

SCIENCE
VIE
et

NUMÉRO HORS SÉRIE

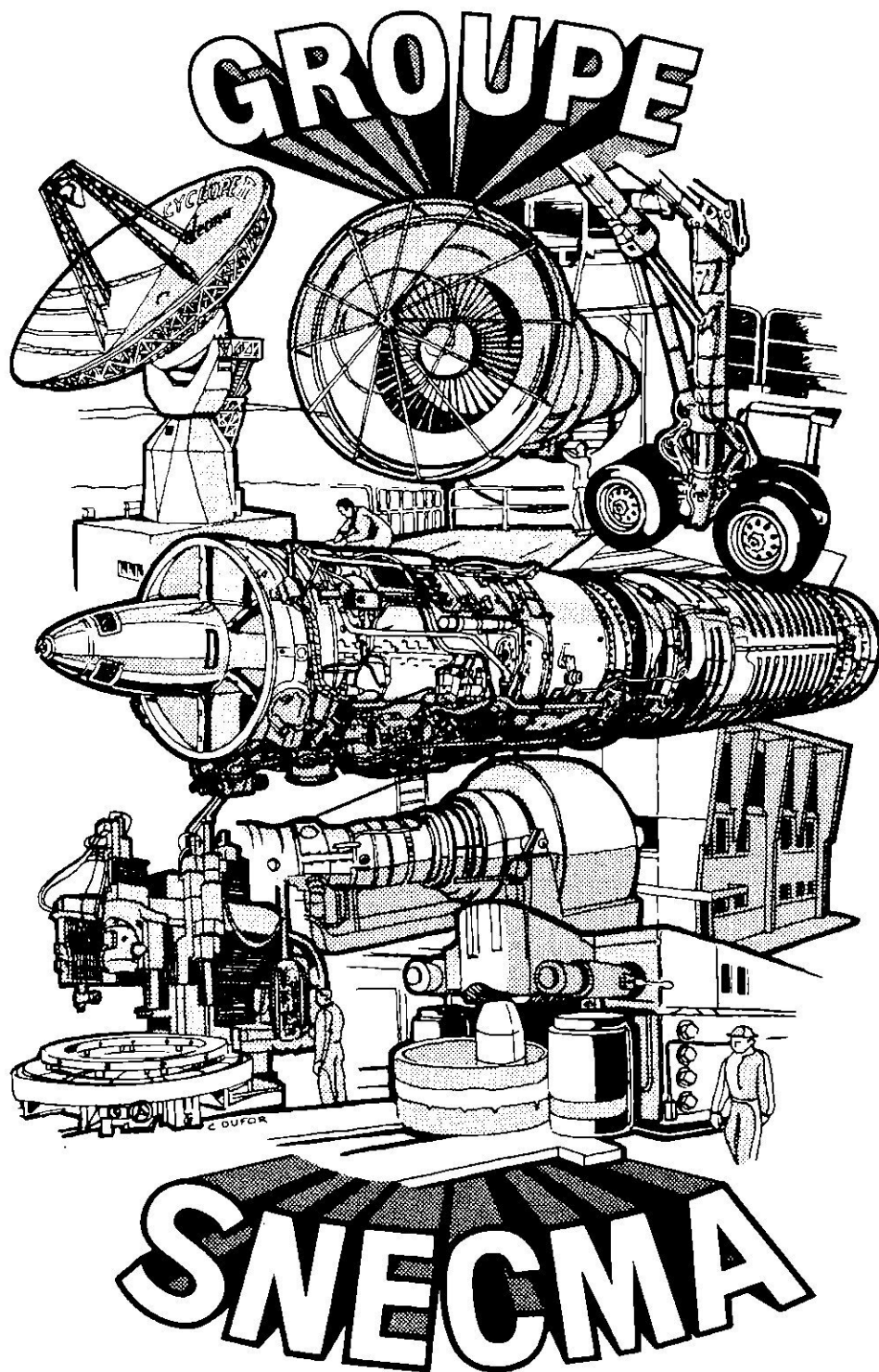
AVIATION

TOURISME ET AFFAIRES:
pilotez votre avion

CONCORDE VAINCRA

71





propulseurs pour
l'aéronautique
régulation et
équipements
forges et fonderies
révision et
réparation de réacteurs



électronique



HISPANO-SUIZA
DIVISION DE LA SNECMA

turbines à gaz
turbocompresseurs
moteurs diesel
barrières d'arrêt
sièges éjectables
énergie nucléaire
matériels
hydrauliques



révision et
réparation de réacteurs



trains d'atterrissage
roues et freins



machines-outils



150, BD HAUSSMANN
75 - PARIS 8^e - TEL. 227.33.94



Photo réalisée par
Miltos Toscas à l'aéro-
club de Fontenay-Tre-
signy (Seine et Marne).

SOMMAIRE DU N° HORS-SÉRIE **AVIATION 71**

Avant-propos	6
Programmes civils : les compagnies malades de la technique	8
Des supersoniques presque commerciaux	22
Nuisances : l'avion en accusation	32
Naviguer à 10 000 mètres	38
Les satellites de navigation	48
France : le réseau complémentaire s'étioffe	53
Avions de loisirs et d'affaires : les constructeurs français	64
Apprendre à piloter	84
L'avion privé progresse	94
Transports charters et civilisation des loisirs	105
Vers un conflit avion-satellite d'applications ?	108
Avions de combat : l'électronique ne résout pas tout	124
S/VTOL et transport de masse	133
Le dirigeable renaîtra-t-il de ses cendres ?	144
L'avion-cheval de trait	152

Tarif des abonnements : UN AN. France et États d'expr. française, 12 parutions : 35 F (étranger : 44 F); 12 parutions envoi recom. 51 F (étranger 76 F); 12 parut. plus 4 numéros hors série : 50 F (étranger : 62 F); 12 parut. plus 4 numéros hors série envoi recom. : 71 F (étranger : 104 F). Règlement des abonnements : Science et Vie, 32, boulevard Henri IV, 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 0,80 F en timbres-poste. — Belgique, Grand Duché de Luxembourg et Pays-Bas (1 an) : service ordinaire FB 300, service combiné, FB 450. Règlement à Edimonde, 10, boulevard Sauvenière, C.C.P. 283-76, P.I.M. service Liège. — Maroc : règlement à Socheppress, 1, place de Bandoeng, Casablanca, C.C.P. Rabat 199.75.

Directeur général : Jacques Dupuy. Rédacteur en chef : Michel Rouzé. Rédacteur en chef adjoint : Serge Caudron. Direction, Administration, Rédaction, Excelsior Publicité : 32, boulevard Henri IV, Paris 4^e. Tél. : 887.35.78. Chèque Postal : 91-07 PARIS. Adresse télégr. : SIENVIE PARIS.

LES CARRIERES

AVIATION

Pilotes, fonctions administratives, Ingénieurs et Techniciens - Hôtesse de l'air - Brevet de Pilote privé.

- P.R. 332 **INFORMATIQUE** : Initiation - Crs de Programmation Honeywell-Bull ou I.B.M., de COBOL, de FORTRAN (stages pratiques) - B.Tn en Informatique.
- E.C. 332 **COMPTABILITÉ** : C.A.P. (Aide-comptable), B.E.P., B.P., B.T.S., D.E.C.S. - Expertise, C.S. révision comptable, C.S. juridique et fiscal, C.S. organisation et gestion - Caissier, Chef Magasinier, Conseiller fiscal - Cpté élément., Compté Commerciale, Gestion financière, etc.
- C.C. 332 **COMMERCE** : C.A.P. (Employé de bureau, Banque, Sténodactyle, Mécanographe), B.E.P., B.P., H.E.C., H.E.C.J.F. - Administrateur, Représent., Vendeur - **MARKETING**, Gestion des entreprises, Publicité, Assurances, Hôtellerie - Hôtesse (Commerce et Tourisme).
- R.P. 332 **RELATIONS PUBLIQUES** et Attachés de Presse.
- C.S. 332 **SECRÉTARIATS** : C.A.P., B.E.P., B.P., B.T.S. - Secrétariats de Direction, Bilingue, de Médecin, de Dentiste, d'Avocat. Secrétariats techniques - Correspondance - **STENO** (avec disques) - **JOURNALISME** - Graphologie.
- A.G. 332 **AGRICULTURE** : Classes des Lycées Techn. agric., B.T.A., Ecoles Nationales, Ecoles vétérinaires - Agent techn. forest., Génie rural, Indust. agric., Gestion, Elevage, Radiesthésie, Topographie.
- I.N. 332 **INDUSTRIE** : Electrotechn., Electron., Mécan., froid, Chimie. **DESSIN INDUSTRIEL** : C.A.P., B.E.P., B.P., B.Tn., B.T.S. - Ingénieur - Admission F.P.A. etc.
- T.B. 332 **BÂTIMENT, DESSIN DE BÂTIMENT, TRAVAUX PUBLICS** (C.A.P., B.P., B.T.S.) - **METRE** : Aide-mètre, Mètre, Mètre-vérificateur (C.A.P., B.P.) Admission F.P.A. etc.
- P.M. 332 **CARRIERES SOCIALES ET PARAMÉDICALES** : Ecoles : Assistantes Sociales, Infirmières, Jardinières d'enfants, Sages-Femmes, Auxiliaires de Puériculture, Masseuse-Kinésith., Pédiatres - C.A. d'Aide soignante, Visiteuse médicale, Crs de connais. médic. élémentaires.
- S.T. 332 **C.A.P. d'ESTHÉTICIENNE** (Stages pratiques gratuits).
- C.B. 332 **COIFFURE** (C.A.P. dame) - **SOINS DE BEAUTÉ** - Esthét. visage, buste, Manucure, - Parfumerie - Diet-Esthétique.
- C.O. 332 **COUTURE, MODE** : C.A.P., B.P., Coupe, Couture (flou et Tailleur, Industries de l'habillement) - Enseignement ménager - Professorats.
- R.T. 332 **RADIO-TELEVISION** (N. et Coul.) : Monteur Dépann., **ELECTRONIQUE** : C.A.P., B.E.P., B.T.S., Transistors.
- C.I. 332 **CINÉMA** : Technique générale, Scénario, Prises de vues, de son, Réalisation, Projection, Lycée technique d'Etat - Cinéma 8 mm, 9,5 et 16 mm.
- P.H. 332 **PHOTOGRAPHIE** : Cours de Photo - C.A.P. de Photogr.
- M.M. 332 **MARINE MARCHANDE** : Ecoles, Navigation de plaisance.
- C.M. 332 **CARRIERES MILITAIRES** : Terre, Air, Mer. Admis aux écoles.
- E.R. 332 **LES EMPLOIS RÉSERVÉS** (aux vict. civ. et milit.)
- F.P. 332 **POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE**

LES ETUDES

RÉVISIONS POUR TOUS LES EXAMENS

- T.C. 332 **TOUTES LES CLASSES, TOUS LES EXAMENS** : du cour préparatoire aux cl. terminales : C.E.P., B.E., E.N. C.A.P. B.E.P.C., Adm. en seconde, Baccalauréat - Cl. prép. aux Gdes Ecoles - Cl. Techniques : B.E.P., Bacc. de Techn.-Admiss. C.R.E.P.S., Prof., Maître E.P.S. (1^{re} partie).
- E.D. 332 **ETUDES DE DROIT** : Admission en Faculté des non-bacheliers Capacité, Licence, Carrières juridiques.
- E.S. 332 **ETUDES SUPÉRIEURES DE SCIENCES** : Admission en Faculté des non-bacheliers, D.U.E.S. 1^{re} et 2^e année Licence. C.A.P.E.S., Agrégation - **MÉDECINE** : P.C.E.M. - **PHARMACIE** **ÉTUDES DENTAIRE**.
- E.L. 332 **ETUDES SUPÉRIEURES DE LETTRES** : Admission en Faculté des non-bacheliers, D.U.E.L., 1^{re} et 2^e année - C.A.P.E.S., Agrégation.
- E.P. 332 **LYCÉES TECHNIQUES D'ÉTAT** et autres établissements d'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
- E.I. 332 **ÉCOLES D'INGÉNIEURS** (toutes branches de l'industrie).
- O.R. 332 **COURS PRATIQUES : ORTHOGRAPHE, RÉDACTION**, Latin, Calcul, Conversation.
- L.V. 332 **LANGUES ÉTRANGÈRES** : Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Russe, Chinois, Arabe, Espéranto. - Chambres de Commerce étrangères Tourisme - Interprétariat.
- SUR CASSETTES** : Crs élém. d'Anglais -
- P.C. 332 **CULTURA** : Perfectionnement culturel. **UNIVERSA** : Initiation aux études supérieures.
- D.P. 332 **DESSIN, PEINTURE ET BEAUX-ARTS**
- E.M. 332 **ETUDES MUSICALES** : Solfège, Guitare class., électr., ts instruments (contrôle sonore). Professorats.

Demandez l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse

est votre future carrière...

