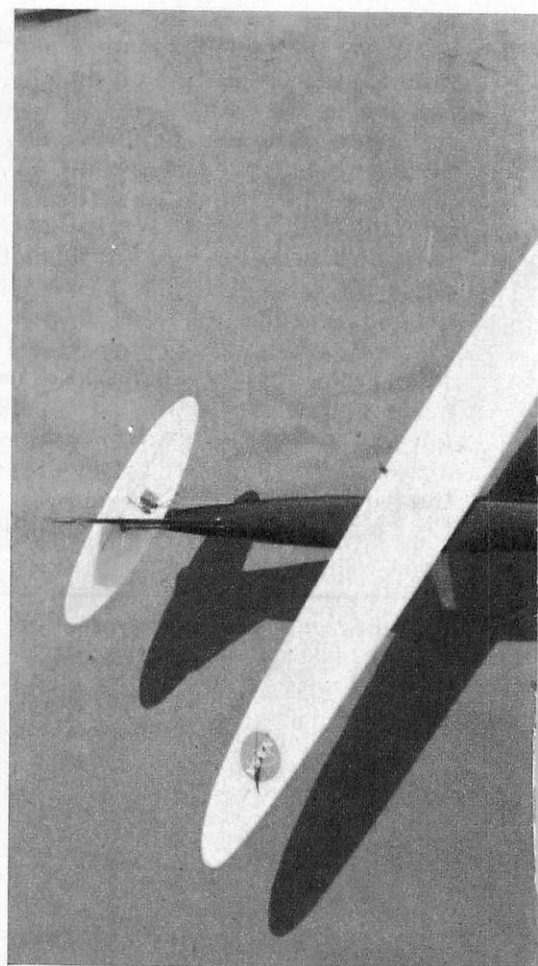
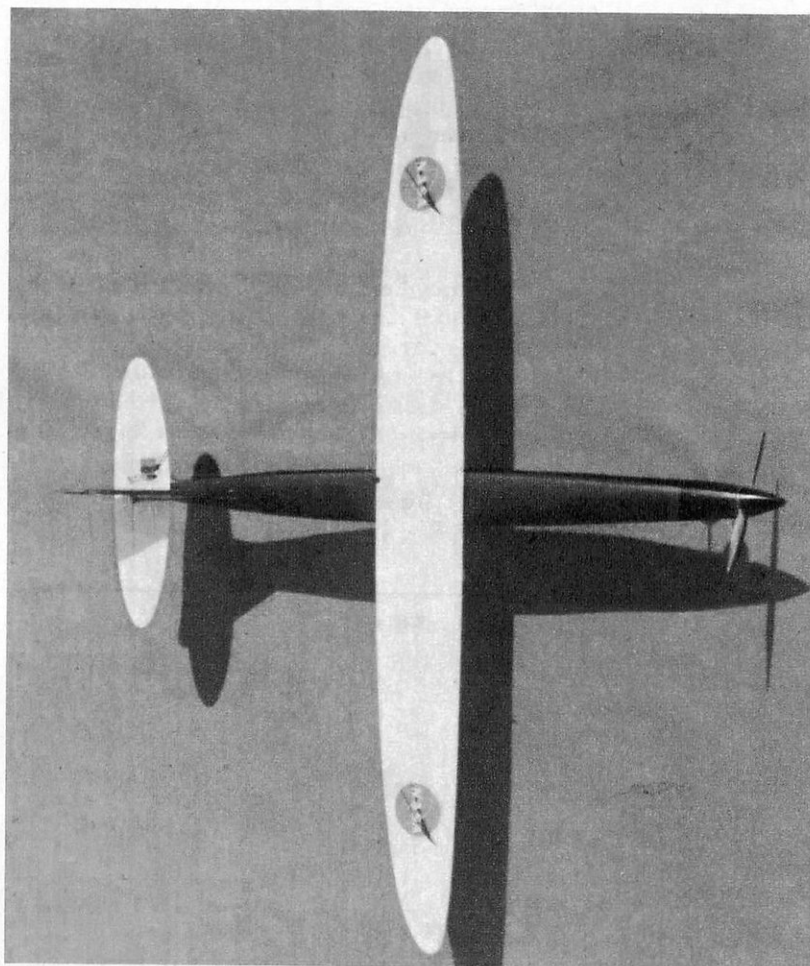
Ce regain d'intérêt se justifie par des

considérations économiques. Les appareils commerciaux actuels ont une vitesse de croisière limitée aux environs de 900 km/h. Comme on ne peut envisager, pour des étapes de longueur moyenne, d'évoluer en supersonique, mais qu'il est tout de même tentant d'obtenir une vitesse de croisière aussi élevée que possible, force est de pénétrer le domaine transsonique.

Dès lors, c'est à l'aérodynamicien de mettre au point les formes les mieux adaptées. Le but ultime défini par les Américains est de faire évoluer des avions commerciaux entre Mach 0,75 et Mach 1,2. Même si ces avis sont sujets à caution, puisqu'ils sont exprimés en pleine bataille de Concorde, on peut admettre que le marché des transsoniques risque d'être beaucoup plus large que celui des supersoniques.

par les forces importantes exercées sur les pivots et sur la voilure elle-même.





Le développement des liaisons de fort trafic et de longueur moyenne est une évidence.

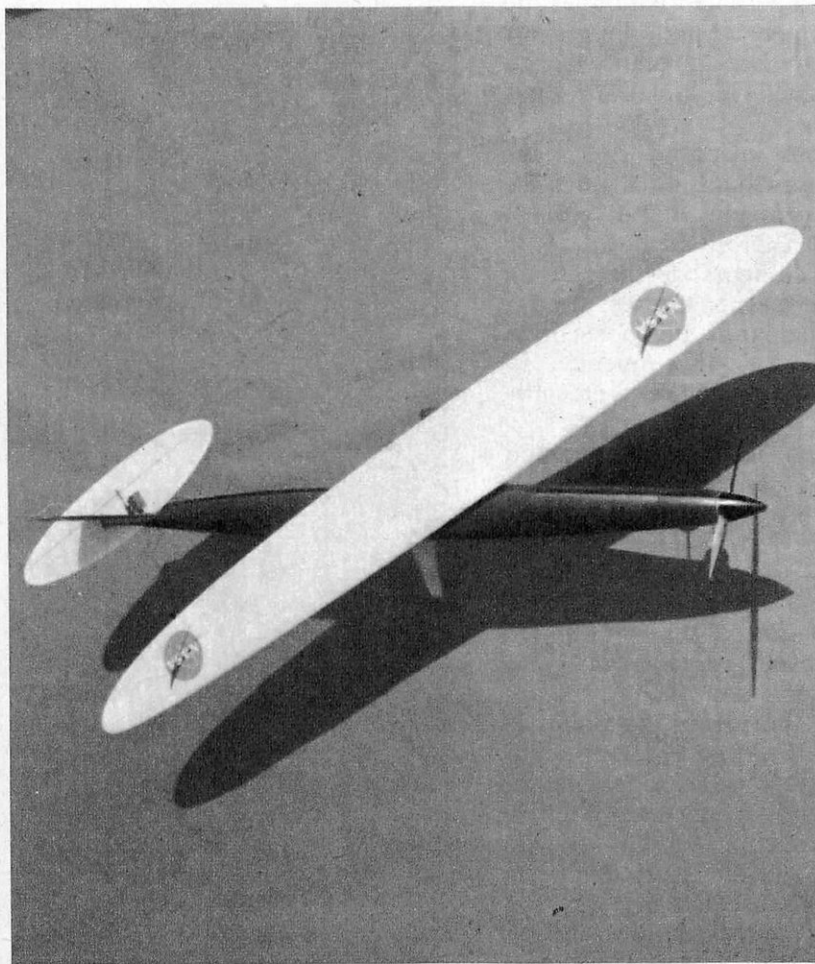
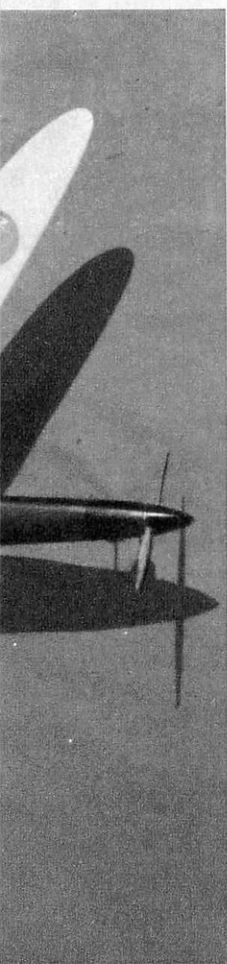
Dire que le développement de ces nouveaux appareils coûterait beaucoup moins cher que celui des supersoniques, pour lesquels il faut innover dans tous les domaines de la technologie et pas seulement en aérodynamique, est cependant plus douteux. La variation brutale des paramètres aérodynamiques au voisinage de la vitesse du son développe des forces si considérables qu'un renforcement des structures pourrait être indispensable. Le bilan d'une telle opération ne serait pas forcément positif au plan économique.

TRICHER AVEC LE BOURBIER

En fait, l'aérodynamicien a déjà fourni une réponse. Il s'agit de l'aile supercritique. Pour comprendre de quoi il s'agit, revenons un peu sur le comportement de l'air autour d'une aile aux environs de Mach 1. L'ensemble de la structure d'un avion n'atteint pas en même temps la vitesse du son. Alors que l'appareil vole encore nettement en régime subsonique, certaines zones peuvent atteindre des vitesses supérieures à Mach 1. En ce qui concerne la voilure, à chaque profil ou forme d'aile correspond un nombre de Mach précis —

inférieur à 1 — pour lequel se forme une onde de choc droite qui partage la surface alaire en deux zones. La partie antérieure, sur laquelle l'écoulement est supersonique, et la partie postérieure, où le régime est encore subsonique. A ce stade, des perturbations légères commencent à se manifester, bien qu'elles ne présentent pas encore d'inconvénient majeur. Il n'en est plus de même lorsque l'avion atteint le nombre de Mach dit *critique*, ou Mach de divergence. A ce moment se produit un brutal décollement des filets d'air sur l'arrière de la voilure, la portance diminue et la résistance à l'avancement augmente fortement. Le phénomène s'accompagne de manifestations secondaires plus ou moins importantes : vibrations, inversion des commandes de vol...

Sur une aile normale, l'extrados est nettement plus courbé que l'intrados, d'où un accroissement de la vitesse de l'écoulement de l'extrados, créateur d'une dépression. Si cette dépression est à l'origine de la portance en régime bas subsonique, au passage de la zone transsonique elle est responsable de la formation de l'onde de choc droite et de l'augmentation de la traînée. Dans le cas de l'aile supercritique, au contraire, l'extrados est rendu aussi plat que possible pour reculer le point d'apparition du Mach critique.