LA SOCIÉTÉ NOUVELLE
EXIGE DE L'HOMME
DES COMPÉTENCES, DES CONNAISSANCES
TOUJOURS RENOUVÉES ET UNE FORMATION
PROFESSIONNELLE DE QUALITÉ
SOYEZ AU NIVEAU
DES TECHNIQUES NOUVELLES.
AVEC
L'ÉCOLE UNIVERSELLE
par correspondance de Paris
VOUS ACQUERREZ CHEZ VOUS,
DANS LES MEILLEURES
CONDITIONS,
LES CONNAISSANCES DÉCISIVES
POUR VOTRE FORMATION,
VOTRE PROMOTION
OU VOTRE RECYCLAGE.

N HÉSITEZ PAS À NOUS ÉCRIRE

ÉCOLE UNIVERSELLE
PAR CORRESPONDANCE DE PARIS
59 BOULEVARD EXELMANS - PARIS XVI

14, chemin de Fabron. 06 NICE

43, rue Waldeck-Rousseau. 69 LYON 6^e

envoi gratuit
N° 332

Nom, Prénom:

Adresse:

Niveau d'études:

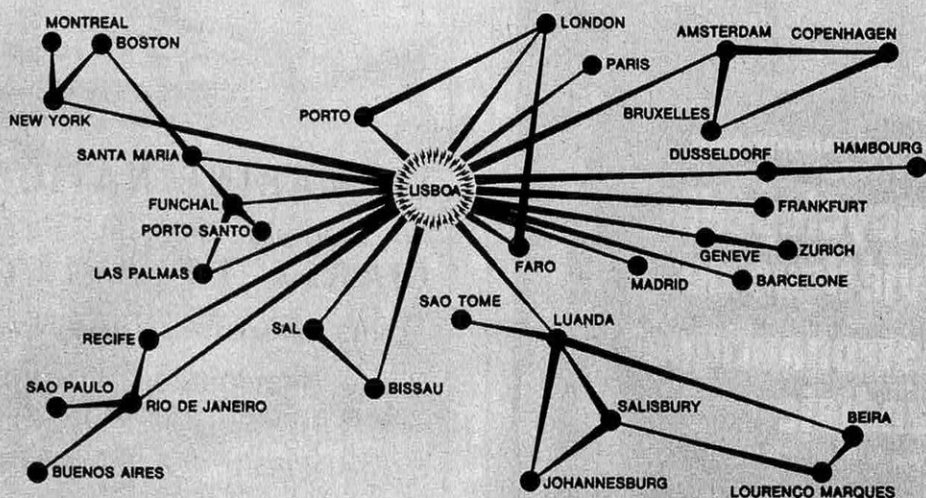
Diplômes:

Initiales et numéro de
la brochure demandée

profession choisie

TAP présence portugaise à travers le monde...

europa * afrique * amérique du nord * amérique du sud



TRANSPORTES AERIOS PORTUGAIS

Paris 9^e 9, rue Scribe tél. 073.51.04 Lyon 2^e 29, rue Ferrandière tél. 37.48.93
consultez votre agent de voyages... il est de bon conseil.
la compagnie du soleil en toutes saisons

source d'information
sans rivale

l'encyclopédie soviétique de l'astronautique mondiale

(éditions MIR de MOSCOU)

Publiée sous la direction de
V.P. GLOUCHKO membre de
l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.
traduction française révisée et
adaptée par MM. Thomas de GALIANA
et Michel ROUZE.

Un fort volume, relié pleine toile au format 17,5 x 22,2 sous jaquette richement illustrée, 574 pages 14 hors-texte, 140 dessins, 157 photos, 14 tableaux et graphiques 47,00 F

Plus de deux milles articles rédigés par d'éminents spécialistes soviétiques de l'astronautique apportent à tous les passionnés de la grande aventure spatiale, une source d'information sans rivale, indispensable, sur toutes les techniques de l'espace. Trois annexes, fort utiles, donnent la liste complète des astronautes américains et soviétiques, des objets spatiaux, lancés jusqu'au 30 juin 1970. Le livre comporte une bibliographie considérable. De plus, innovation très intéressante, il possède un index de tous les termes définis avec la concordance en anglais et en russe.

Diffuseur :
ODÉON DIFFUSION
24, rue Racine, Paris (6^e)



ETENDARD IV M
sur le pont d'envol
du porte-avions
CLEMENCEAU

LA MARINE NATIONALE vous offre la possibilité d'être MARIN ET AVIATEUR

dans l'Aéronautique Navale :
Pilote, Navigateur, Electronicien,
Mécanicien, Photographe, ...

Solde élevée - Promotion rapide

Pour tous renseignements :

S.E.M. 29/B - 15, rue de Laborde - PARIS (8^e)

OFFRE UNIQUE



EDITIONS
**TIME
LIFE**

magnifique ouvrage illustré et relié

LE GUIDE DES SCIENCES

est à vous pour **12 F** seulement

• 114 pages de référence • des centaines de photos et d'illustrations surprenantes (la plupart en couleurs), des microphotographies • une reliure cartonnée illustrée - format réel : 21,5 x 28 cm • les rédacteurs les plus compétents aidés par les savants les plus célèbres.

Les textes les plus passionnants vous feront découvrir :
• Physique : l'étude de la matière qui compose l'univers • Chimie : les réactions et les combinaisons de la matière • Microbiologie : les plus petits organismes vivants • Anatomie : des schémas de la vie • Activités mentales et corps humain : Facteurs de la guérison • Technologie : architecte d'un monde nouveau • Géologie : les forces qui donnent sa forme à la terre • Astronomie : une vue de l'univers.

Le stock étant limité, réservez votre livre aujourd'hui-même

BULLETIN DE COMMANDE

à renvoyer, très rapidement aux EDITIONS
TIME-LIFE - B.P. 83-08 - PARIS 8^e

OUI, je désire recevoir LE GUIDE DES SCIENCES des EDITIONS TIME-LIFE au prix exceptionnel de seulement 12 F que je règle maintenant par ☐ chèque bancaire ☐ chèque postal.

NOM _____
Adresse _____
Ville _____ N° dépt. _____

SAISISSEZ VOTRE CHANCE D'ACQUÉRIR OU D'AMÉLIORER UNE

Situation assurée

dans l'une
de ces

QUELLE QUE SOIT
VOTRE INSTRUCTION
préparez un

DIPLÔME D'ÉTAT
C.A.P.-B.P.-B.T.N.-B.T.S.
INGÉNIEUR

avec l'aide du
PLUS IMPORTANT
CENTRE EUROPÉEN DE
FORMATION TECHNIQUE
disposant d'une méthode révo-
lutionnaire brevetée et des La-
boratoires ultra-modernes pour
son enseignement renommé.

branches techniques d'avenir

lucratives et sans chômage :

ÉLECTRONIQUE - ÉLECTRICITÉ - INFOR-
MATIQUE - PROGRAMMEUR - RADIO - TÉ-
LÉVISION - CHIMIE - MÉCANIQUE - AUTO-
MATION - AUTOMOBILE - AVIATION
ÉNERGIE NUCLEAIRE - FROID - BETON
ARME - TRAVAUX PUBLICS - CONSTRU-
CTIONS METALLIQUES - TELEVISION COULEUR

par correspondance et cours pratiques



Vue partielle de nos laboratoires

Stages pratiques gratuits dans les Laboratoires de l'Etablissement. Stages pratiques sur ordinateur - Possibilités d'allocations et de subventions par certains organismes familiaux ou professionnels - Toutes références d'Entreprises Nationales et Privées Différents cours programmés. Cours de Promotion - Réf. n° ET 5 4491 et cours pratiques IV/ET. 2/n° 5204. Ecole Technique agréée Ministère Education Nationale.

ECOLE TECHNIQUE

MOYENNE ET SUPÉRIEURE DE PARIS

94, rue de Charenton
CHARENTON - PARIS (94)

Pour nos élèves Belges :
BRUXELLES : 12, av. Huart-Hamoir
CHARLEROI : 64, bd Joseph II

(BON A DÉCOUPER OU A RECOPIER)

Je désire recevoir sans
engagement et à titre
votre brochure ETMS N° A 11

GRATUIT

Nom Prénom

Adresse :

Le présent numéro hors série est un peu différent de ceux que, tous les deux ans, *Science et Vie* a consacrés à l'aviation. Outre les progrès techniques marqués par l'apparition des nouveaux types d'appareils, un autre facteur apparaît dans l'évolution des voyages aériens: ils perdent peu à peu le caractère d'un luxe réservé à un petit nombre, pour devenir un moyen de transport de masse. Une semblable démocratisation a marqué, en un demi-siècle, l'essor de l'automobile; au début véhicule coûteux dont la possession impliquait un niveau social élevé, son emploi s'est répandu dans les milieux les plus modestes. Parallèle-

qu'apparaisse déjà l'histoire de l'aviation civile, il est possible qu'elle ne fasse vraiment que commencer. C'est dans cette perspective que nous avons réservé une bonne partie de ce numéro à l'aviation privée.

Le parc français d'avions de tourisme et d'affaires arrive, on s'en doute, loin derrière celui des Etats-Unis; il reste pourtant le deuxième du monde. C'est ce que nous rappelle Claudine Sobol, dans son étude sur la construction des avions légers en France. Ce rang plus qu'honorable est en partie l'héritage de la place prise par notre industrie à l'âge héroïque de l'aviation. Mais

Libres sont les routes

ment à l'essor de la voiture individuelle, on a vu les transports automobiles en commun déborder le cadre urbain pour concurrencer victorieusement le chemin de fer.

Le transport aérien n'en est pas là. Mais il n'est pas difficile de voir que les lignes de son devenir sont un peu les mêmes. Développement de l'aviation d'affaires et de tourisme, extension prodigieuse du transport à la demande, en partie liée à ce qu'on appelle la civilisation des loisirs; projets d'airbus, homologues aériens des cars routiers... Sur une terre surpeuplée où chaque kilomètre de route, à travers des régions urbanisées, exige un investissement massif, le recours à la troisième dimension de l'espace, pour les déplacements à moyenne et longue distance, s'impose comme la solution évidente. Si glorieuse

il ne suffit pas de construire d'excellents appareils. Il faut adapter la production aux tendances du marché et, face à la concurrence des industriels d'outre-Atlantique, solidement implantés en Europe, disposer de réseaux de vente efficaces. Pour l'avenir, une ouverture en dehors de l'hexagone s'impose. L'industrie française passera-t-elle des accords avec les géants américains, ou bien s'intégrera-t-elle dans un bloc européen?

Plus encore que l'accroissement continu du parc, celui des heures de vol, en activités d'aéroclubs comme en voyages aériens, est significatif des progrès de l'aviation privée. Il augmente en effet, beaucoup plus vite que le volume du parc. Jean Eyquem apporte à cet égard des chiffres éloquents dans un article qui met aussi en lumière les avan-

tages — l'utile et l'agréable — de l'aviation de voyage.

En dépit du prix des appareils et du coût de l'heure de vol (voler restera toujours beaucoup plus cher que rouler) le nombre des pilotes privés croît, lui aussi, de façon impressionnante, et l'on remarque qu'ils se recrutent dans les milieux sociaux les plus divers. Comment sont-ils formés ? Serge Caudron s'est chargé d'expliquer comment on peut acquérir l'un des brevets qui, en France, forment la hiérarchie des pilotes privés, et ce qu'il en coûte. L'essor des transports aériens se manifeste aussi en France, dans la période actuelle, par le développement des

de l'air

lignes intérieures — Air Inter et compagnies dites de troisième niveau — et des différentes formules de transport à la demande, dont les charters. Sur le plan européen, le futur Airbus, en réduisant sensiblement le prix du kilomètre-avion, traduira clairement l'évolution de l'aviation commerciale vers le transport de masse sur courte et moyenne distance. On trouvera des précisions sur l'état actuel du programme Airbus dans l'article de Roland de Narbonne, qui passe en revue l'ensemble des programmes civils en cours ou en projet, et analyse les difficultés économiques auxquelles se heurtent constructeurs et transporteurs.

Pour ne pas connaître encore l'embouteillage des routes terrestres, l'espace aérien n'en doit pas moins affronter le problème de l'encom-

brement, devenu déjà aigu au-dessus de quelques grands aéroports. La saturation des voies terrestres retentit d'ailleurs sur l'exploitation des voies aériennes, en raison des difficultés de la liaison ville-aéroport. La mise au point d'appareils à décollage court, voire vertical ou quasi vertical, demeure donc à l'ordre du jour de l'aviation commerciale.

On trouvera encore au sommaire de ce numéro, entre autres textes portant sur les aspects les plus divers du développement de l'aviation : une étude de Pierre-André Molène, ancien instructeur à Air France, sur les techniques modernes de navigation ; une autre de Jacques Gambu, sur l'emploi de l'avion et de l'hélicoptère au service de la science et de l'industrie ; de Roger Bellone, sur la concurrence de l'avion et du satellite dans l'examen des ressources terrestres, etc.

Enfin, R. de Narbonne fait le point sur *Concorde* et J.R. Germain réduit objectivement à ses justes proportions le fameux problème des nuisances aéronautiques. Le dernier vote du Sénat américain, refusant une seconde fois, et sans doute définitivement, les crédits nécessaires à la construction du SST, a créé une situation si mouvante qu'il est difficile de dire où en sera exactement la bataille du supersonique civil au moment où on lira ces lignes. Notre position, sur ce point, est claire : on n'arrête pas le progrès. Le voyage annoncé du Président de la République à Toulouse, à bord de *Concorde*, montre que la France, en tout cas, n'entend pas renoncer à la voie où elle s'est brillamment engagée.

M. R.

LES COMPAGNIES MALADES DE LA TECHNIQUE

Le réacteur babord de ce banc d'essais BAC VC-10 est cause d'un des plus grands drames industriels de notre époque: le fiasco technique et financier de Rolls-Royce. Le programme RB-211 risque d'entraîner la chute, non seulement de son promoteur, mais aussi de Lockheed.

A l'automne 1958, le Boeing 707 — premier jet de lignes commerciales — entrait en service sur les lignes de la Panam. Un an plus tard, c'était le tour du Douglas DC-8. Ces merveilleux engins, dont l'entrée en service n'était d'ailleurs pas exempte de tracasseries techniques diverses, ne suffirent pas à attirer une clientèle suffisante pour créer un miracle économique. Tant et si bien que, pendant deux ans, l'industrie du transport aérien allait se trouver dans une situation financière difficile.

Quelques années d'exploitation bénéficiaire ne sont pas parvenues à créer des réserves suffisantes pour que, dans une situation économique chancelante à l'échelle mondiale, les compagnies puissent affronter impunément de nouveaux programmes d'investissements.

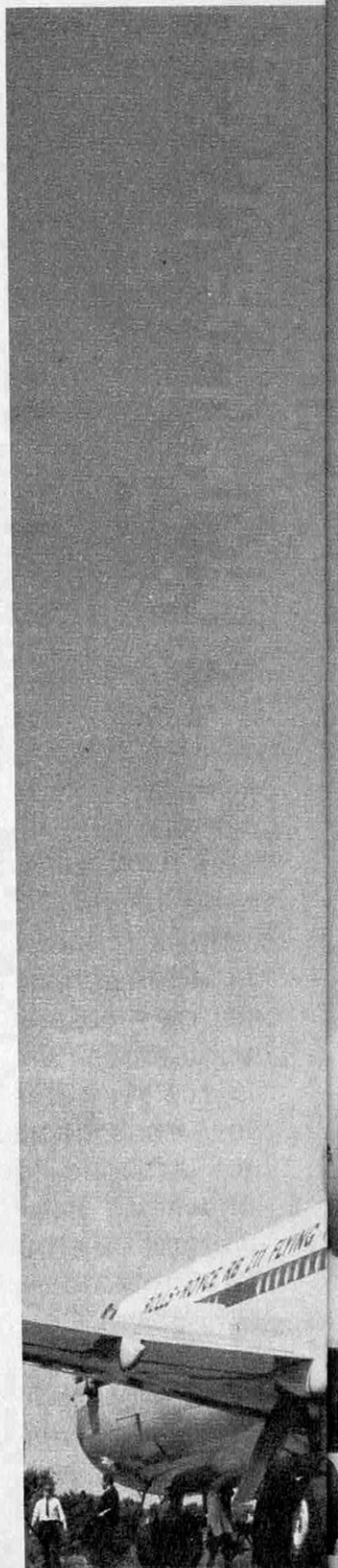
Enfermés dans une faible marge de manœuvre, entre leurs désirs de progrès technique et le besoin d'élargir leur clientèle, les transporteurs se trouvent à nouveau dans une situation financière plus que précaire. La situation est d'autant plus délicate que, au-delà du Boeing 747 déjà en service, de nouvelles générations d'appareils sont offertes, sans même parler des supersoniques...

Les constructeurs sont en grande partie responsables de cette situation, mais les transporteurs se prêtent un peu trop facilement à un jeu dangereux. Si, pour équilibrer les plans de charge de leurs ateliers, les premiers sont amenés à proposer périodiquement des modèles nouveaux, leurs clients, pressés d'être livrés, exigent, en début de série, des cadences de sortie très élevées. Au bout de deux ou trois ans, les cadences de production se trouvent forcément abaissées, et le constructeur songe, tout naturellement, à employer le potentiel ainsi libéré à la production de la génération suivante...

Plus encore peut-être que leur clientèle, les transporteurs aiment le progrès. Sensibles à tous les arguments, ils le sont avant tout à la promesse de gains financiers substantiels. Mais l'expérience prouve que ces promesses sont très souvent fallacieuses.

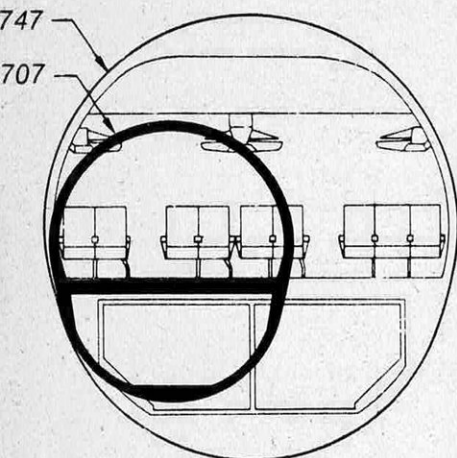
DES PROMESSES PAS TOUJOURS TENUES

Alors que les statistiques indiquent une croissance spectaculaire du trafic aérien mondial,



Encore une fois, le transport aérien se trouve menacé. Lancés dans une course effrénée à l'innovation technique (qui ne les met pas à l'abri de catastrophes financières), les constructeurs américains entraînent dans leur sillage les compagnies aériennes. En Europe, toutefois, des programmes raisonnables ont été lancés : Airbus, Mercure, VFW-Fokker 614...

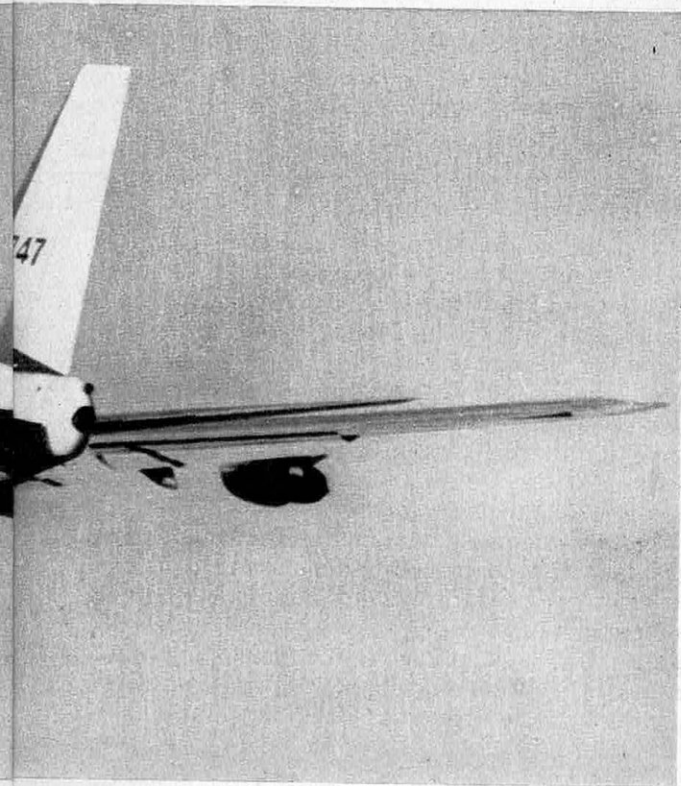




Le Boeing 747, premier transport à fuselage large, marque une ère nouvelle du transport aérien. Non sans souci, toutefois: difficultés de mise au point des réacteurs et surcapacité ont ouvert une très grave crise au niveau des transporteurs.

Le Lockheed « Galaxy » — le plus gros avion du monde — a aussi connu pas mal de difficultés. Il démontre ici l'énorme capacité qu'il pourrait mettre au service du transport civil. Mais ce n'est pas pour demain...





l'industrie du transport ne s'en trouve pas moins en état de surcapacité chronique. N'est-il pas, dans ces conditions, illogique de voir une compagnie dont le coefficient d'occupation moyen des avions est tombé de 55,9 à 49,5 % en cinq ans augmenter sur l'Atlantique Nord, durant la saison 1970, sa capacité de 25 % ?

Les nouveaux avions coûtent cher. Un Boeing 747, trois fois plus qu'un 707. Et, dans le même temps, la tension du marché financier a porté à quelque 10 % le taux des prêts à long terme. Le changement d'échelle des appareils a d'ailleurs entraîné des frais considérables d'équipements au sol : nouvelles installations d'entretien, aérogares géantes, etc.

Encore faut-il remarquer que les promesses des constructeurs n'ont pas toutes été tenues. Les réacteurs de technologie avancée équipant le 747 ont connu une entrée en service difficile. Départs retardés ou annulés, révision prématurée des réacteurs, incidents en vol, ont considérablement alourdi la première année d'exploitation du 747.

Le gain annoncé sur le prix de revient du siège-kilomètre est, aussi, notablement inférieur aux 30 % prévus à l'origine. Même substantiel, ce gain ne compense pas le fait que les avions volent à moitié vides. En un an, chaque 747 a transporté en moyenne 180 passagers par vol (le seuil de rentabilité se situe à 138 sièges occupés) pour 370 places disponibles. Autant dire que le niveau de trafic 1970 était idéal pour l'exploitation des 707 et DC-8 « allongés »...

On peut néanmoins demeurer raisonnablement optimiste. Le « Jumbo Jet » paraît avoir guéri ses maladies de jeunesse et l'on espère atteindre cette année un taux de régularité de 97 %. Au terme de la première année d'exploitation, les 100 appareils livrés ont totalisé 144 000 heures de vol et transporté environ 7 millions de passagers.

Dès la fin de 1970, Boeing annonçait que la cadence de production de la chaîne d'Everett — la super usine construite spécialement — serait ramenée de 7 à 5 unités par mois. Dans l'état des commandes, cela donne à Boeing un plan de charges d'environ deux ans. On ne parle plus, en revanche, de versions allongées offrant 494 et 575 places sur l'Atlantique. De son côté, Lockheed-Georgia conserve pour des jours meilleurs son projet de C-5 A civil pour 750 passagers ou 136 tonnes de fret.

Le fret aérien jouera certes un rôle important dans les prochaines années. Pour 1985, on estime que les deux activités, passagers et fret, seront pratiquement équivalentes. C'est pourquoi tous les nouveaux projets d'avions de lignes prévoient des soutes de bonnes dimensions. L'objectif est de mieux rentabiliser

Premier vol, le 29 août 1970, du McDonnell-Douglas DC-10, attendu par plus de 15 compagnies. Il fut le premier d'une nouvelle génération — sans doute un peu précoce — de moyen-courriers à grande capacité.

l'avion en utilisant avec du fret la charge payante laissée disponible par des passagers en faible nombre.

Le fret aérien s'accommode pourtant encore fort bien d'avions de lignes déclassés ou de dérivés de la génération précédente, tel le DC-8F. Quelques années encore seront nécessaires avant que se justifient des versions civiles du Lockheed Galaxy, ou un 747 « tout fret ».

LA BATAILLE DES TRIREACTEURS

L'apparition de réacteurs de grande puissance, économiques à l'emploi et peu bruyants, ne pouvait manquer d'intéresser les constructeurs. Mais il eût été peu « réaliste » de vouloir concurrencer Boeing dans la gamme des long-courriers. En revanche, aussi puissante soit-elle, cette société ne pouvait à la fois poursuivre la fabrication de ses 707, 727 et 737, lancer le stade industriel du 747, préparer le SST 2707 et s'intéresser de surcroît à la gamme intermédiaire des moyen et court-courriers.

Douglas a sauté sur l'occasion avec son projet DC-10. Quant à Lockheed, c'était pour lui matière à reprendre pied sur le marché civil, abandonné depuis le semi-échec de l'« Electra ». Ainsi, en Californie, à quelques kilomètres de distance, fut entreprise la construction de deux avions nouveaux à peu près identiques. Si on note que chacun des deux concurrents a sous-traité environ 50 % de sa charge de travail en ce qui concerne la structure, on ne peut manquer de s'étonner de cette concurrence stérile. Il eût été si simple de voir une collaboration s'établir entre les deux rivaux californiens, sur un projet dont l'ampleur garantirait à chacun de quoi vivre. Au contraire, ils ont choisi de se battre sur les mêmes marchés, avec des arguments d'autant plus faibles que les deux appareils sont vraiment très proches. Sans doute, en pareil cas, des gouvernements européens eussent imposé une entente à leurs entreprises. A vrai dire, nous ne sommes pas, en Europe, passés loin d'une situation aussi déraisonnable, avec l'étude simultanée de l'Airbus et du BAC-311....

Le point de départ des programmes Tristar et DC-10 fut, en avril 1966, la requête d'United Airlines qui envoyait à sept constructeurs américains un cahier des charges pour un moyen-courrier destiné à entrer en service au début des années 70. Dans l'espoir qu'un nombre réduit d'appareils en service sur une ligne donnée diminuerait les problèmes de congestion des aéroports et de leurs approches, un avion de grande capacité était spécifié.