Un modèle réduit télécommandé a déjà permis à R.T. Jones et autres aérodynamiciens du centre d'Ames de la NASA d'étudier de façon assez précise le comportement d'une voilure asymétrique. L'adaptation progressive aux divers régimes de vol est représentée ici : 1 - configuration de décollage et atterrissage ; 2 - configuration transsonique ; 3 - configuration en vol supersonique.

Pour les appareils subsoniques actuels, le nombre de Mach critique est de l'ordre de 0,70 à 0,75. Avec l'aile supercritique, les aérodynamiciens pensent le reculer considérablement.

Ce dispositif est étudié depuis de nombreuses années, en particulier par la NASA dans les souffleries du centre de recherches de Langley, sous la direction du Dr Richard Whitcomb. Depuis mars 1971, des essais en vol ont aussi été conduits, sur un chasseur F.8 modifié, par exemple. Réalisés à la base d'Edwards, en Californie, ils ont confirmé le meilleur comportement de l'aile supercritique à l'approche de la vitesse du son. Des études de même nature sont poursuivies en France par l'ONERA.

On cherche, d'une part, à déterminer des profils d'épaisseur relative donnée utilisables à des nombres de Mach de plus en plus élevés. D'autre part, pour un nombre de Mach fixé, on cherche à augmenter l'épaisseur relative du profil. Dans tous les cas, il s'agit d'aboutir au meilleur compromis possible entre performances et facilité de fabrication.

Si l'ONERA explore surtout le domaine du subsonique élevé et les Américains les vitesses de Mach 0,98 à Mach 1,2, on n'est encore parvenu à reculer le Mach de divergence que de quelques pour cent. Des résultats satisfaisants ont été obtenus jusqu'à Mach 0,85.

En fait, les essais en soufflerie nous permettent au moins d'entrevoir quelle sera la forme des moyens-longs courriers de demain. Ils combineront l'aile supercritique en flèche avec l'application de la loi des aires pour le fuselage. C'est-à-dire que le fuselage se retrécira au niveau de la voilure. Au passage de la zone transsonique, l'interaction fuselage-voilure augmente en effet la traînée dans de très fortes proportions. On est conduit, pour compenser, à rogner du volume au droit de la voilure, c'est-à-dire sur le fuselage. L'aménagement intérieur de ces appareils à « taille de guêpe » posera bien entendu quelques problèmes.

L'AILE ASYMETRIQUE

L'imagination des aérodynamiciens ne s'arrête pas à l'aile supercritique. La NASA et la firme Boeing étudient aussi des avions à aile asymétrique.

On connaît déjà les appareils à géométrie variable sur lesquels la variation de flèche de la voilure permet de concilier performances élevées en vol supersonique et évolutions à basse vitesse, au décollage et à l'atterrissage. L'aile asymétrique limiterait les problèmes posés par les articulations mécaniques nécessaires aux voilures à géométrie variable. La

voilure se composerait de deux demi-ailes de même flèche en vol supersonique ; l'une vers l'avant, l'autre vers l'arrière, pivotant autour d'un axe commun. Au décollage, la voilure serait perpendiculaire au fuselage.

Cette asymétrie ne nous surprend que dans la mesure où nous sommes habitués à un principe différent. Elle ne présente en fait aucune incohérence au plan de l'aérodynamique et de la mécanique du vol. D'ailleurs des voilures à flèche négative ont déjà été construites. Ce fut le cas de prototypes allemands de la seconde guerre mondiale et, plus récemment, du biréacteur d'affaires « Hansa », également construit en Allemagne.

Il ne suffit pas, il est vrai, de faire pivoter une aile droite pour créer un avion « dissymétrique ». Il faut aussi faire pivoter l'empennage horizontal. D'un autre côté, l'aile peut avoir une structure beaucoup plus simple qu'une aile à flèche variable ou qu'une aile classique et être nettement plus facile à réaliser.

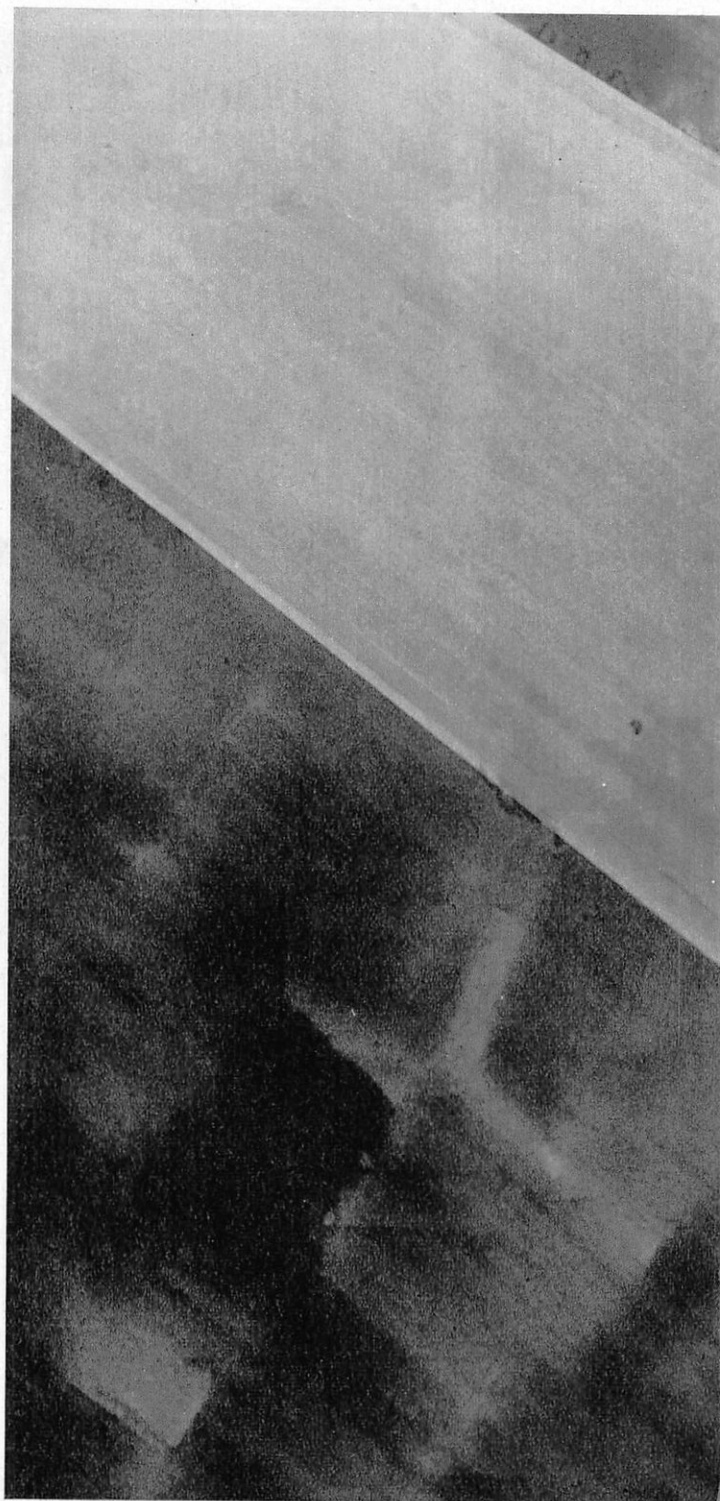
Beaucoup d'aérodynamiciens pensent que cette formule peut présenter des inconvénients rédhibitoires. Il est en fait trop tôt pour se prononcer. La formule a, en tout cas, été retenue par Boeing pour un projet d'avion supersonique « bas », devant évoluer entre Mach 1 et Mach 3. Volant la plupart du temps au-dessous du Mach de coupure, situé aux alentours de Mach 1,27, l'appareil pourrait survoler des régions habitées. Dans ces conditions, la nappe sonique créée par un avion volant à haute altitude n'atteint pas le sol. Toutefois, de violents « bang » de focalisation peuvent se produire. On ne devrait pas tarder à être fixé sur l'intérêt du projet, puisque le contrat passé par la NASA à Boeing en août 1972 portait sur une durée de 10 mois.

LE LASER AU SECOURS DES AERODYNAMICIENS

Parmi les zones encore mal explorées se trouvent également les basses et très basses vitesses. Le problème du décollage court ou vertical implique une recherche expérimentale d'une grande complexité. A l'opposé, les vitesses hypersoniques constituent un autre « no man's land ». Dans les deux cas, se pose un même problème, celui des méthodes de mesure. Des principes et des appareillages entièrement nouveaux doivent être mis au point. Les mesures de débit doivent parfois atteindre une précision de l'ordre du millième.

D'ailleurs, pour les mesures dans les écoulements, la nécessité de placer des capteurs à l'intérieur de l'écoulement lui-même introduit des perturbations, quelle que soit l'ingéniosité des ingénieurs et des techniciens chargés de concevoir ces moyens de mesure.