Seuls, finalement, Douglas et Lockheed restèrent en lice. Leurs études menèrent à la conclusion que le tri-réacteur était la formule la mieux adaptée. Aujourd'hui, la seule différence entre les deux avions réside dans l'implantation du troisième réacteur : à l'emplanture de la dérive pour Douglas ; dans la pointe arrière du fuselage, avec manche à air coudée, pour Lockheed.

Dans leur désir de se différencier l'un de l'autre, les deux constructeurs choisirent des moteurs différents. Douglas décida de faire équipe avec General Electric, dont le CF-6 est une réduction des réacteurs du « Galaxy ». Lockheed se laissa tenter par les propositions de Rolls-Royce. Sur le plan publicitaire, il n'était pas mauvais de s'adjointre un aussi prestigieux compagnon.

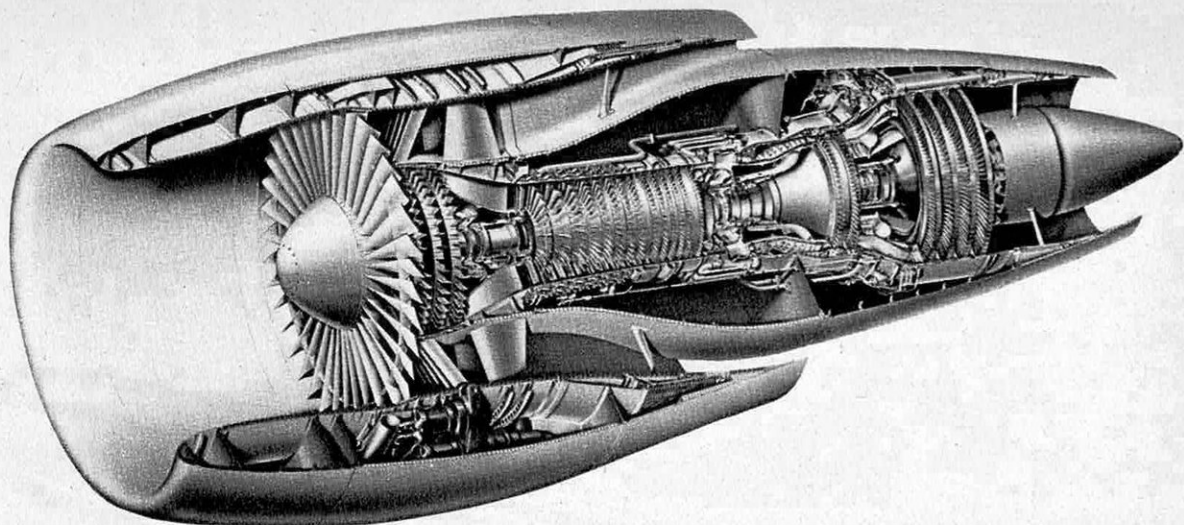
Déjà déséquilibrée par les avatars financiers survenus au cours du développement de l'hélicoptère de combat AH-56 et du colossal C-5A, Lockheed Aircraft Corporation va peut-être périr d'un excès de confiance dans les promesses de son motoriste.

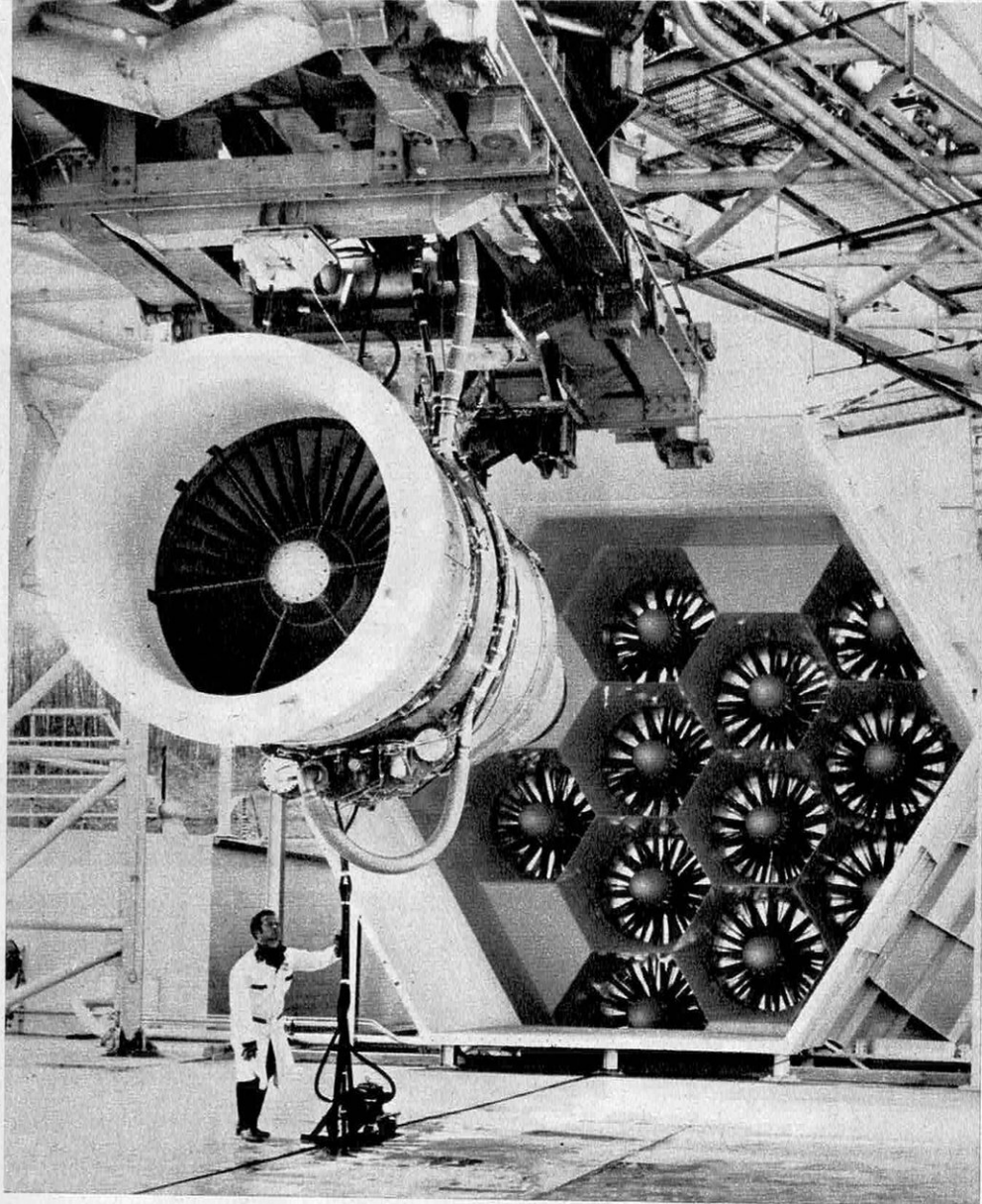
UN REACTEUR EN OR MASSIF ?

Outre une construction modulaire extrêmement astucieuse, pouvant faciliter l'entretien, et une consommation spécifique réduite, associée à un niveau de bruit très bas, le RB-211 séduisait par son poids installé très inférieur à celui des groupes comparables. Cent trente kilos gagnés par moteur grâce à un matériau-miracle utilisé pour certaines des parties tournantes non soumises à échauffement. Hélas, la fibre de carbone ne devait pas tenir ses promesses.

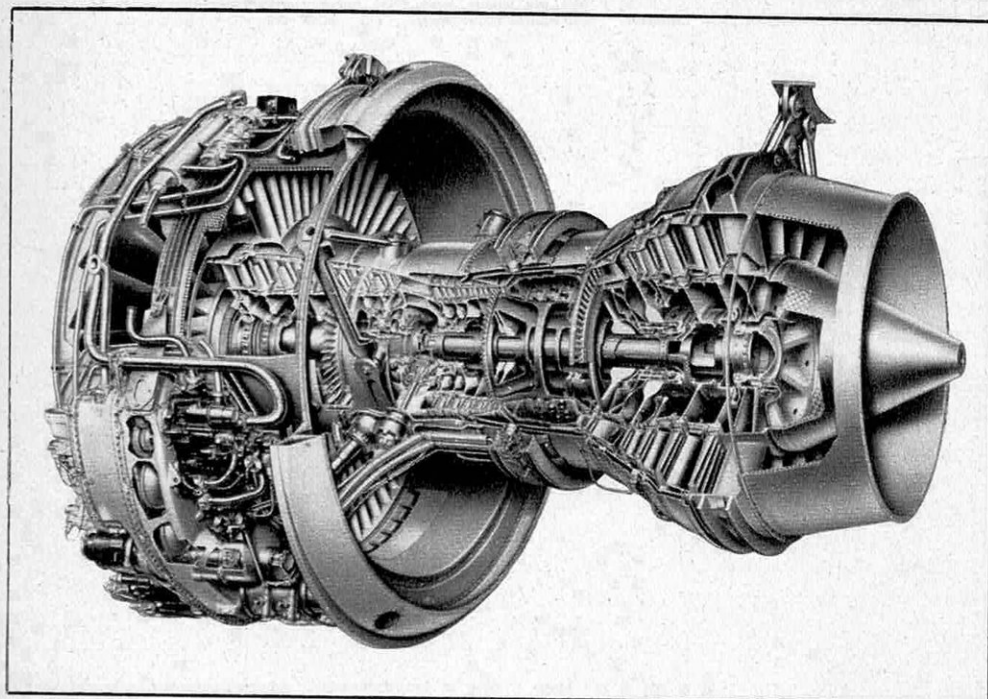
Ressemblant comme un frère à son concurrent DC-10, le Lockheed « Tristar » ne survivra peut-être pas, malgré ses qualités propres, à la faillite de Rolls-Royce, causée par le développement du RB-211.







Ces deux pages regroupent les deux concurrents en lice actuellement pour la propulsion des « trijets » américains. En haut de la page de gauche, le General Electric CF6-50, retenu par McDonnell-Douglas, dérive directement du réacteur mis au point — aux frais de l'US Air Force — pour la propulsion du « Galaxy ». Ci-contre, à gauche, le CF6-50, lors d'essais au sol par vent arrière. De formule très différente, inédite, avec ses trois arbres coaxiaux, le Rolls-Royce RB-211, ci-contre en bas, a pâti de l'excès d'optimisme de ses constructeurs. Les ingénieurs de Rolls avaient sous-estimé à la fois le prix de revient et les difficultés techniques. La photo en page de gauche, en bas, est symbolique à cet égard : au premier plan, la soufflante en alliage de titane qui dut, tardivement, remplacer la soufflante en plastique — fibres de carbone (Hyfil). Ce matériau « révolutionnaire » aura coûté cher à l'industrie britannique. L'échec de Rolls relève surtout de l'absence d'un programme militaire de même philosophie, avantage dont McDonnell-Douglas a largement bénéficié.



L'Airbus représente l'une des plus ambitieuses tentatives de l'Europe pour endiguer l'hégémonie américaine en matière d'appareils de transport. Le prototype est en cours de développement par un groupe de constructeurs européens. L'Aéro-

Force fut de revenir à des matériaux plus classiques.

Sur le plan financier, Rolls-Royce avait mal calculé son affaire, se trompant lourdement sur les prix de mise au point et de production. Quelle que soit, après la récente débâcle financière de Rolls-Royce, la solution finale, Lockheed perdra sur tous les tableaux. Si le RB-211 est conservé, le programme sera de toute façon en retard et coûtera beaucoup plus cher. Les conditions définitives d'un sauvetage du RB-211 n'étaient pas connues au moment de notre mise sous presse. Un accord de principe est intervenu le 30 mars entre Lockheed et le gouvernement britannique. Le prix final du RB-211 serait augmenté de près de 40 %. Bien que certaines aient déclaré le contraire, on peut penser que les compagnies, compte tenu de leur situation financière, s'accommoderont fort bien d'un répit de quelques mois. Mais elles digéreront sans doute assez mal l'augmentation de prix...

Le développement du « Tristar » vers des versions agrandies et de poids au décollage accru nécessite d'ailleurs des réacteurs plus puissants, dont le développement chez Rolls-Royce semble encore problématique.

Cinquante des quelque 200 « Tristar » commandés ou en option l'avaient été par le consortium britannique Air Holding, dont une partie du capital est détenue par... Rolls-Royce, et qui n'a jusqu'ici revendu que 11 machines. C'est une raison de plus d'être pessimiste. Dans le même temps, le DC-10 poursuit ses essais en vol dans la plus grande sérénité. La signature de nombreuses commandes et options au cours des derniers mois, portant le total à 250 appareils, est aussi un indice favorable. D'autant que de nombreux exemplaires commandés sont en version long-courrier.

Dès le début de ses prospections, McDonnell-Douglas a pu en effet offrir deux ou trois versions du DC-10. Le *Series 10*, équipé de General Electric CF6-6 de 18 150 kg, est destiné aux lignes continentales de 500 à 5 800 km environ (capacité de carburant de 83 300 litres). Le *Series 20*, long-courrier, dispose des mêmes réacteurs Pratt et Whitney que le Boeing 747, mais emporte 126 000 litres de carburant. Le *Series 30*, lui aussi destiné aux réseaux long-courriers, emporte autant de carburant que le *Series 20* mais est équipé de General-Electric CF6-50A de 22 250 kg.



A la demande des Overseas National Airways, une version mixte passagers/fret est enfin prévue.

L'OPTION EUROPEENNE

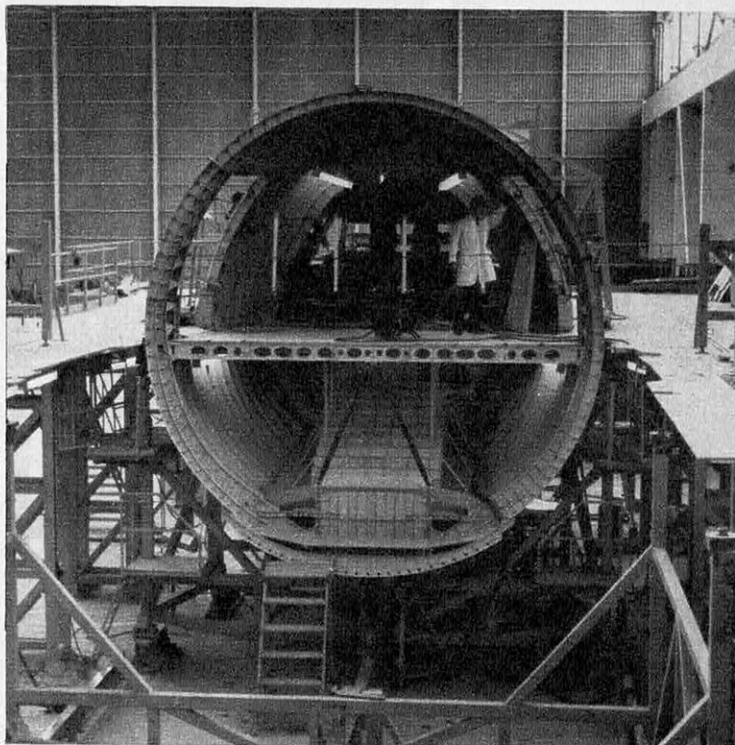
Laissant à leurs collègues américains le haut de la gamme, les Européens se sont contentés de s'intéresser à des projets plus modestes, si toutefois on peut appliquer ce qualificatif à un projet comme l'Airbus, dont la taille est celle d'un Boeing 707.

Après l'abandon du BAC-311, qui n'a pu trouver le soutien financier du gouvernement britannique, seul l'Airbus A-300B reste en lice dans la catégorie des moyen-courriers. Il revient d'ailleurs de loin. Lancé en coopération avec les Britanniques, ce projet devait être équipé de réacteurs Rolls-Royce RB-207, étudiés spécialement. On frémit rétrospectivement...

Bi-réacteur, l'« Airbus » première manière nécessitait des groupes plus puissants que les JT9 du Boeing 747 et les RB-211/ GE CF-6 des triréacteurs américains. D'où un accroissement de 30 % du budget nécessaire au développement du A-300, le projet restant d'ailleurs à la merci d'un échec du RB-207.

Arrivant à la tête de la Société Nationale Aérospatiale, le président Ziegler prit la décision de promouvoir un A-300B, réduction homothétique du projet initial, qui pouvait se satisfaire des réacteurs des « trijets » de Douglas et Lockheed. Allant plus loin dans son raisonne-

spatiale française est, par exemple, chargée de construire le nez (photo de droite) et d'assurer l'assemblage final dans ses usines de Toulouse. La cabine, spacieuse, (photo en bas de page) sera à l'image de celle des 747, « Tristar » et DC-10.



Dernière version de série du célèbre moyen-courrier français, la Caravelle 12 a un fuselage allongé. On ne peut que regretter la sortie vraiment trop tardive de cette version qui aurait pu être un succès.

ment, Ziegler décida même que seraient adoptées les nacelles déjà conçues pour les triréacteurs.

Depuis, le gouvernement britannique a décidé de ne pas participer financièrement au projet « Airbus ». Les promoteurs ont toutefois conservé la coopération, à titre privé, de Hawker-Siddeley qui contribue à l'étude et à la fabrication de la voilure.

A la fin de 1970, le gouvernement néerlandais décidait de se joindre aux deux partenaires continentaux et de prendre à sa charge un peu moins de 7 % des frais de développement de l'« Airbus ».

La première marque d'intérêt réel pour le projet a été, au début de septembre 1970, le fait d'Air-France. La compagnie annonçait une intention de commande de six avions, avec option sur 10 autres.

OU EN SONT LE MERCURE ET L'AIRBUS ?

A l'heure actuelle, le prototype Airbus est en construction en France, en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas. Les éléments seront livrés à Toulouse, au fur et à mesure de leur finition, par un cargo géant « Super Guppy » acheté spécialement aux USA. Le prototype, comme les appareils de série, sera en effet assemblé dans l'usine de Toulouse de l'Aérospatiale, maître d'œuvre du projet.

Le programme prévoit que la structure du premier avion sera achevée au début 1972 et que le premier vol pourrait avoir lieu à l'automne. Trois autres appareils seront intégrés au programme de mise au point et de certification, à raison d'un tous les trimestres. Au printemps 1974, à temps pour la saison d'été, devrait être livré à Air France le n° 5 de série. Vers la fin de 1974, la cadence atteindrait quatre avions par mois.

La société internationale Airbus Industrie, créée pour gérer le programme industriel et promouvoir les ventes, escompte la livraison de 100 avions à la fin de 1977 et estime à 1 100 appareils le marché mondial en 1980

pour des avions de cette catégorie. Sur ce total, 400 unités porteraient les couleurs de compagnies européennes régulières ou d'affrètement.

Premier biréacteur à grande capacité du monde, l'« Airbus » a été étudié spécialement pour une économie optimale sur les lignes moyennes et courtes à grand trafic. Comparé aux appareils de plus gros tonnage et de distance franchissable supérieure, il apportera, à prix de revient équivalent du siège-km, un gain de 20 à 40 % sur le prix du km-avion.

Trois versions du A-300B sont d'ores et déjà proposées. La version « de base », B-1, correspond aux besoins courants des compagnies ayant un réseau moyen-courrier : elle pèsera 132 tonnes au décollage et emportera 260 passagers sur des distances de l'ordre de 2 000 à 2 200 km. La version B-3, pour étapes longues, aura la même capacité, mais pourra décoller à 146 tonnes grâce à sa voilure et à son atterrisseur renforcés. Capable de franchir 4 000 km à pleine charge, elle devrait intéresser les compagnies « charter » de l'Europe septentrionale. Une version B-7 à fuselage allongé est maintenant envisagée pour 300 passagers qu'elle transporterait sur 2 200 km.

On a aussi pensé à une version fret, mais elle ne paraît pas être d'actualité immédiate. Le A-300B dispose déjà de vastes soutes pour l'import de fret jusqu'à la moitié de sa charge payante (33 tonnes).

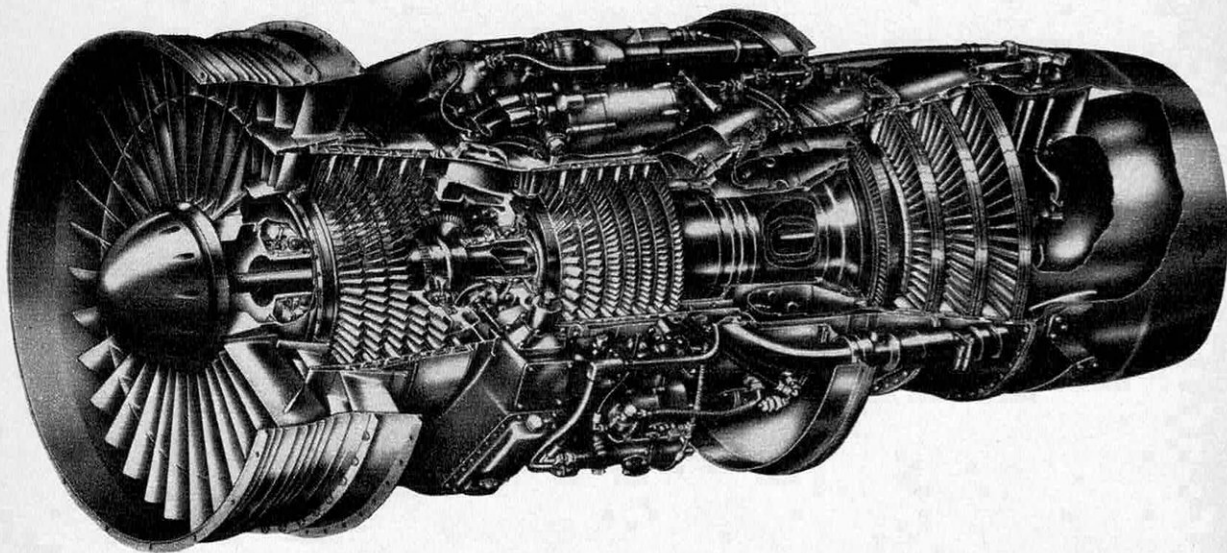
Dans sa version de base, nous l'avons dit, l'« Airbus » sera proposé avec un dérivé direct du réacteur du DC-10 continental. Ce CF6-50 sera, avec plus de 22 tonnes de poussée, le plus puissant réacteur civil en service. Il sera monté et essayé en France par la SNECMA qui produira environ 22 % de la valeur du moteur, 10 % venant de la MTU allemande. A l'heure actuelle, plus de 7 000 personnes travaillent en Europe au programme Airbus et 35 % environ des 2 milliards de francs du programme de développement sont effectivement dépensés.

Décidée à percer sur les marchés civils au-delà des avions d'affaires à réaction qui, déjà,

Avec le Mercure, dont le prototype aura volé au moment où ce numéro paraîtra, Dassault prétend offrir le premier court-courrier authentique, étudié spécialement pour des réseaux en pleine expansion.



Il semblait difficile d'innover en matière de position des réacteurs: le VFW 614 y parvient pourtant. Ses deux Rolls-Royce/SNECMA M-45 H (dessin ci-dessous) sont logés dans des nacelles au-dessus de l'aile.



lui ont valu une bonne réputation, la société des Avions Marcel Dassault a choisi le créneau du court-courrier. Cette catégorie d'appareils avait jusqu'ici été négligée par les constructeurs, ce trafic étant jugé secondaire. En pratique, le réseau correspondant était exploité soit avec des moyen-courriers, soit avec des appareils déclassés.

Les études de marché ont montré que la majeure partie du trafic aérien mondial se situait au-dessous de 2 000 kilomètres et que la tranche inférieure, entre 500 et 1 500 km, représentait à elle seule un marché de plus de 1 000 appareils.

Difficulté importante pour Dassault, tous les projets actuels sont basés sur des réacteurs de technologie avancée qui apportent un progrès déterminant. Il n'en n'existe pas dans la gamme de poussée dont la firme française a besoin pour un avion de 130/150 places. Il a donc fallu se contenter des réacteurs existants et le Pratt et Whitney JT8-D a été retenu. Ce réacteur bien connu, qui équipe déjà la plus grande partie des moyen et court-courriers (Caravelle 12 et Super, Boeing 727 et 737) n'offre aucune solution miracle quant aux performances à la consommation, au niveau de bruit.

Et pourtant, pour gagner des points sur le prix de revient du km-passager, il fallait, malgré la brièveté des étapes, un avion rapide, léger (afin d'obtenir la charge marchande maximale), silencieux (pour n'être pas pénalisé au décollage par les procédures anti-bruit) et offrant une cabine très vaste, d'un entretien rapide et aisé.

Loger jusqu'à 155 passagers en aménagement « économique » impliquait un fuselage de large section. Sur le « Mercure », elle atteint 3,90 m, à comparer au 3,20 m d'un avion de la génération précédente comme Caravelle.

Pour gagner en finesse aérodynamique dans toutes les zones délicates (emplanture de voilure, nacelles), les moyens de recherche les plus évolués ont été mis en œuvre. Pour gagner du poids, des procédés de fabrication très modernes ont été retenus (fraisage chimique et structure intégrale, notamment).

Le résultat est spectaculaire : à vide, le Mercure pèse environ 4 tonnes de moins que Caravelle 12. Ce faible poids permet une charge payante supérieure à 15 tonnes, pour une masse totale au décollage de 54 tonnes.

Des essais nombreux ont permis d'amener le niveau de bruit aux nouvelles normes de la FAA (Federal Aviation Agency) : traitement acoustique des nacelles par revêtement intérieur, tuyère offrant un combiné silencieux/déviateur, etc.

Sous la responsabilité technique et financière du maître d'œuvre, Mercure fait l'objet d'un programme industriel international. Des industriels intéressés par le programme ont accepté, parfois après négociation avec leur propre gouvernement, d'en partager les risques financiers. La CASA espagnole, la FIAT italienne, la SABCA belge, la société suisse EMMEN, se sont associées au projet dès le stade du prototype.

Dans le cadre de ce programme de grande envergure, Dassault construit de nouvelles usi-



nes à Martignas, Seclin, Poitiers, Argonnex et Istres. Les premières livraisons à Air Inter se feront en 1973.