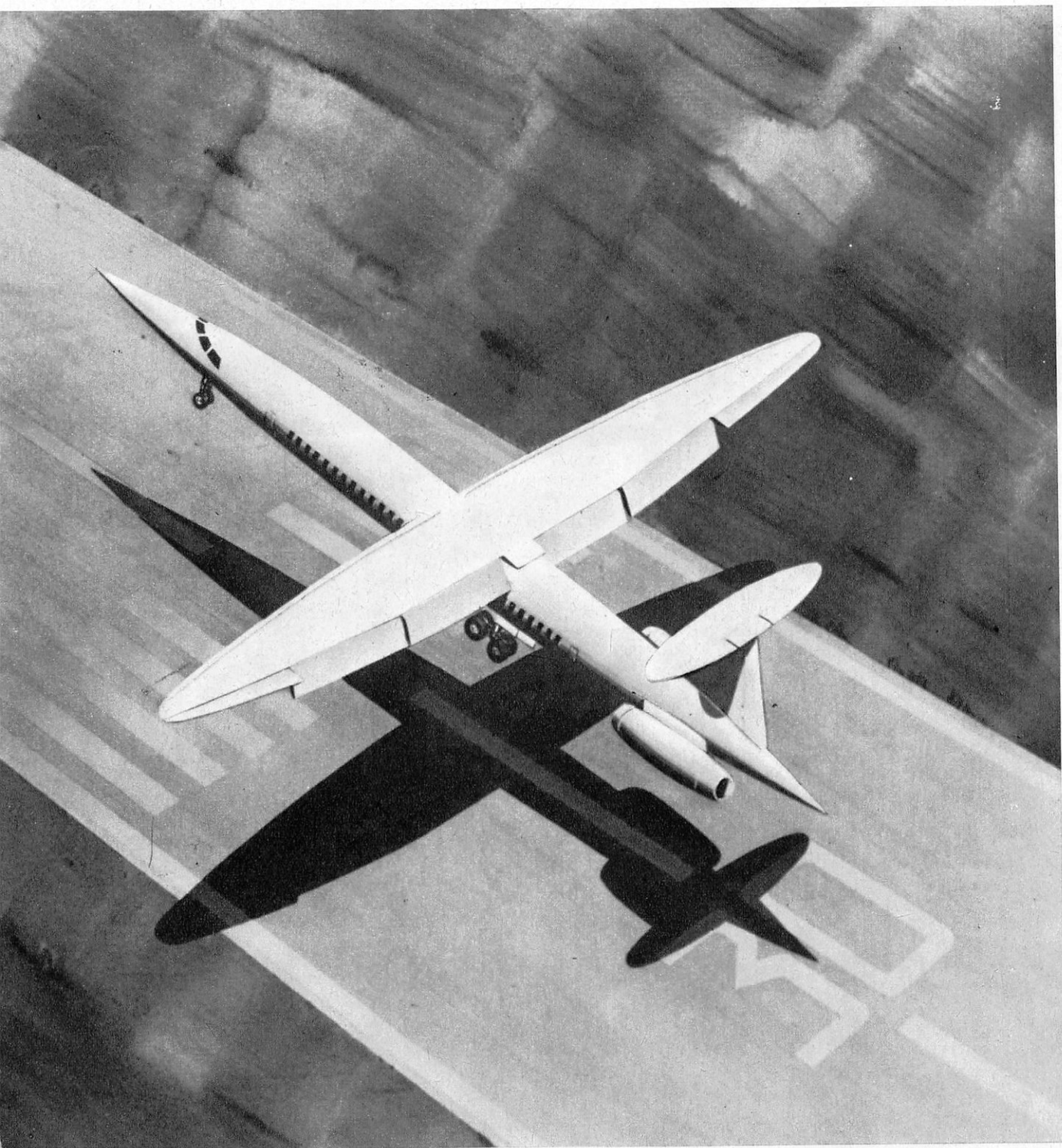
En fait, le rêve de tout aérodynamicien, pouvoir effectuer des mesures dans un écoulement sans y introduire de capteurs, est peut-être en



Section de fuselage quasi-circulaire, voilure de forme elliptique assurant un optimum de susten-

train de se réaliser. L'ONERA a mis au point un *vélocimètre interférentiel* à laser capable de travailler à l'intérieur d'un écoulement liquide ou gazeux.

Le principe consiste à focaliser en un même point de l'écoulement deux faisceaux laser à hélium-néon, issus d'une même source. Au point de convergence, la différence de marche est nulle entre les deux faisceaux. Le passage d'une particule animée d'une vitesse donnée (une bulle d'air dans un tunnel hydrodynamique, par



tation au décollage et à l'atterrissage, caractériseraient les avions de ligne à aile asymétrique

projetés aux U.S.A. L'énergie nécessaire au décollage de l'appareil serait particulièrement faible.

exemple), à travers les franges alternativement sombres et brillantes du réseau interférentiel créé par les deux faisceaux, produit un flux lumineux modulé. L'exploitation automatique de cette modulation permet de mesurer avec précision la vitesse de l'écoulement au point considéré.

On a pu ainsi, à l'intérieur d'un tunnel hydrodynamique, mesurer des vitesses depuis quelques cm/s jusqu'à 10 ms. Dans une soufflerie, on utilisera des billes de verre de diamètre 20 μ

ou des particules de marbre d'un μ . La gamme des vitesses mesurées s'étend de 1 à 160 m/s. Avec de nouveaux thèmes de recherche, avec des appareillages de mesure et des installations expérimentales toujours perfectionnées, les aérodynamiciens ont encore de beaux jours de travail devant eux. Leur discipline n'est pas devenue routine. Elle offre encore bien des territoires inexplorés et nous promet pour demain de nouvelles surprises.

Jean PELLANDINI



Lors d'une tournée de démonstration en Europe et au Moyen-Orient, l'hélicoptère d'appui tactique Sikorsky S-67



LE VOL VERTICAL

L'hélicoptère est devenu un outil universel. Encore pénalisé au plan de la vitesse et des coûts, il pourrait bénéficier, dans les années qui viennent, des études avancées menées un peu partout dans le monde. À côté des hélicoptères proprement dits, des techniques apparentées encore peu défrichées, comme celle des plateformes captives télécommandées, nous laissent espérer des développements spectaculaires.

De quelque côté que l'on se tourne, on constate, dans le monde entier, une nette évolution de l'hélicoptère, et cela sous la pression des besoins civils aussi bien que militaires. Actuellement quelque 2 800 hélicoptères sont produits dans le monde (U.R.S.S. exceptée) chaque année. Aux U.S.A., la flotte est supérieure à 20 000 appareils, dont 3 000 utilisés à des fins civiles.

Les principaux constructeurs d'hélicoptères (U.R.S.S. exceptée) sont, dans l'ordre décroissant de leur importance en effectifs : Aérospatiale (France) : 8 000 personnes ; Westland (Grande-Bretagne) : 7 000 personnes ; Bell (U.S.A.) : 7 000 personnes ; Sikorsky (U.S.A.) : 6 500 personnes ; Vertol (U.S.A.) : 5 000 personnes ; Hughes (U.S.A.) : 3 000 personnes ; Agusta (Italie) : 2 500 personnes ; Kaman (U.S.A.) : 2 500 personnes ; Industrie allemande : 1 200 personnes.

Blackhawk survole Cologne et sa cathédrale.



D'une façon générale, on estime que, au cours du dernier quart de ce siècle, la progression des ventes d'hélicoptères sera soutenue, n'étant limitée en pratique que par la concurrence des transports de surface à très grande vitesse. C'est dans cet esprit que l'Aérospatiale, Westland et Aeritalia ont tout récemment signé un contrat pour la mise au point d'un projet d'hélicoptère « européen », destiné à lutter contre la concurrence américaine.

En France, l'Alouette II a dépassé depuis longtemps le cap des 1 000 unités, et la production continue, bien que la conception de l'appareil remonte maintenant à plus de dix-huit ans. Toutefois, l'Alouette II de 1973 présente, par rapport aux premiers modèles, des améliorations considérables de performances et de rentabilité. L'Alouette II a servi de base au développement de deux machines étroitement apparentées, l'Alouette III et le SA 315 Lama.

L'Alouette III, appareil de 7 places, surpasse, très polyvalent, est sorti en 1961. Son succès à l'exportation a été supérieur à celui de l'Alouette II et, après 1 000 exemplaires produits, sa carrière est loin d'être terminée.

Plus récemment, le Lama, cellule d'Alouette II munie des ensembles sustentateurs de l'Alouette III, constitue un appareil de haute altitude et de travail aérien, déjà vendu à de nombreux utilisateurs.

Parallèlement, la production française a été étendue vers des tonnages plus importants, avec le SA 330 Puma, pour l'armée de terre française (6,7 tonnes — 16 à 20 places) et le SA 321 Super-Frelon, pour la marine nationale (13 tonnes, 30 places).

Enfin, la signature en 1967 des accords de coopération franco-britannique a donné une impulsion nouvelle aux activités « hélicoptères ».



Il est devenu presque fastidieux d'évoquer les succès des hélicoptères français. Le SA 330 Puma, conçu pour l'armée de terre, a donné lieu à une version civile F, en haut de page. Il en est de même du SA 341 Gazelle version G, en page de droite. Quant au Lama, cellule d'Alouette 2 et ensemble moteur d'Alouette 3, on le voit, ci-dessus, soulever 1 tonne à l'élingue.



avec la production en commun de trois modèles :

- SA 330 Puma, déjà cité ;
- SA 341 Gazelle, appareil évolué à hautes performances, de la taille de l'Alouette II ;
- WG 13 Lynx, appareil de 4 tonnes, étudié et mis au point sous maîtrise d'œuvre britannique.

A l'inverse des constructeurs américains qui se sont spécialisés, soit dans les grosses machines (Vertol et Sikorsky), soit dans les appareils de faible et moyen tonnages (Bell, Hughes, Hiller), l'Aérospatiale peut proposer à sa clientèle une gamme allant du 5 places (1 650 kg) au 35 places (13 tonnes), pour lesquels est offerte une diversité d'équipements adaptés à de très nombreux types de missions, civiles et militaires.

Une caractéristique commune à tous ces appareils, héritée d'une longue expérience de l'utilisation des turbomoteurs, est l'importante réserve de puissance dont ils sont dotés. Elle leur permet d'être mis en œuvre avec sécurité et sans perte de performances dans un large domaine d'altitudes et de températures.

Les possibilités opérationnelles de l'hélicoptère ont été démontrées à de multiples occasions. En particulier, on a réussi des atterrissages et des décollages à très haute altitude dans des conditions normales d'utilisation. Ce fut le cas

au Mont-Blanc et sur un des sommets de l'Himalaya, à 6 860 m. Tout récemment, un hélicoptère Puma a effectué en 9 semaines un périple de 24 000 km de Marignane à Marignane. Allant de l'Italie aux Indes en passant par la Grèce, le Liban, la Turquie, l'Irak, Koweït, Abu-Dabi (golfe d'Oman), le Pakistan et l'Himalaya, l'appareil a dû affronter sous les mêmes latitudes des tempêtes de neige à l'aller et des vents de sable au retour. Sur le parcours de Karachi à Zahedan, par forts vents contraires, l'équipage a même dû se comporter comme aux temps héroïques de l'aviation. Deux d'entre eux ont cédé leur place à des bidons de carburant que le mécanicien transférait en plein vol dans les réservoirs de l'appareil...

La vitesse constitue et constituera une caractéristique essentielle de l'hélicoptère des années 1970-1980. Elle signifie efficacité opérationnelle et sécurité pour les utilisateurs militaires, économie au siège/kilomètre pour les civils.

Parmi les records de vitesse internationaux actuels, on peut citer le record absolu de vitesse (351 km/h) détenu par le Super-Frelon depuis 1963 ; le record absolu d'altitude (10 984 m) détenu par l'Alouette II depuis 1958 ; les records de vitesse en translation, détenus par le SA 341 Gazelle depuis 1971 :



Le Bo 105, hélicoptère biturbine de 2 100 kg en charge normale, est surtout caractérisé par son rotor rigide mis au point en collaboration avec

l'Aérospatiale (alors Sud-Aviation). Boeing a acquis la licence exclusive de fabrication du Bo 105 pour les Etats-Unis et plusieurs autres pays.

- 312 km/h sur base de 3 km ;
- 312,75 km/h sur base de 15/25 km ;
- 296 km/h sur circuit fermé de 100 km.

L'ÉVOLUTION DU ROTOR

Le rotor est l'élément essentiel de l'hélicoptère : sans rotor, pas de sustentation aérodynamique. Un rotor comprend de 2 à 6 pales, très exceptionnellement 7. Ces pales peuvent être plus ou moins inclinées (angle de pas) suivant leur axe longitudinal pour offrir un angle d'incidence variable par rapport aux filets d'air, exactement comme une aile d'avion.

La vitesse à considérer pour la production d'une sustentation aérodynamique est la vitesse périphérique (U) en bout de pale. Ainsi, sur un hélicoptère en translation à la vitesse V , on trouve une position, dite de pale avançante, pour laquelle la vitesse résultante est $U + V$, alors que, dans la position diamétralement opposée de la pale reculante, la vitesse résultante est $U - V$. Il en résulte une dissymétrie de poussée, et, pour régulariser la sustentation, on est conduit à donner à chaque pale trois points d'articulation : une articulation de pas (angle de chaque pale avec un plan de référence), une de battement (de haut en bas), et une de traînée (dans le plan horizontal). Pour un rotor à trois pales, cela fait neuf articulations, donc neuf roulements à billes.

On a certes, dès les débuts, essayé des rotors rigides, en jouant sur la flexibilité du matériel,

mais avec des pales en bois ou métalliques, ces rotors n'avaient pas tenu en translation. C'est en définitive le rotor à pales articulées qui a équipé la plupart des hélicoptères existants : Alouette, Puma, Super-Frelon, tous les appareils Sikorsky, etc.

Actuellement, on s'efforce, en partant de la formule du rotor articulé, vers une simplification. En France, on a commencé par imaginer un moyeu non articulé en traînée (abréviation : NAT), avec pales plastiques accrochées à un écheveau de fils d'acier. Il ne reste alors que les deux articulations de battement et de pas. Un tel moyeu a équipé un prototype SA 340 de l'Aérospatiale, celui dont on a tiré la version de série SA 341 Gazelle.

Puis, on a réalisé des butées d'articulation, non pas en caoutchouc qui s'écrase d'une façon déformable, mais sous la forme de structures lamellées à plusieurs couches élastomère-métal. Les paliers réalisés ainsi ne nécessitent aucun entretien. On étudie actuellement un moyeu NAT avec des paliers lamifiés.

Sur le SA 341, on a ensuite essayé un moyeu entièrement rigide. Un tel moyeu a effectivement volé, mais on a constaté d'importants couplages entre le battement, la torsion et la traînée.

Les résultats obtenus expérimentalement conduisaient tout naturellement au moyeu semi-rigide, la flexion ayant lieu dans des éléments du moyeu pour les articulations de battement et traînée. C'est la solution adoptée sur l'hélicop-

tère Lynx, avec un élément flexible en battement, complété, pour chaque pale, par un bras souple comportant l'articulation de pas. La pale métallique est accrochée plus loin. Par ailleurs, aux U.S.A., on expérimente actuellement un moyeu à butée à rotule sphérique, valable pour le pas, le battement et la traînée. Il faut toutefois installer une rotule spéciale de stabilisation. Les essais ont lieu sur des hélicoptères CH 47 et CH 53.

Au total, cette recherche de la simplification des têtes de rotor a déjà abouti à des solutions valables. C'est ce qu'on peut constater, par exemple, en comparant un moyeu de SA 341 à un moyeu d'Alouette, avec la simplification de maintenance qui en découle.

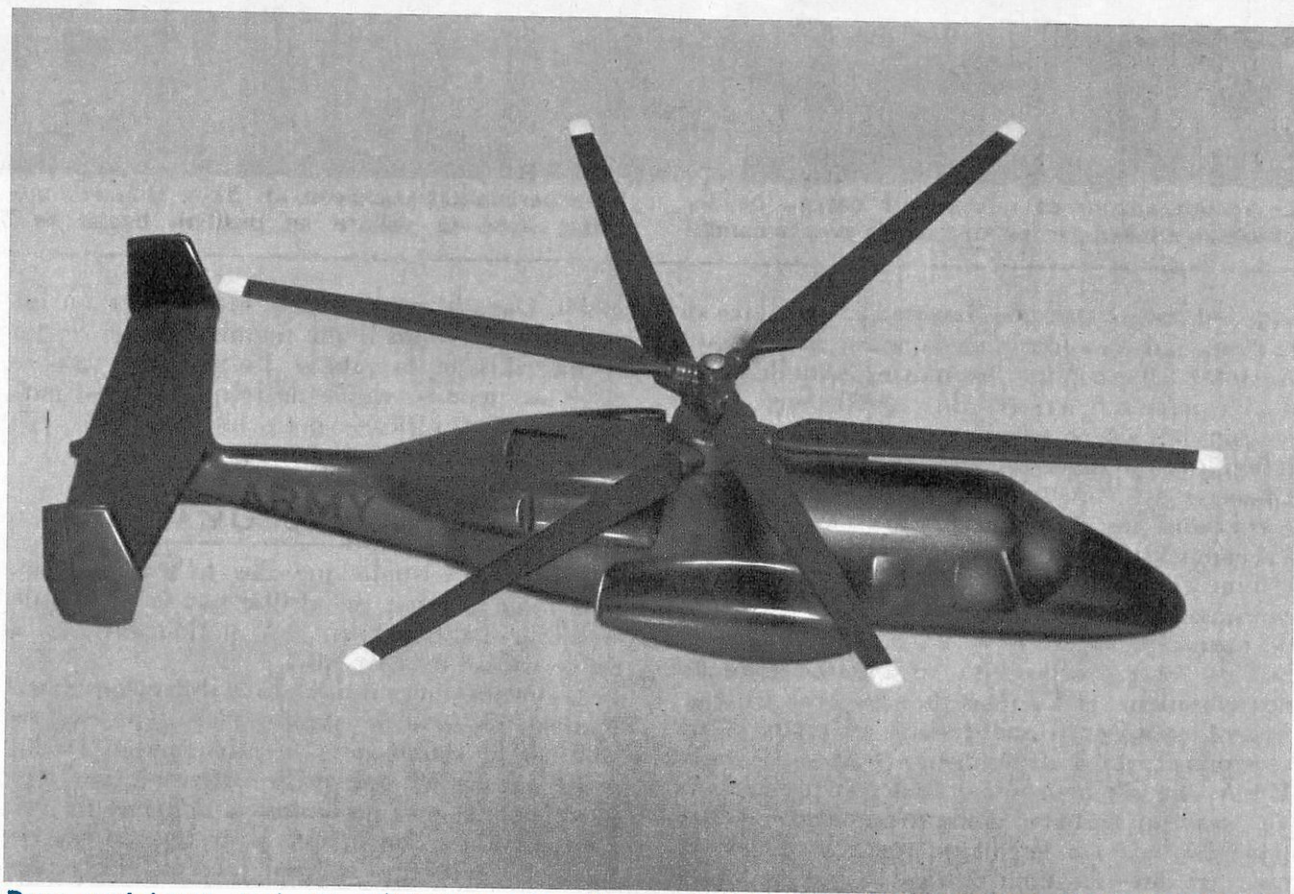
LA CONCEPTION DES PALES

La pale proprement dite a été largement étudiée en vue d'en améliorer les caractéristiques. Dans sa construction, il convient d'utiliser un profil géométrique aussi parfait que possible, tout en obtenant une résistance suffisante aux charges appliquées. Si l'on écarte les premières pales, réalisées en bois, le métal a semblé très intéressant. Mais les matériaux composites, dont les fibres peuvent être orientées dans la direction des efforts à transmettre et qui sont dotés d'un excellent comportement à la fatigue, sont d'un intérêt tout particulier.

On a imaginé une pale composite avec longeron en acier et enrobage de fibres fiberglass, mais ce procédé a été abandonné car il coûte cher. En définitive, la meilleure solution est actuellement la pale plastique du SA 341 Gazelle, avec longeron constitué par un noyau de fibres de verre longues, enroulées autour des attaches de pale, et remplissage en matériau plastique. La rigidité de l'ensemble est accrue grâce à des tissus de carbone utilisés comme revêtement. On trouve là une application très intéressante du complexe fibre de verre-résine, rendue possible par les progrès réalisés dans le domaine des résines époxy. En outre, on peut réaliser des pales avec un profil évolutif, dans un moule soigneusement préparé. La durée de vie d'une telle pale est pratiquement infinie.

L'hélicoptère BO 105, fabriqué en série en Allemagne chez MBB (Messerschmidt-Bölkow-Blohm), est un biturbine de 2 300 kg. Son rotor quadripale, du type « non articulé », a un diamètre de 9,82 m. Son moyeu est en titane, avec des paliers de variation de pas en stratifié de tissu de verre.

Les pales de rotor du BO 105 sont confectionnées de la manière suivante. Au fond des deux moitiés d'un moule, est déposé un tissu de fibres de verre destiné à former la partie extérieure. Le longeron est constitué de plusieurs rubans superposés de fibres de verre imprégnées de résine que l'on place dans le moule. Le remplis-



Deux prototypes sont en préparation chez Sikorsky en application de l'Advanced Blade Concept représenté par cette maquette. Il s'agit d'un

système de rotors coaxiaux contrarotatifs permettant d'optimiser la sustentation et de supprimer le rotor de queue des hélicoptères classiques.



Le record absolu de vitesse est détenu depuis plusieurs années par les Américains avec le combi-

né expérimental Lockheed XH 51-A. Une étrange machine, avec sa voilure en position basse de 5 m

sage est assuré par une mousse de plastique et le moule passé au four pour faire durcir la résine. Au total, à l'exception des masses d'équilibrage, des compensateurs et du revêtement anti-érosion, la pale ne comporte aucun élément métallique et sa durée de vie est quasi illimitée. Chacune est conçue pour que la flexion, qui correspond au battement d'un rotor articulé, s'accompagne d'un mouvement de torsion qui change l'angle d'attaque de la pale. Un remous ascendant est ainsi compensé par une réduction de portance.

Sur un rotor d'hélicoptère, il apparaît toujours des vibrations, et les têtes de rotor sont généralement équipées d'amortisseurs adéquats. Tout récemment, on a expérimenté avec succès aux U.S.A., sur un hélicoptère Bell 206 Jet Ranger, un nouveau système d'amortissement. Ce système est basé sur le fait qu'une poutre flexible recevant des vibrations verticales, comme celles produites par un rotor, est soumise à une onde sinusoïdale, avec des nœuds (points à amplitude nulle) et des ventres (points à amplitude maxi-

male). Dans le système Bell, la tête de rotor est montée aux nœuds d'une poutre flexible, ce qui permet d'isoler la cabine. Le système, valable pour une gamme variée de fréquences, est particulièrement efficace pour les vibrations engendrées deux fois par tour.