Nous avons mentionné plus haut la Caravelle 12. Elle mérite que nous y revenions brièvement. Il s'agit d'une Super Caravelle dont le fuselage est allongé de 3,21 m. Cela lui permet d'emporter 128 passagers en aménagement « touriste ». Grâce à un renforcement de l'atterrisseur, le poids total au décollage a pu être porté à 58 tonnes. Une série de 11 appareils est commandée par Sterling Airways, compagnie charter danoise. Air Inter, pour sa part, utilisera sans doute, à partir du printemps 1973, cinq appareils en location.

AVIONS D'APPORT : AUSSI DU NOUVEAU

Aux USA, en Tchécoslovaquie, en Israël, en Grande-Bretagne, en Australie, au Canada, en Espagne, en Amérique du Sud, de nombreux projets d'avions de transport de petit tonnage voient le jour. Parler de tous nous entraînerait trop loin. Un ou deux projets méritent cependant que l'on s'y arrête.

C'est le cas du VFW-Fokker 614, petit transport pour 36 à 44 passagers, qui se caractérise par des réacteurs logés dans des nacelles au-dessus de la voilure. Autre intérêt, ces réacteurs sont des Rolls-Royce/SNECMA M45H à soufflante, de 3 500 kg de poussée.

D'ores et déjà, la production de série est lan-

cée pour satisfaire les premières commandes, une vingtaine environ. Le VFW-614 viendra compléter la gamme Fokker actuellement composée de l'extraordinaire F-27 « Friendship » dont la production atteint près de 600 unités, et du F-28 à réaction, pour 55/65 passagers. Le carnet de commandes de ce dernier n'est que de 45 exemplaires, mais Fokker nous a habitué à des percées lentes et tenaces.

Autre nouveauté originale, le Dassault Falcon 20T qui sera présenté au Bourget en maquette. Il s'agit d'un dérivé direct du Falcon 20 (280 exemplaires vendus), la différence principale portant sur le fuselage, plus long de 1,15 m et dont le diamètre est porté à 2,40 m. Dans sa cabine, assez peu différente de celle d'un avion de ligne, pourront s'installer confortablement 24 passagers et une hôtesse.

Le 20T sera adapté au transport sur des distances de l'ordre de 1 300 km, assez au-delà des lignes d'apport ou de troisième niveau. Les performances seront à peu près celles des Falcon classiques, soit une vitesse de croisière de 750 à 800 km/h.

La gamme des moyens du transport aérien est donc en pleine évolution. Ce n'est d'ailleurs qu'un début. On parle déjà de la génération suivante, celle du décollage court ou vertical. Avant d'en arriver là, il faudra laisser à l'industrie du transport le temps de reprendre son souffle. Faute de quoi, en tuant la poule aux œufs d'or, les constructeurs iraient au suicide.

Roland de NARBONNE

DES SUPERSONIQUES PRESQUE COMMERCIAUX

Il est devenu banal d'évoquer la similitude des formes du Tu-144 et de Concorde. Souvent, on n'hésite pas à y voir le résultat d'un habile espionnage industriel. Il est juste de rappeler que, souvent, deux équipes d'ingénieurs confrontées à un même problème technique aboutissent, ou presque, à un même résultat.

Toujours est-il que le Tupolev a, dans toutes les étapes de son développement, du premier vol au franchissement de Mach 2, précédé de quelque trois mois son homologue occidental. La similitude, d'ailleurs, n'est que superficielle. Pour reprendre la formule d'André Turcat de retour d'un voyage en URSS, le Tupolev est beaucoup moins évolué que Concorde. Cet avis est général et ne surprendra personne. En aéronautique comme en technique spatiale, les Soviétiques aiment le simple et l'efficace. Or, le souci de rentabilité est, chez eux, très atténué ; ils ne donnent qu'une importance secondaire à la capacité d'un avion ou à son économie d'exploitation. Sur le marché intérieur soviétique, la concurrence n'existe ni au stade de la conception ni à celui de l'utilisation. Les conditions de l'exploitation, enfin, sont suffisamment souples pour que la notion de régularité devienne très secondaire.

Dans un tel contexte, les contraintes d'étude sont beaucoup moins sévères qu'en Occident, où les règlements sont rigoureux, et les exigences de sécurité, d'économie et de fiabilité de la part des compagnies, draconiennes.

Un peu plus petit que « Concorde », plus léger de 25 t de poids maximal au décollage, le Tu-144 a une capacité en passagers du même ordre. Il est aménagé pour 100 à 121 passagers selon la version.

Compte tenu des distances franchissables, très comparables pour les deux machines, on peut s'étonner que le Tu-144 emporte près de 20 t de carburant de moins que « Concorde ». Première hypothèse, une différence de consommation spécifique des réacteurs « Olympus » et NK-144. Celle-ci, bien que probable, ne constitue pas une explication suffisante. On doit plutôt considérer que la réglementation concernant les réserves est beaucoup plus souple en URSS. N'oublions pas que, se posant à New York au terme d'une traversée transatlantique, Concorde aura encore dans ses réservoirs un tonnage de carburant supérieur à sa charge marchande.

Quoi qu'il en soit le Tu-144 entrera probablement en service sur la ligne Moscou-Khabarovsk avant la fin de l'année, puis sur Moscou-Calcutta et Moscou-Sydney. Il sera le premier transport supersonique du monde mis en service régulier.

UNE PROGRESSION RAPIDE

Le premier vol du Tu-144 remonte à décembre 1968. C'était là une grande première dont la portée ne doit pas être sous-estimée. Le 5 juin 1969, le « mur du son » était franchi et, le 26 mai 1970, le cap des Mach 2 dépassé. Depuis, le Tu-144 a fait mieux et atteint, en novembre dernier, 2 430 km/h (Mach 2,28) à 17 000 m d'altitude.

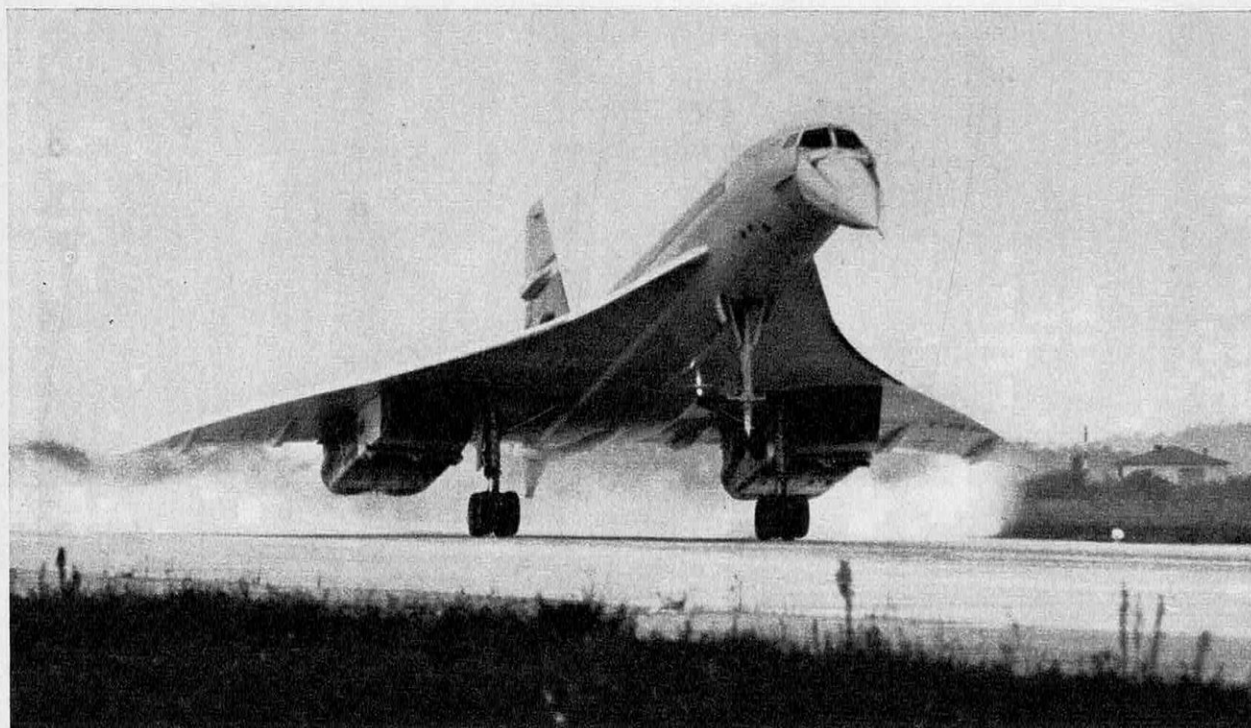
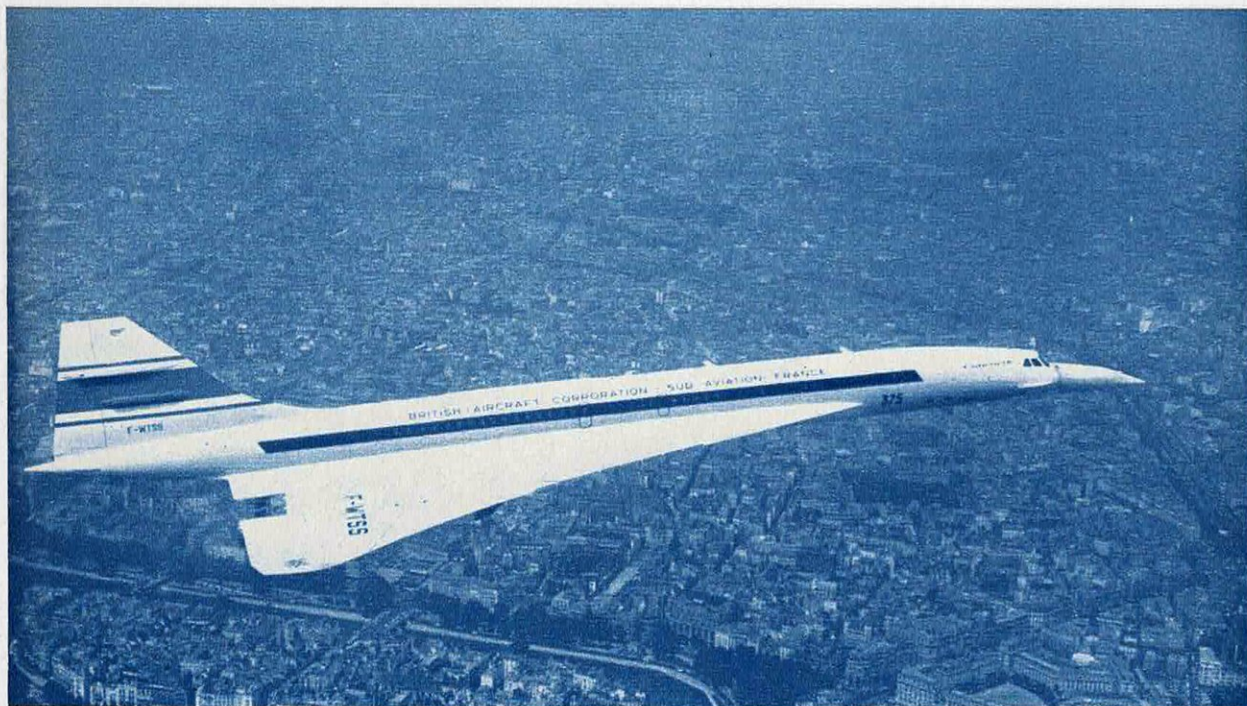
La progression a donc été plus rapide que pour Concorde, mais, encore une fois, la comparaison est sans grande valeur car on ignore tout du détail des essais effectués. On sait, par contre, quelle expérience précieuse a été