LE PILOTAGE AUTOMATIQUE

Le pilotage automatique des hélicoptères, au sens large du mot, se justifie par le besoin de stabiliser l'appareil en vol stationnaire ou à faible vitesse de translation.

Les moyens mécaniques de stabilisation dynamique, tels que le stabilisateur gyroscopique Bell ou le stabilisateur aérodynamique Hiller, n'ont pas connu une réelle extension, car leur inconvénient était de limiter le domaine de vol. Ultérieurement, on a opté pour un système de pilotage par vérins hydrauliques ou électriques placés en série sur les commandes de vol du pilote afin que le fonctionnement de la stabilisation ne soit pas ressenti par ce dernier. Toute-



d'envergure et son turboréacteur Pratt et Whitney J 60 de 1 200 kg de poussée en disposition asymétrique.

fois, il n'y avait aucune sécurité en cas d'arrêt brusque de fonctionnement.

Ensuite, se sont développés les pilotes automatiques (ou P.A.) proprement dits, c'est-à-dire des systèmes assurant, en plus de l'amortissement, des fonctions de tenue à long terme de l'assiette et du cap, ainsi que des fonctions de guidage. Cette nouvelle étape amenait à résoudre deux genres de problèmes nouveaux. D'abord, la définition de méthodes de pilotage « transparent », permettant au pilote de changer à tout moment de référence ou de conduite en évolution continue, sans perdre le bénéfice de l'amortissement donné par le pilote automatique. Ensuite, l'augmentation à long terme de l'autorité du pilote automatique, nécessaire lors de variations importantes du régime de vol, en particulier pour les fonctions de guidage. On résout généralement ce problème par l'addition de vérins spéciaux.

La course continuelle à l'extension du domaine de vol et des possibilités d'utilisation donne au pilote automatique une part de plus en plus im-

portante dans la conception générale de l'hélicoptère. Il est en fait de plus en plus difficile d'obtenir en machine nue (c'est-à-dire sans P.A.) des qualités suffisantes sur la totalité du domaine de vol.

Pour des raisons opérationnelles évidentes, on a donné à l'hélicoptère d'importantes possibilités d'utilisation en V.S.V. (vol sans visibilité). Dans ce domaine, le pilote automatique est un élément clé, associé aux moyens de navigation et de positionnement autonomes ou extérieurs. Pour être utilisée d'une façon vraiment efficace, la capacité V.S.V. d'un hélicoptère doit exister au stade de l'approche et ceci au moyen d'équipements de bord et d'une infrastructure au sol convenables. C'est la raison pour laquelle la S.F.I.M. a mis au point un système d'approche automatique et de direction de vol permettant d'obtenir des performances exceptionnelles avec une grande souplesse de pentes d'approche (de 3 à 9°) et de vitesse en finale (de 80 à 30 nœuds, tenue automatiquement à ± 2 nœuds). Actuellement, les minima autorisés sont inférieurs à 30 mètres en hauteur critique et 400 mètres en translation.

Pour le vol stationnaire, la même firme a développé un coupleur inertiel destiné aux hélicoptères-grues, dont les conditions de travail réclament un positionnement très précis. Les informations, issues d'accéléromètres ultra-sensibles installés sur une plate-forme gyroscopique de haute qualité, sont traitées par un calculateur donnant au pilote automatique les ordres nécessaires. Un manche spécial permet au treuilliste de commander des vitesses de déplacement pour placer correctement la charge.

Dans un domaine voisin, la firme américaine Sikorsky étudie le système RAVE (Research Aircraft for Visual Environment) de pilotage par télévision pour les hélicoptères volant à basse altitude dans de mauvaises conditions de visibilité. Une expérimentation a été effectuée en vol sur un hélicoptère CH 53 A de l'US Marine Corps. Le RAVE est constitué d'un réseau de caméras de télévision montées dans le nez de l'hélicoptère et reliées à une batterie d'instruments de contrôle à l'intérieur de l'appareil. Le pilote contrôle l'hélicoptère au moyen de commandes spéciales, avec les écrans de télévision comme unique référence visuelle.

Les essais actuels portent sur l'expérimentation du système pour les manœuvres de suivie de terrain et d'évitement d'obstacles, ainsi que pour d'autres manœuvres (vols latéraux et vols de montée à partir du vol stationnaire).

DES SOLUTIONS NOUVELLES

L'idée originale du système ABC (Advanced Blade Concept) de Sikorsky consiste à utiliser deux rotors contrarotatifs très rigides (construits en titane), donc à flexibilité pratiquement nulle, et, en outre, relativement rapprochés afin de maintenir une stabilité suffisante pour l'hélicoptère. Quand une des pales d'un rotor est en

position avançante, celle de l'autre rotor est en position reculante, et on réduit ainsi l'inconvénient de la dissymétrie de poussée en vol de translation. Sans accroître le régime de chaque rotor, on arrive à obtenir une sustentation qui augmente en même temps que la vitesse de translation, alors que, sur un rotor conventionnel, celle-ci décroît dans les mêmes conditions. Les essais en soufflerie effectués sur un birotor de diamètre 12 mètres à Ames (U.S.A.) ont été très concluants, et actuellement deux appareils ont été construits, un en version hélicoptère pur qui doit voler en août de cette année, l'autre en version « combiné » avec deux réacteurs additionnels.

Un grand avenir semble réservé à ce dispositif dont les avantages sont la très grande simplicité de construction et la vitesse de translation qu'il autorise, supérieure à celle d'un hélicoptère classique. Sikorsky a même prévu de faire tourner à régime variable la turbine libre de chaque turbomoteur afin de pouvoir, en vol de translation, réduire le régime des rotors et reculer l'apparition des phénomènes de compressibilité sur les pales avançantes.

On a déjà vu que, en vol de translation à la vitesse V , les vitesses périphériques des pales avançante et reculante étaient respectivement $U + V$ et $U - V$. Comme U ne peut pratiquement évoluer qu'entre 190 et 220 m/s, et comme la somme ($U + V$) ne doit pas dépasser un nombre de mach voisin de 0,90, il en résulte que la vitesse V est, sur un hélicoptère classique, nécessairement limitée.

On a bien envisagé d'utiliser une aile au-delà de 300 km/h, en maintenant le rotor dans un plan horizontal sans lui demander aucune sustentation. Il faut alors ajouter un moteur supplémentaire pour permettre le vol en translation. C'est ce qu'a réalisé Lockheed en ajoutant un réacteur à un hélicoptère XH 51 A. Ce « combiné » a atteint sans difficultés particulières la vitesse record homologuée de 484 km/h.

Cette formule est bonne à titre expérimental, mais elle est bien compliquée pour la faire admettre à des clients potentiels.

La solution TRAC (Telescoping Rotor Aircraft) de Sikorsky est intéressante. Elle consiste en un rotor à pales télescopiques qui, en soufflerie, a été expérimenté jusqu'à plus de 700 km/h. Les pales entièrement déployées permettent le décollage, l'atterrissage et le vol à faible vitesse dans les conditions « hélicoptère pur ». En translation, les pales « télescopées » ne conservent que 60° de leur longueur et offrent ainsi une traînée nettement plus faible que celle d'un rotor classique.

Le système TRAC doit être associé à une aile sustentatrice, car la perte de portance sur le rotor doit être compensée. Par contre, pour une vitesse nettement supérieure à 350 km/h, il faut ajouter à l'appareil un réacteur de propulsion. Par rapport à une solution classique, les essais montrent que les vibrations et le bruit sont réduits et, en outre, le dispositif TRAC permet

d'envisager, spécialement pour le parking au sol, des hélicoptères moins encombrants.

La conception du système est simple et fiable. La partie « centrale » de la pale est constituée d'un tube profilé de section elliptique sur lequel coulisse le longeron creux de la partie « périphérique ». Le déplacement est assuré par un vérin à vis commandé depuis l'intérieur de la tête du rotor.

Un VTOL, capable de décoller et atterrir à la verticale, peut être conçu à partir d'une formule avion ou d'une formule hélicoptère.

En formule avion, il faut créer une poussée verticale dirigée vers le bas et produite par la déflexion d'un jet gazeux. En formule hélicoptère, on utilise la poussée normalement fournie par le rotor pour le décollage et l'atterrissage, mais on s'efforce de basculer ce rotor en vol de translation pour en faire une hélice. La solution est séduisante, mais pas simple à concrétiser : un rotor tourne lentement (300 tr/mn) avec un grand diamètre, une hélice tourne vite (1 500 à 3 000 tr/mn) avec un petit diamètre. Il s'agit de trouver un compromis.

Dans le cadre d'un accord de coopération entre la NASA et l'ONERA, un programme de recherches a été conduit sur une famille de rotors basculants destinés à des VTOL à grande vitesse.

PLATES-FORMES TÉLÉCOMMANDÉES

Depuis un certain temps, des plates-formes non pilotées sont étudiées et réalisées dans le monde ; il s'agit d'engins dénommés RPV (Remotely Piloted Vehicles) par les Américains. Il en existe deux types :

- Les drones, se déplaçant à moyenne et haute altitude et ayant un rayon d'action plus ou moins élevé ;

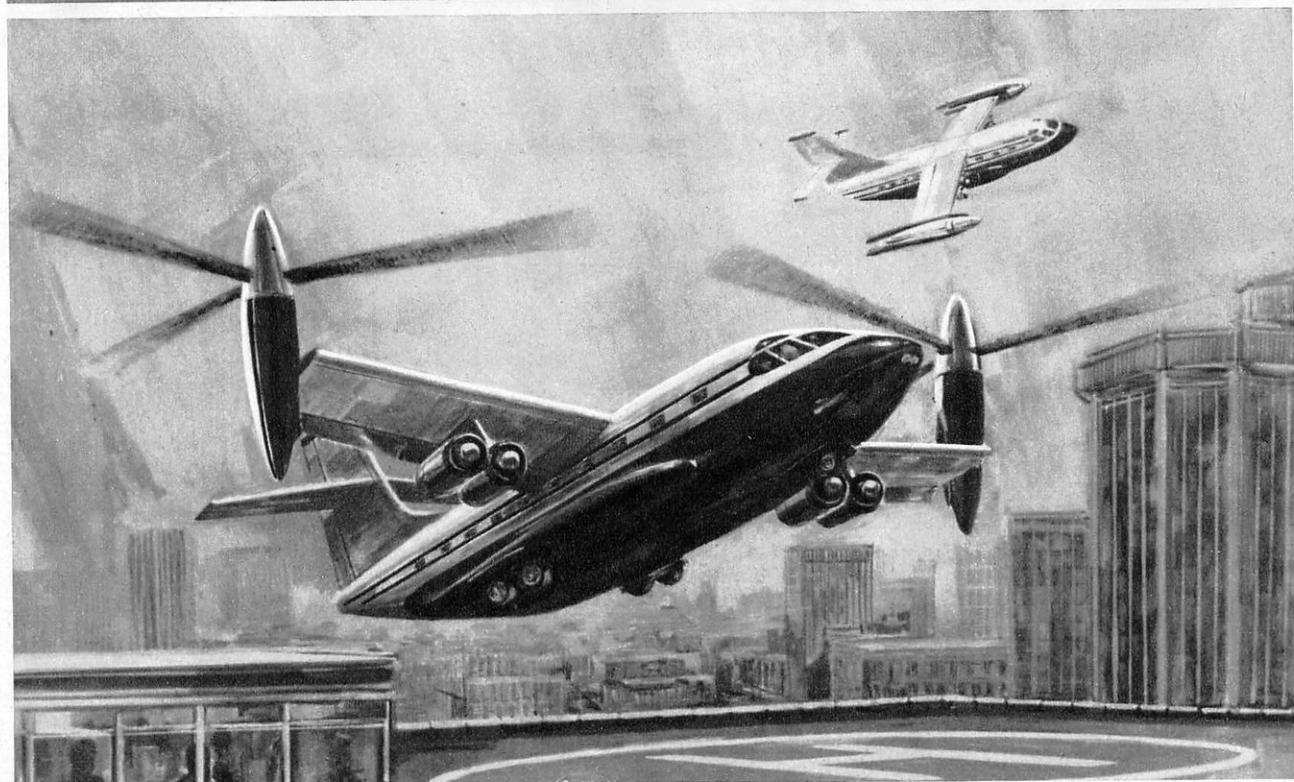
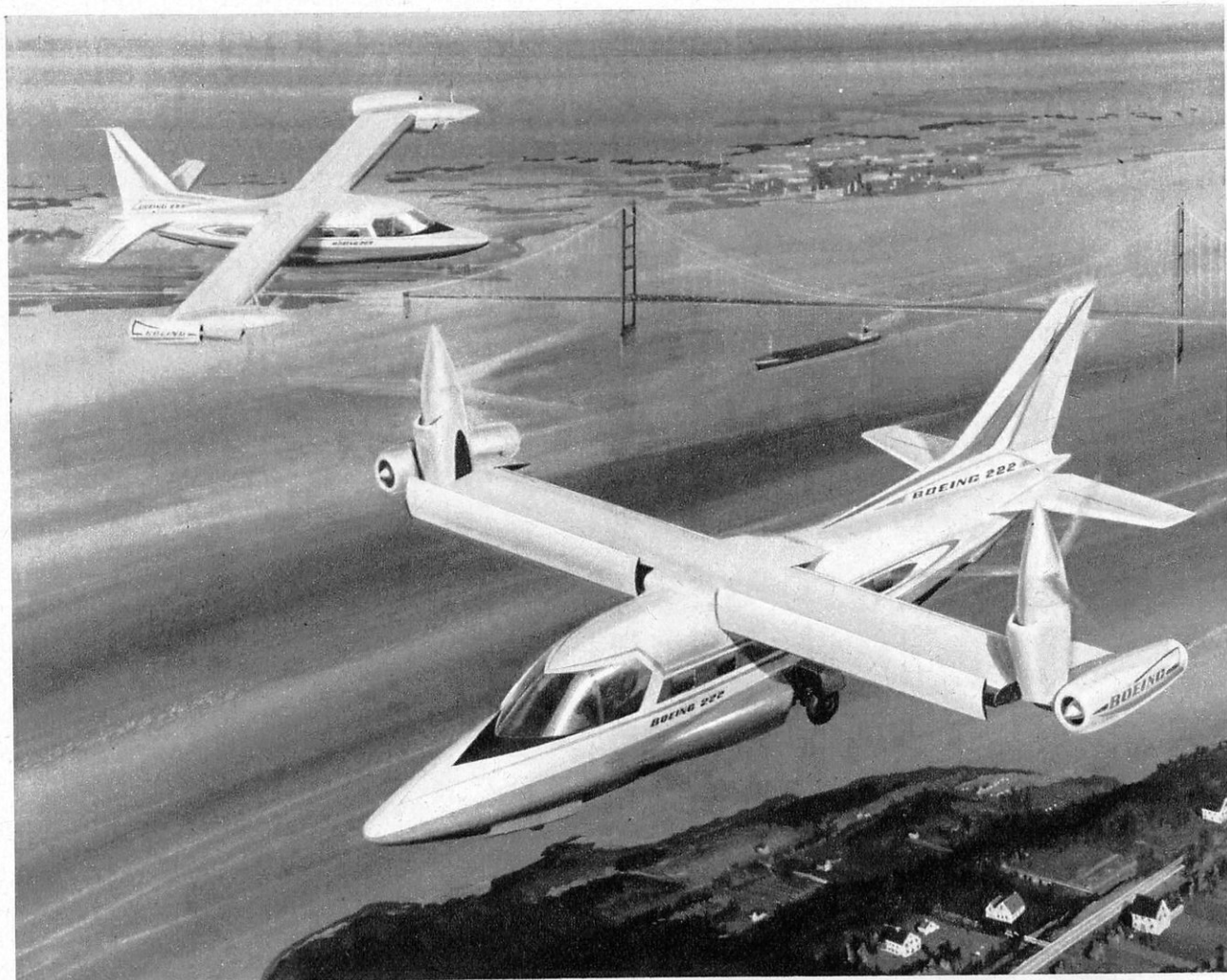
- les plates-formes, pouvant effectuer un vol stationnaire à faible altitude.

Pour les plates-formes stationnaires, il est normal que la technique de l'hélicoptère s'impose. Ainsi, en Allemagne, se poursuit l'expérimentation de la plate-forme Kiebitz, réalisée par la firme Dornier. Constituée d'un rotor thermopropulsé entraîné par une turbine à gaz, cette plate-forme est reliée au sol par un câble à l'intérieur duquel passe le carburant alimentant la turbine ainsi que les circuits de commande et de contrôle.

En France, la Sté Charles Marchetti, après avoir réalisé et fait voler un sustentateur probatoire dénommé *Hélicope*, entraîné mécaniquement,

Trois spécimens assez caractéristiques des travaux des dernières années. En haut de page, l'hélicoptère de combat AH 56 A Cheyenne dont l'US Army n'a finalement pas voulu. Au centre, le Bell 309 King Cobra proposé à l'US Army et au corps des Marines. En bas de page, le Boeing-Vertol 347, hélicoptère expérimental dérivé du CH 47 Chinook et doté d'une imposante voilure.





Les convertibles redeviennent à la mode, au moins sous la forme de projets. La solution consistant à basculer les moteurs pour passer du vol ver-

tical au vol de croisière horizontal est illustrée par ces récentes études, dues à Boeing et à Bell, qui songent au marché civil pour ces appareils.

a étudié une plate-forme électrique à trois hélicoptes.

L'hélicopte comprend deux hélices contrarotatives, fixées l'une au stator, l'autre au rotor d'un moteur électrique. L'énergie électrique est amenée par un câble aboutissant à la partie centrale inférieure de la plate-forme.

Les hélices, en alliage léger, réalisent pour le moteur électrique un régime égal au double de la vitesse angulaire de chacune d'elles. Le moteur électrique est du type asynchrone à rotor et stator mobiles et à collecteur simple. A la mise sous tension, les deux hélices sont mises en rotation et la poussée produite permet le décollage de la plate-forme captive.

Comme sur un rotor d'hélicoptère, la puissance massique est proportionnelle à la vitesse relative des ensembles tournants, donc il y a production d'une poussée importante pour une masse relativement faible. Sur le premier hélicopte réalisé, les deux hélices ont un diamètre de 1,60 m et tournent à 3 200 tr/mn ; la plate-forme est haute de 90 cm. La puissance requise n'est que de 40 ch.

Le poids à vide est de 55 kg, à savoir 28 kg pour le moteur électrique proprement dit et 27 kg pour la partie sustentatrice. Le poids total est de 130 kg, ce qui laisse une marge de 75 kg pour la charge. L'alimentation en courant électrique s'effectue à partir d'une génératrice montée sur véhicule.

L'hélicopte ouvre de nombreux domaines d'application : surveillance militaire ou civile, plate-forme de reportage, etc. En outre, le principe d'entraînement des rotors peut avoir de nombreuses autres applications. En particulier, des moteurs électriques contrarotatifs peuvent être utilisés sur les avions, hélicoptères ou aéroglisseurs pour entraîner des compresseurs, des ventilateurs, des hélices ou des rotors.

LE CROCHET VOLANT

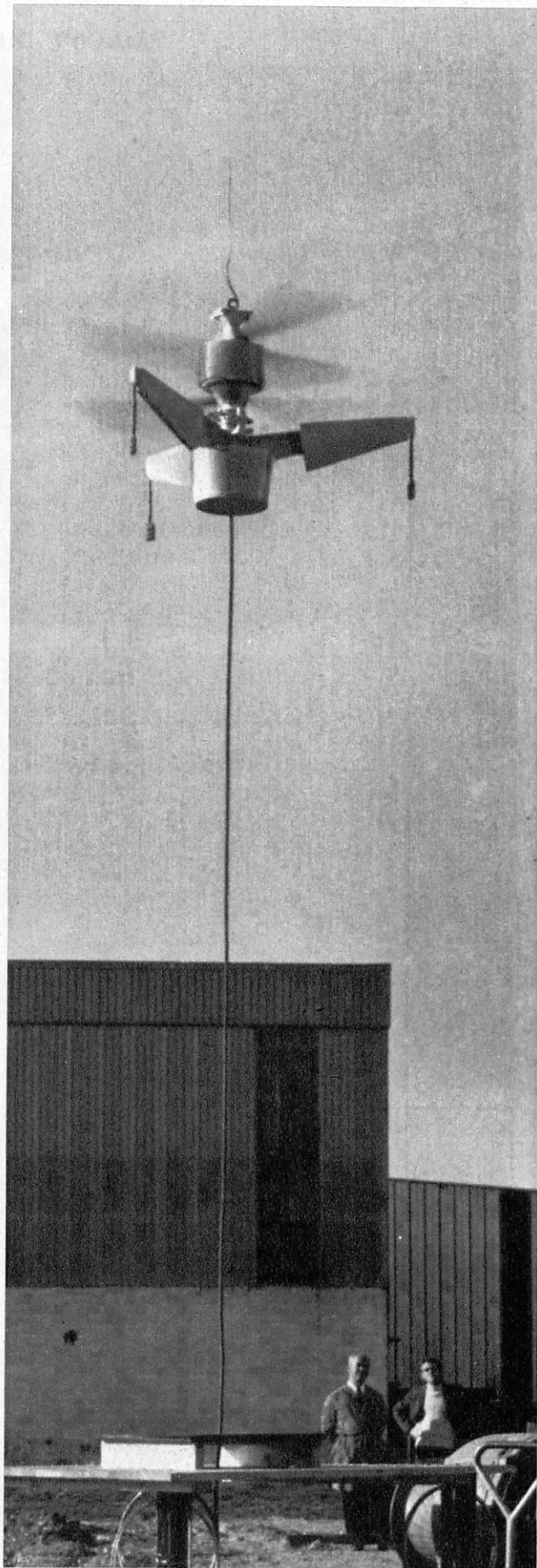
ROTORMOBILE

Il s'agit d'une plate-forme sustentatrice télécommandée, mais spécifiquement destinée à la manutention et au transport de charges lourdes. Du point de vue technique, c'est une sorte d'hélicoptère très simplifié.