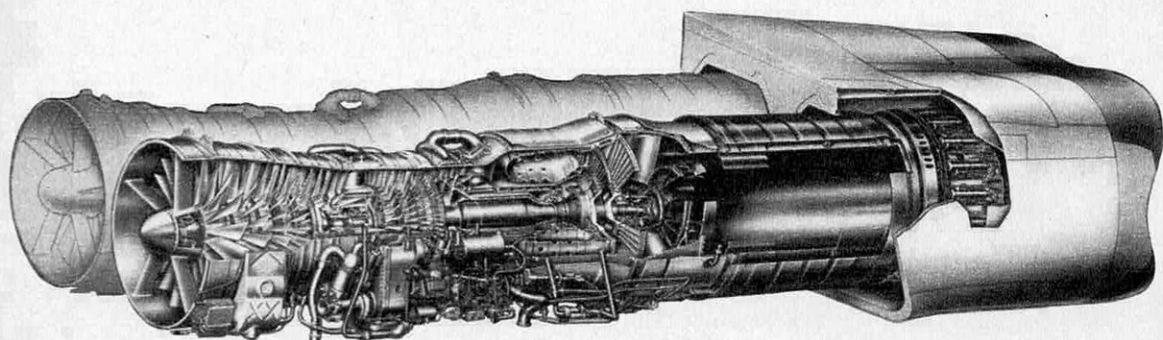
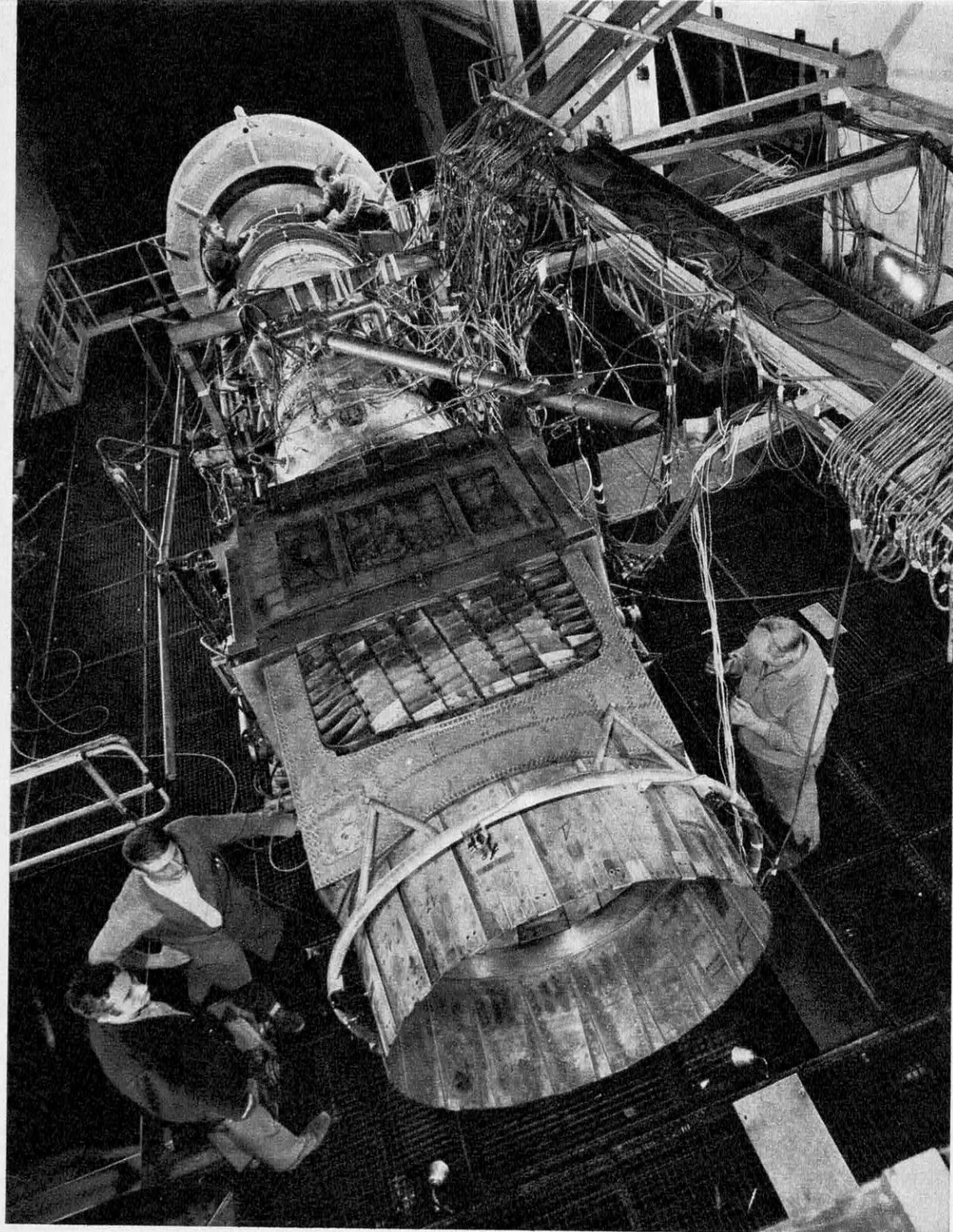
Création géniale ou pari risqué ? Concorde, en tout cas, semble désormais le seul supersonique dans l'arène occidentale.

On prête aux Soviétiques l'intention de mettre en service leur transport supersonique TU-144, sur le réseau de l'Aéroflot, avant la fin de 1971. De Toulouse et de Filton, presque chaque jour, les prototypes Concorde décollent pour des vols à Mach 2. S'il n'est pas encore tout à fait réalité quotidienne, le transport supersonique n'est plus un rêve. L'abandon à peu près certain du programme SST de Boeing n'y changera rien.

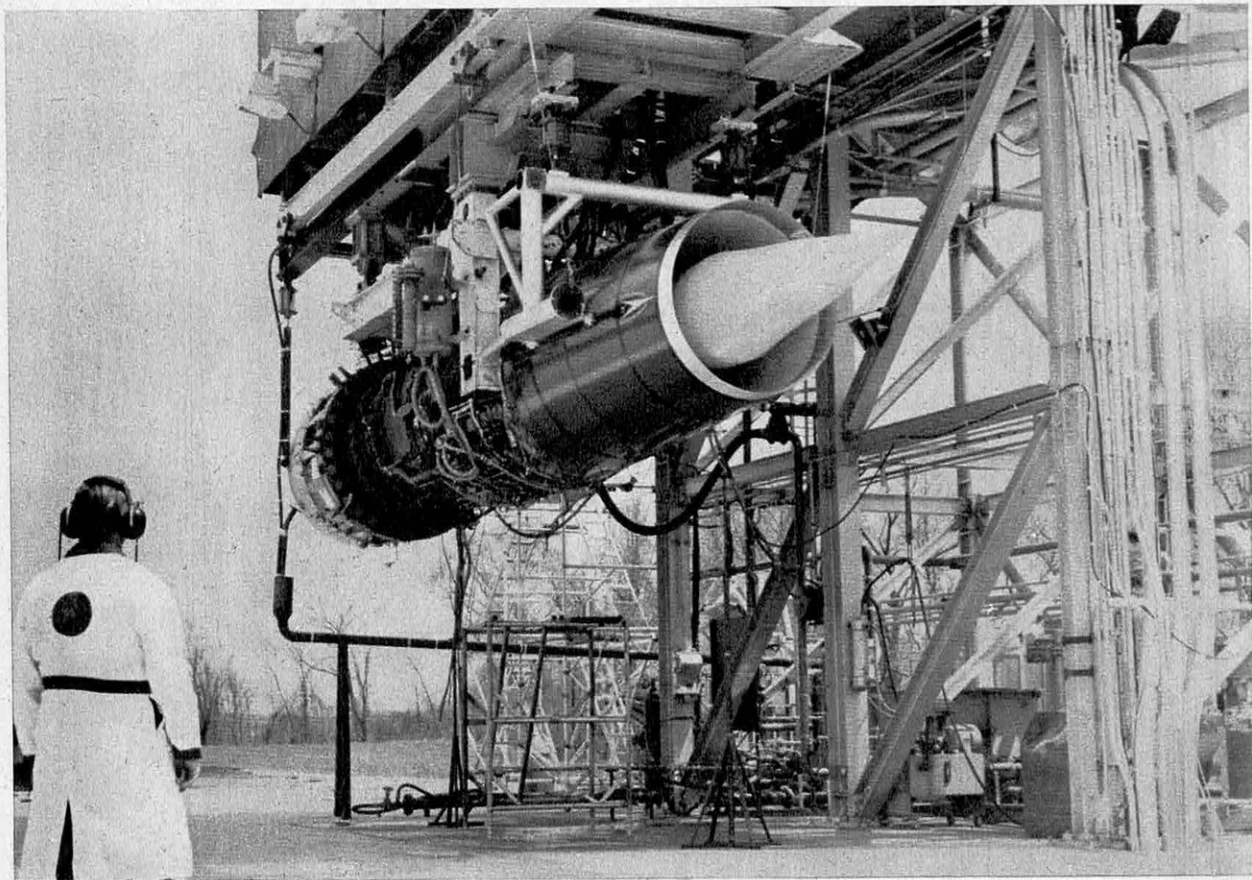


Ligne extrêmement pure en vol, oiseau de proie au sol, Concorde dépend, plus qu'aucun autre avion, de son réacteur Olympus 593 (photos en page de droite) développé par Rolls-Royce et par la SNECMA. Un minime excès de consommation de ces réacteurs et Concorde deviendrait sans intérêt pratique. La distance franchissable serait alors insuffisante pour les missions transatlantiques de base.





Attaqué dès la chrysalide par le scepticisme des hommes politiques américains, le Boeing SST (en maquette, en page de droite) ne verra sans doute jamais le jour. Sa principale tare est d'avoir été au-dessus des moyens de l'industrie. Pour la mise au point, celle-ci fut contrainte de recourir aux finances de l'Etat, fait sans précédent pour un projet civil américain. Son réacteur General Electric GE-4 (ci-dessous) ne volera sans doute jamais non plus.



acquise par la progression méthodique du supersonique franco-britannique.

Bien que construit pour sa plus grande part en « VAD 23 », alliage léger assez proche de l'« AU2GN » de Concorde, le Tupolev est donné pour quelques points de Mach de plus que son concurrent. Quelques éléments particulièrement exposés à un échauffement cinétique (bord d'attaque, gouvernes, etc.) sont, telle est l'explication, fabriqués en acier inoxydable ou en titane (de même que la partie arrière du fuselage, proche du jet des réacteurs).

On accorde généralement au Tu-144 une vitesse de pointe de 2 500 km/h (Mach 2,36 en atmosphère standard), soit une vitesse de croisière normale de Mach 2,2 à Mach 2,3.

Le premier vol du Tu-144 fut aussi celui de ses réacteurs à soufflante Kuznetsov NK-144.

Quatre de ces réacteurs sont logés côte à côte dans une nacelle ventrale de près de 23 m de long. Cette disposition doit compliquer quelque peu l'entretien des réacteurs médians... Chacun des moteurs donne environ 13 t de poussée, ou 17,5 t avec la postcombustion utilisée au décollage. Deux tuyères sont équipées de déviateurs de jet dont l'action peut être secondée par des parachutes de freinage.

L'aménagement du Tupolev-144 pourra comporter deux cabines, « luxe » et « touriste ». Les deux cabines sont séparées par des offices. L'extrême arrière du fuselage, dans la zone voisine des réacteurs, est occupé par une soute à fret essentiellement réservée aux bagages (chargés sur des palettes afin de faciliter la manutention). Aucune soute n'est prévue sous le plancher.



En aménagement homogène, le Tupolev recevra 121 passagers.

La version à deux cabines offrira 18 places « luxe » en rangées de 2 + 1 sièges et 72 « touriste » en 8 rangées de 5 sièges et 8 de 4.

Verrons-nous le Tu-144 au Bourget à côté de Concorde ? Cette confrontation était déjà attendue avec grande curiosité en 1969. Est-ce pour cette année ?

CONCORDE A L'HEURE DE VERITE

Discuté, controversé, loué, vilipendé, le programme occidental a suivi son bonhomme de chemin à travers bien des vicissitudes politiques et financières. Sur le plan technique, tout s'est déroulé pour le mieux, ce qui mérite d'être souligné, s'agissant d'un programme aussi révolutionnaire.

Après 200 vols d'essais, l'Aérospatiale et British Aircraft Corporation ont maintenant tous les éléments pour convaincre les seize compagnies détenant des options de les convertir en commandes fermes. De la célérité des réponses dépendra en grande partie l'avenir du programme.

A l'actif de Concorde, deux éléments : l'excellent comportement général des deux prototypes et, surtout, la preuve chiffrée que les promoteurs du projet n'étaient pas béatement optimistes. Les performances minimales promises aux exploitants potentiels sont non seulement tenues, mais dépassées.

Au passif de Concorde, le coût élevé de l'appareil (150 millions de francs à l'achat avec la dotation normale de rechanges) et son prix de revient en exploitation (supérieur d'environ 50 % à celui d'un long-courrier subsonique). Nous n'entrerons pas dans le détail des paramètres d'exploitation. Remarquons toutefois que la nouveauté de l'appareil et la charge marchande limitée laissent les compagnies assez perplexes. Mais, dès lors que des tarifs spéciaux lui seront appliqués, Concorde est considéré comme rentable.

Les constructeurs du supersonique occidental soutiennent, d'ailleurs, la thèse de la « complémentarité des flottes ». Le supersonique, au moins dans sa première génération, n'est pas concurrent des long-courriers traditionnels. C'est un nouveau mode de transport dont on acceptera de payer les prestations exceptionnelles, de même que l'on accepte le « supplément » sur les trains de luxe rapides.

Les transporteurs paraissent avoir adopté ce raisonnement. Au lieu d'entasser le maximum de passagers dans l'étroite cabine de Concorde, on envisage plutôt un aménagement confortable, de « luxe », correspondant au supplément tarifaire prévu.

Les premières commandes fermes sont attendues pour le Salon du Bourget. Elles viendraient probablement d'Air France et de BOAC, qui détiennent chacune huit options. Panam suivrait de peu, sa décision entraînant peut-être celles de Japan Air Lines et de Qantas.

Officiellement, les constructeurs situent à quelque 300 exemplaires le seuil de rentabilité de l'opération. On peut craindre, toutefois, que ce chiffre ne soit un peu théorique, dans la mesure où une production de cet ordre suppose différentes versions successives, chacune demandant de nouveaux investissements. L'expérience de Caravelle est là pour en témoigner. Dans l'estimation du marché il faut tenir compte de facteurs extra-aéronautiques. Par exemple, des limitations d'emploi découlant de la déflagration sonique et autres méfaits, vrais ou supposés, imputés aux transports supersoniques.