Le rotor proprement dit est constitué de « pales motrices », chacune comportant à son emplanture un moteur envoyant ses gaz d'échappement vers une tuyère d'extrémité, ce qui permet l'entraînement du rotor par réaction. Les pales motrices sont fixées rigidement au moyeu central ; elles sont équipées chacune d'un volet de commande et de contrôle des évolutions de l'appareil.

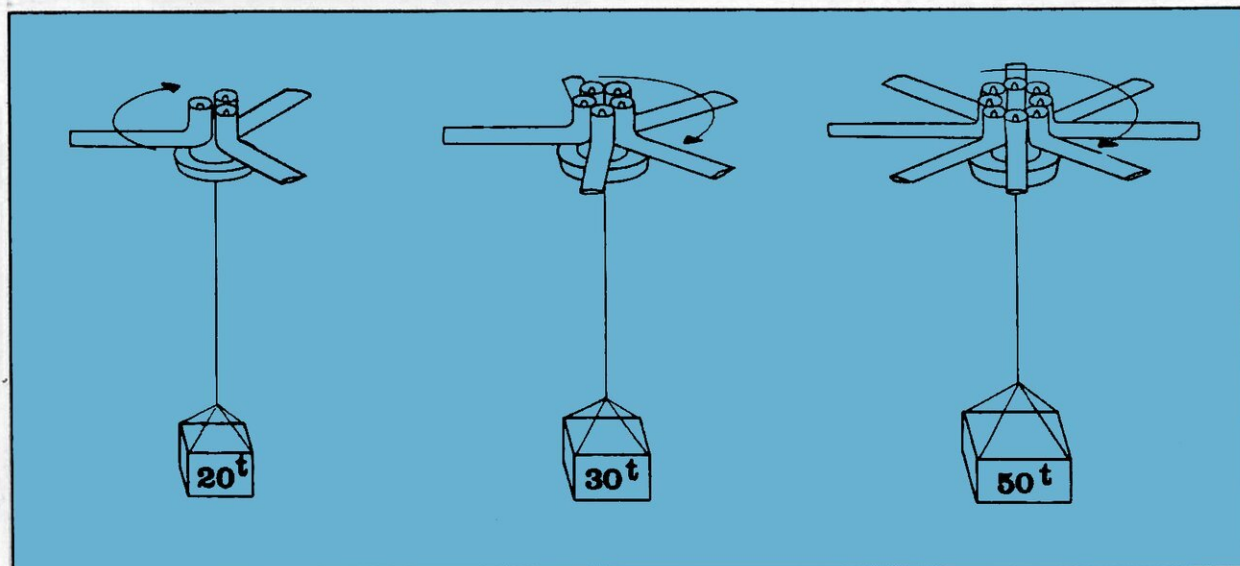
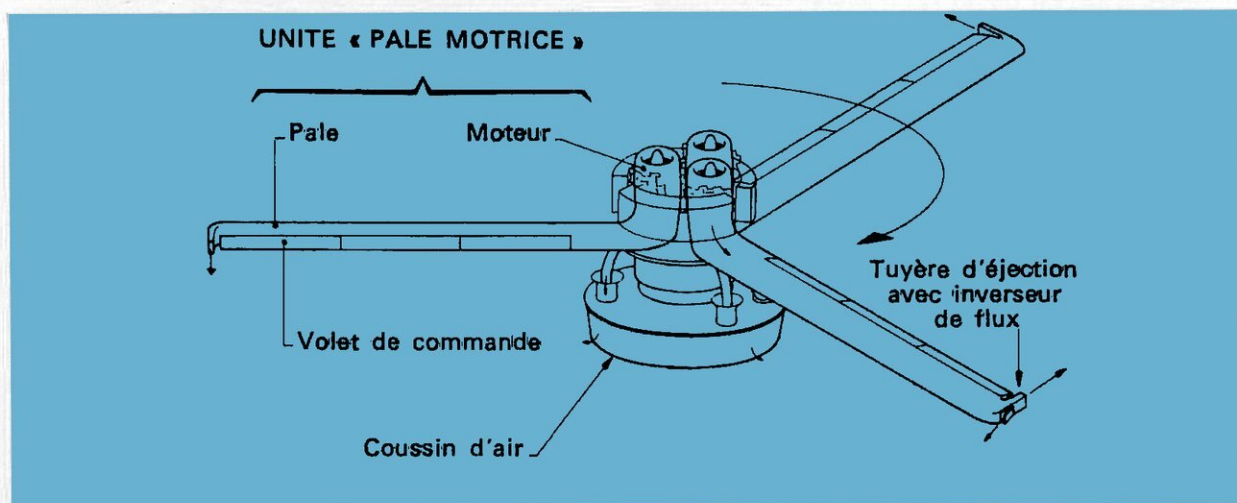
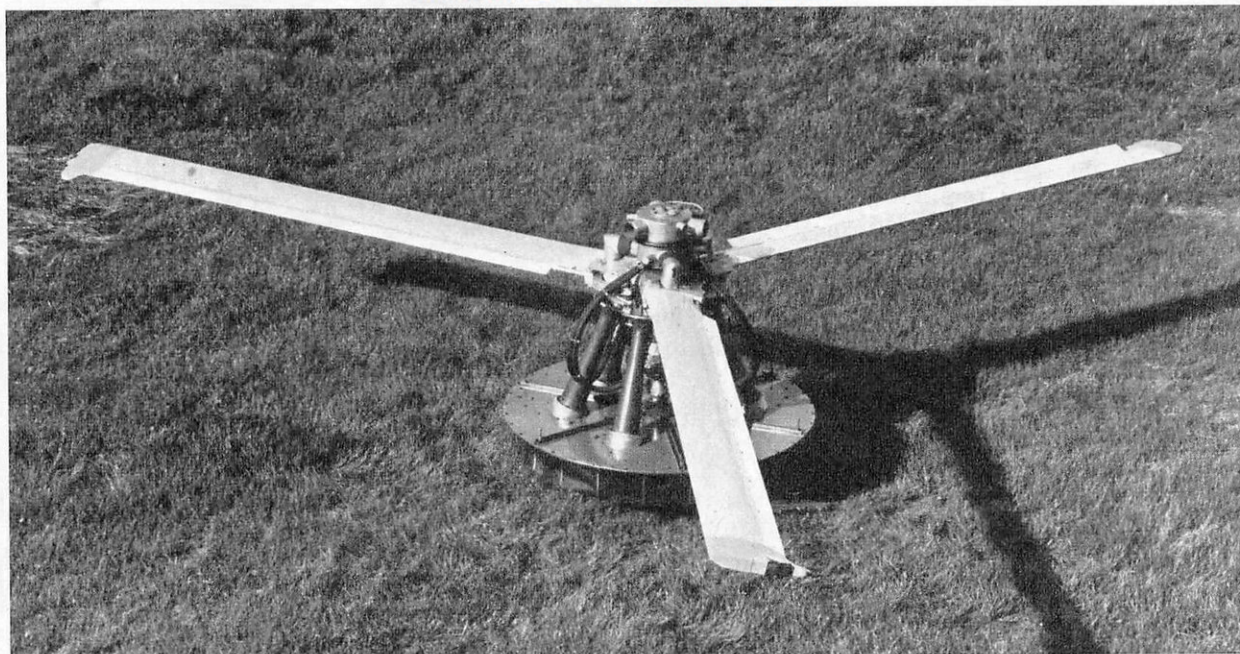
A sa partie inférieure, le rotormobile est équipé d'une jupe à coussin d'air constituant le train d'atterrissage.

Le rotormobile étant au sol, on procède à la mise en route des moteurs. Le coussin d'air surélève l'engin au-dessus du sol. Grâce à l'éjection des



La plateforme captive Heliscope, conçue en France, ouvre la voie à de multiples applications. Elle comporte deux rotors contrarotatifs entraînés par un moteur électrique alimenté depuis le sol.

PRINCIPE DU ROTORMOBILE



Spécifiquement destiné à la manipulation de charges lourdes, le Rotormobile est doté de moteurs éjectant leurs gaz chauds en bouts de pales, et d'une jupe à coussin d'air pour l'atterrissage.

gaz en bout des pales, l'ensemble de l'appareil se met à tourner rapidement, de sorte que le régime de décollage est vite atteint. Par action sur les volets de commande des pales, l'appareil monte et reste immobilisé au-dessus de la charge.

Une fois la charge accrochée à l'élingue, l'appareil est mis en translation afin de la déposer à son point de destination.

Sur la base des études et essais effectués en soufflerie sur maquettes à échelle 1/5, les caractéristiques principales d'un rotormobile de moyen tonnage seraient les suivantes : poids à vide 7 tonnes, poids en charge 28 tonnes (soit une charge utile maximale de 21 tonnes). Le rotor tripale a un diamètre de 25 m, et, en fonctionnement, la hauteur sur jupe est de 4,50 m. Au point de vue puissance, chaque pale motrice est équipée d'un générateur de gaz type Snecma M 45 H de 4 600 ch.

Une charge de 20 tonnes peut ainsi être transportée à 100 km/h sur une distance de 5 à 10 km. Avec un réservoir de carburant, le rayon d'action maximal est de 550 km.

Un avantage considérable de cette formule réside dans le fait que l'on peut sans difficulté accroître le nombre d'unités « pale motrice », afin de permettre la manutention et le transport de charges de plus en plus lourdes, comprises entre 20 et 50 tonnes, et même davantage.

Le rendement d'un tel système est exceptionnellement élevé (rapport très élevé de la charge utile à la masse totale) comparé à celui des solutions classiques telles qu'hélicoptère ou avion à décollage vertical. Il n'y a ni cellule, ni mécanique compliquée, et la variation du régime permet d'accroître l'énergie emmagasinée dans le rotor, ce qui est particulièrement intéressant lors des phases de décollage et d'atterrissage.

ET L'AUTOGIRE ?

Au terme de cette brève étude des techniques nouvelles en matière d'hélicoptère, qui nous a amenés, insensiblement, à évoquer des techniques dérivées, sous la forme des plates-formes volantes captives, on pourrait parler aussi de l'autogire.

Plus simple que l'hélicoptère, ce petit appareil est limité dans ses possibilités de vol stationnaire. Son rotor n'est, en effet, pas entraîné, ni mécaniquement, ni par réaction. Il ne peut tourner que lancé par un moyen extérieur ou à condition d'être maintenu en translation par une hélice ou, éventuellement, par un réacteur. Les pales du rotor sont à pas fixe, sauf dans le cas du McCulloch J2 ou de l'Air Space 18 A. L'autogire n'aurait-il pas laissé passer sa chance ? On peut se poser la question.

Pierre LEFORT



L'éjection de gaz en bouts de pales (dans ce cas, de l'air comprimé) est appliquée sur le petit hé-

licoptère H-3, construit en Allemagne à titre expérimental par le groupe VFW-Fokker.

LIBRAIRIE

SCIENCE ET VIE

AVIATION

24, Rue Chauchat, Paris 9^e - Tél. 824 72 86

C.C.P. 4192-26 Paris

Cette bibliographie, établie d'après le stock d'ouvrages de notre librairie, ne représente qu'une partie des ouvrages figurant dans notre catalogue général (1973). Prix F 10,00.

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 162,00

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 121,00

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 83,00

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 transonique 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 169,00

COURS DE MÉCANIQUE DU VOL. — Turcat A. — **Vol rectiligne en palier:** Problème de sustentation et de propulsion. Avions à moteurs, à turboréacteurs et fusées, à statoréacteurs. Endurance et rayon d'action. Plafonds. **Vol en montée:** Montée des avions à moteurs et réacteurs. Énergie totale. **Vol en virage:** Limites de manœuvre. Influence de l'altitude et du nombre de Mach. Rayons et temps de virage. **Décollage et atterrissage:** Notes sur le vol dissymétrique et le vol en atmosphère agitée. 160 p. 16 x 25, 115 fig., 2^e édit., 1960 F 27,00

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. Hydration. Principaux instruments de bord. 358 p. 14 x 22, 324 fig., 3^e édit. 1963 F 48,00

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

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 autopropulsés 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 46,00

ÉLÉMENTS DE CALCUL DE CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE. — Guillemin 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 appliquée 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 37,55

LE TURBORÉACTEUR ET AUTRES MOTEURS A RÉACTION. — Kalnin A. et Laborie M. — Bases de propulsion par réactions : moteurs, combustibles, matériaux. Turboréacteurs : compresseurs, chambre de combustion, turbine alimentation, allumage. Énergétique des turboréacteurs : poussée, puissance, rendement. Turboréacteurs en

utilisation: installations, entretien, pannes. **Fusées, stato-réacteurs en utilisation:** installations, entretien, pannes. **Fusées, stato-réacteurs, pulso-réacteurs, motoréacteurs, turbopropulseurs, propulsion par réaction et vol vertical:** hélicoptères, appareils divers. 402 p. 16 x 25, 280 fig., relié toile, 1958 F 86,00

PROPULSION PAR RÉACTION. — Smith G.-G. — Poussée et performances. Propulsions par réaction ou par hélice. Éléments de la turbine à gaz. Système de combustion, alimentation en carburant. Problèmes posés par la métallurgie. Avions propulsés par réaction. Problèmes aérodynamiques. Avions sans queue et ailes volantes. Moteurs compound. Stato et pulso-réacteurs. Propulsion par fusée. Turbines à gaz à pression constante fonctionnant en cycle fermé: milieux actifs gazeux et liquides. Turbines pour véhicules routiers. Adoption officielle des avions à réaction. Point de vue des techniciens sur la propulsion par turbines à gaz. Productions françaises récentes: turboréacteurs. Pulso-réacteurs. Avions. Hélicoptères. 440 p. 14 x 22, nombr. fig., 2^e édit., relié, 1952 F 66,00

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 stato-réacteur. Le turboréacteur. Thermodynamique: Rendement pour l'usager. 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 9,00

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. 208 p. 16 x 24, 109 fig., 1963 F 23,10

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 météorologique 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. 504 p. 18 x 22, 325 fig. et cartes en noir et couleurs, 8 photos hors-texte, 2 cartes hors-texte couleurs. Nbr. tabl., 6^e édit. 1971 F 35,00

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. 120 p. 18 x 22, 178 fig., 2^e édit. 1968 F 8,70

(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., 2^e édit. 1970 F 10,50

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. Relèvement 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, 2^e édit. 1967 F 42,00

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.). Evolution 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

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). Évolutions avec vent. Manœuvres de sécurité. Annexes. 148 p. 21,5 x 27, 19 fig., 2^e édit. 1968 F 25,00

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 47,50

LA RADIOTÉLÉPHONIE (Manuel du Brevet de Pilote privé d'avion). — Sérabian 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. 96 p. 18 x 22, 25 fig., 10 photos hors-texte, 2^e édit. 1971 F 10,00

LA RADIONAVIGATION (Préparation au brevet. Perfectionnement du pilote privé d'avion). — Sérabian B. — Les aides radio-électriques et leur utilisation. Classification. La radiogoniométrie. Le virage standard. Le V.O.R.: les émetteurs, le récepteur, utilisation. La radiocompas automatique: les émetteurs, le récepteur, utilisation. Le voyage. Le calcul mental. La trigonométrie élémentaire. Calcul de la dérive. Calcul de la vitesse-sol. Calcul des temps. Résumé des formules de calcul mental. Applications particulières des formules. 144 p. 18 x 22, 102 fig., 9 photos, 2^e édit. 1970 F 15,00

VOL A VOILE. — Jacquet G. — Éléments de technologie. Fuselage, ailes, empennages et gouvernes, commandes, atterris-

seurs, crochets de treuillage et de remorquage, instruments de bord. **Moyens matériels. La progression.** Modes de lancements, parc planeurs, progression. De l'école à la compétition. **Aérodynamique et mécanique du vol.** Résistance de l'air. Sustentation. Polaire de l'aile et du planeur. Hypersustentation. **Météorologie.** Atmosphère. Nuages. Fronts. Météores dangereux. Utilisation vélicole des phénomènes atmosphériques. **Éléments de réglementation. Organisation administrative du vol à voile en France.** Organismes officiels. Conditions à remplir pour pouvoir voler. Possibilités offertes. 238 p. 16 x 24, 125 fig., 26 photos, 1970 F 26,55

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 au 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 (aérogologie). 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

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 9,60

RÈGLEMENTATION DE LA CIRCULATION AÉRIENNE à l'usage des candidats aux Brevets du Personnel Navigant de l'Aéronautique Civile. — Fleckiauskas 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

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 49,00

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 30,70

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).** — Beauvois 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 131,00

HISTOIRE DE L'AVIATION. — Chambe 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 rouvre 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. Evolution, 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 130,00

L'AVIATION D'AUJOURD'HUI. — Lachniet 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'avion. 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 59,00

ENCYCLOPÉDIE DE POCHE DES AVIONS DE GUERRE. — Voici en deux volumes les principaux appareils de l'aviation moderne de combat en service dans le monde entier. — C3s ouvrages comportent des notices descriptives détaillées et complètes qui intéresseront, non seulement les spécialistes, mais encore les amateurs de modèles réduits et les passionnés de l'aviation moderne:

CHASSEURS. — Avions d'attaque et d'entraînement. 1939-1945. — Munson K. Traduit de l'anglais. — 158 p. 12 x 18, 80 pl. illustr. en couleurs. Cart., 1971 F 14,50

BOMBARDIERS. — Avions de reconnaissance et de transport. 1939-1945. — Munson K. Traduit de l'anglais. — 158 p. 12 x 18, 80 illustr. en couleurs. Cart., 1971 F 14,50

COMMANDES PAR CORRESPONDANCE

Les commandes doivent être adressées à la **LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE**, 24, rue Chauchat, Paris (9^e). 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: Taxe fixe forfaitaire F 2,00 plus 5% du montant total de la commande — Frais de recommandation: France: F 1,50, Étranger: F 3,00. Sans frais d'expédition toute commande supérieure à 100 F. Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS (9^e)

La Librairie est ouverte de 8 h 30 à 12 h 30 et de 14 h à 18 h 30. Fermeture du samedi 12 h au lundi 14 heures.

L'ACTION

AUTOMOBILE ET TOURISTIQUE

ESSAIS.

**LES 4 AUTOMATIQUES
FRANÇAISES**

**NOUVEAUTÉ:
LA MATRA SIMCA 550**



**SPECIAL
NAUTISME**

N° 153 • MAI 73 • 2.50 F

25 fr. belges. • 400 liras. • 2 fr. suisses. • 2,5 d.m. • 5,3 sh. • 2,75 dhm. • 35 pesetas. • \$ 1 canadien.

EN VENTE PARTOUT

Le directeur de la publication : Jacques DUPUY — Dépôt légal : N° 73018 — Imprimerie des Dernières Nouvelles de Strasbourg
Imprimé en France

aerospatiale ... à l'avant-garde!



CONCORDE

Avion long-courrier
supersonique,
conçu et réalisé par
AEROSPATIALE/FRANCE
et BRITISH AIRCRAFT
CORPORATION.

A 300 B

Biréacteur court-moyen-courrier
de grande capacité
conçu et réalisé par
AEROSPATIALE/FRANCE et
DEUTSCHE AIRBUS
(MBB et VFW/ FOKKER)
en coopération avec
CASA, FOKKER/ VFW et
HAWKER SIDDELEY AVIATION.



S.S.E. CORVETTE

Biréacteur d'affaires
de la nouvelle génération.
Spacieux, Silencieux, Economique.



- ☐ AVIONS
- ☐ HELICOPTERES
- ☐ ENGINES TACTIQUES
- ☐ SYSTEMES BALISTIQUES
ET SPATIAUX



aerospatiale

37, boulevard de Montmorency
75781 PARIS Cedex 16 - 224.84.00