Nous traitons par ailleurs ce problème des nuisances (voir p. 32) ; il semble qu'elles seront moins graves que ne le laissaient prévoir certaines plaintes anticipées.

Cependant, si les limitations à l'exploitation prévues au-dessus du territoire des Etats-Unis se matérialisent, il est bien évident que Concorde se trouvera privé de certains débouchés. Un autre facteur important était, jusqu'à ces derniers mois, la date d'entrée en service du supersonique Boeing. Après le vote du Sénat américain en mars de cette année, Concorde semble seul dans l'arène, au moins pour le monde occidental, au cours des prochaines années.

En plus des deux prototypes et des deux avions de pré-série, six Concorde étaient, au début 1971, en construction (sans parler des cellules d'essais au sol). La tranche suivante porte sur quatre nouveaux appareils. Leur financement par les gouvernements français et britannique marque le lancement industriel réel de l'opération.

LA REPARTITION DES CHARGES

A la fin de 1970, les crédits alloués pour l'étude et le développement du supersonique atteignaient 11 milliards de francs, à partager pour moitié entre les deux partenaires.

Au plan industriel la France produit 60 % de la cellule, contre 40 % pour la Grande-Bretagne, le rapport étant inversé (67-33 %) pour les moteurs. Les charges de travail concernant les équipements sont équilibrées.

Alors que le premier des deux avions de pré-série doit voler en 1971, le second sera décalé d'un an, tandis que le premier appareil de série sortira des chaînes à la fin 1972. Les trois

premiers appareils livrés à des utilisateurs porteront les numéros 4, 5 et 6 et pourront assurer la campagne d'été 1974, en principe sous les couleurs de chacun des trois premiers clients (Air France, BOAC et Panam). A la fin de la même année, ils retourneront en usine pour être mis au standard d'exploitation, puis à la disposition des transporteurs pour la campagne 1975.

On escompte pour la fin 1974 que 20 appareils au total auront été livrés. En 1975, en principe, 30 appareils quitteront les chaînes à la cadence de trois unités par mois, ce qui portera à 50 le total des Concorde en service. Si les commandes le justifient, la cadence de production pourrait être portée à quatre avions par mois en 1976.

Les appareils de série se différencieront peu des deux prototypes mais feront néanmoins l'objet d'améliorations. Cinq points principaux sont en cause :

- allongement de la cabine (obtenu par un recul de la cloison étanche arrière) ;
- allongement de la pointe arrière ;
- allongement du train d'atterrissage, équipé de turbines de refroidissement des freins ;
- nouveau dessin du nez basculant et de sa visière, pour améliorer la visibilité en vol et diminuer le bruit dans le poste de pilotage en position « nez baissé » ;
- retouches aérodynamiques de la voilure, pour diminuer la traînée en vol supersonique et améliorer la portance aux basses vitesses.

Les réacteurs seront aussi l'objet de modifications visant à accroître la poussée sur les premiers modèles de série. Celle-ci passera de 14 890 kg (16 900 kg avec postcombustion) à 15 912 kg (17 300 kg avec postcombustion). Une nouvelle tuyère, en cours de mise au point à la SNECMA, pourrait à la fois réduire la traînée des nacelles et diminuer le poids installé. Le gain en charge marchande pourrait atteindre 20 %.

UNE FAMILLE CONCORDE ?

S'il n'est pas question actuellement de mettre en chantier un quelconque « dérivé » de Concorde, les bureaux d'études sont pourtant persuadés qu'il s'agit bien là du premier représentant d'une nouvelle génération. Ses successeurs sont, d'ores et déjà, en gestation sur les planches à dessin.

La vitesse de Concorde est limitée par la capacité de résistance à l'échauffement de l'alliage de structure. Ce n'est pas en ce domaine que des progrès pourront être réalisés. Les efforts porteront plutôt sur les points suivants :

- réduction du prix de revient du km-passager ;

- diminution du bruit ;

- augmentation de la distance franchissable (rendant possibles des liaisons comme Rome-New York, Paris-Los Angeles ou Paris-Rio de Janeiro) ;

- accroissement de la charge payante par augmentation de la masse au décollage et du volume disponible (allongement de la cabine). Une diminution de la consommation spécifique des réacteurs permettrait d'accroître la distance franchissable ou la charge payante.

Une augmentation de la poussée autoriserait une masse au décollage plus élevée ou, à masse égale, un gain de temps en montée et une altitude de croisière supérieure. L'utilisation de la postcombustion pourrait ainsi devenir superflue dans certaines phases du vol. La consommation spécifique moyenne en serait diminuée d'autant.

Sur le plan aérodynamique, on pourrait gagner en finesse ou en volume sans augmentation de la traînée, mais ce gain ne justifierait pas, semble-t-il, la construction de nouveaux outillages de production.

Des réacteurs plus puissants ou une nouvelle capacité de fuselage mériteraient une voilure de surface accrue offrant de meilleures qualités « basses vitesses ». Ces caractéristiques se traduiraient par une augmentation de la masse au décollage et une amélioration des performances. Un tel effort tendrait à rapprocher Concorde du SST américain. Il pourrait se justifier si, comme il est probable, le SST ne devait jamais voir le jour.

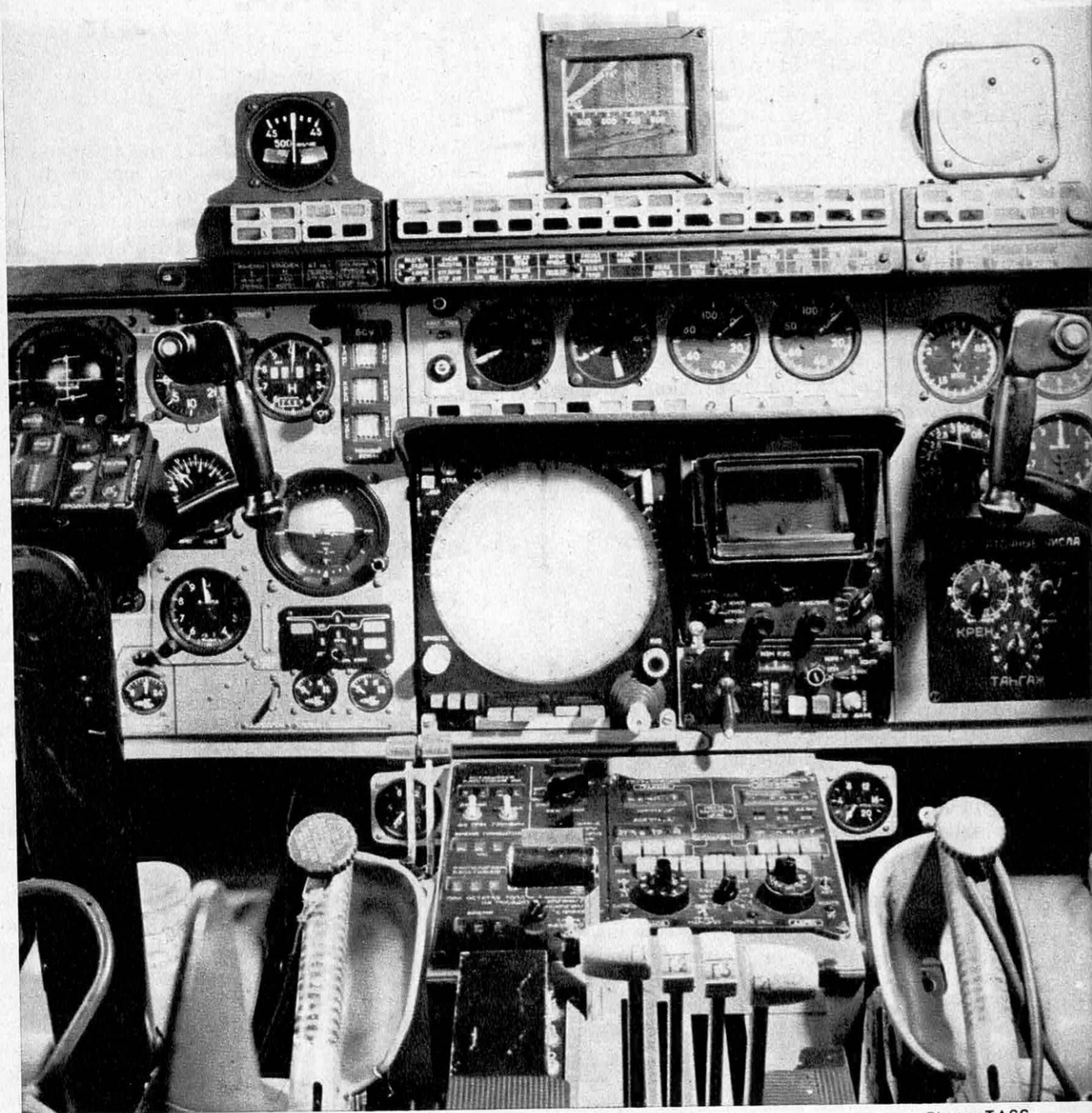
La meilleure hypothèse de travail demeure un Concorde « bis » de même capacité que l'appareil actuel, mais capable de franchir de plus grandes distances. Cela suppose des réacteurs de technologie nouvelle. Il ne semble pas qu'on puisse attendre quelque chose de déterminant en ce domaine avant dix ou quinze ans.

Arrêtés de vol pendant quelques jours à la suite d'ennuis d'entrées d'air, les deux prototypes Concorde ont repris leurs essais à Mach 2 dès le début de mars. Le 001, notamment, réalise des vols sur longues distances (Paris-Dakar et retour) selon un profil de vol décalqué d'une mission Paris-New York.

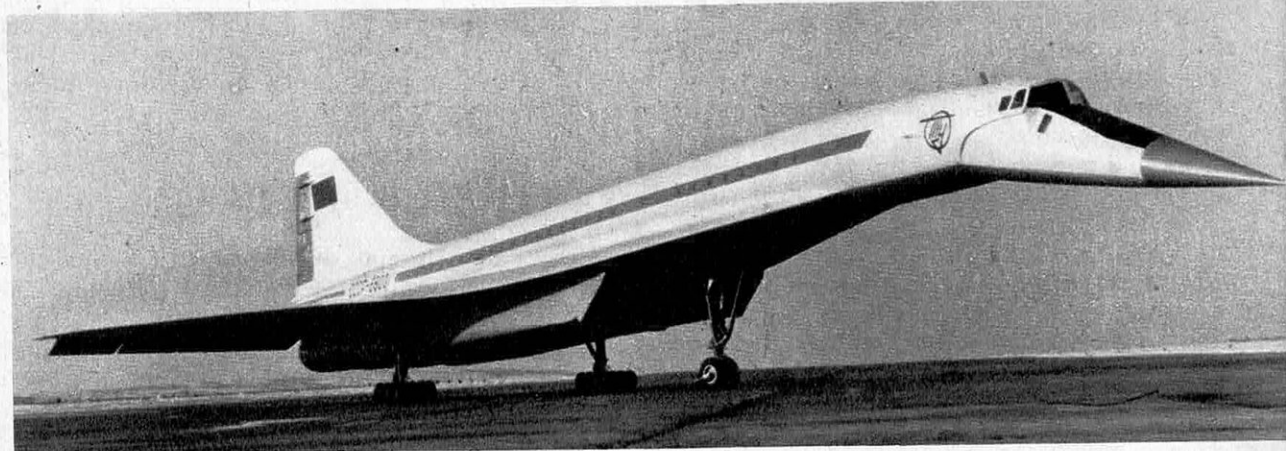
TEMPETE SUR LE SST

Au cours de son développement Concorde a fait couler beaucoup d'encre. Le Boeing 2707 n'a rien, à ce propos, à lui envier.

Cet avion se caractérisait d'abord par l'ampleur de son programme de développement (plus de 20 milliards de francs), laquelle avait nécessité l'aide de l'Etat. Même si cette aide (qui at-



Photos TASS



Frère de lait de Concorde, le Tu-144 en deviendra-t-il aussi le concurrent? Au moins faudrait-il que ses équipements soient compatibles avec les normes occidentales. La photo ci-contre, diffusée en novembre 70, en donne quelque idée. L'écran circulaire central serait utilisé pour la navigation. Il s'agit d'un indicateur cartographique de position. A droite, l'écran du radar météo. Le calculateur

de navigation est placé immédiatement au-dessous. La console centrale comporte certains indicateurs du système de navigation inertielle, auquel est associé le calculateur. Quoi qu'il en soit, le TU-144 a cessé d'être un pur instrument de propagande. Sa mise en service est annoncée, sur les lignes sibériennes de l'Aéroflot, et, plus tard, vers l'Afrique et certaines régions d'Asie

teignait 90 %) devait être récupérée sur les 300 premiers avions de série, l'intervention fédérale dans le financement d'un projet civil fut assez mal accueillie aux USA.

Quant aux problèmes techniques, eux aussi n'ont pas fait défaut. Lancé à grand fracas sur la voie prometteuse, mais difficile, de la géométrie variable, le projet a été ramené (en 1968) dans des limites plus raisonnables. L'effet produit, cette fois encore, n'a pas été très bon.

Le projet, enfin, n'a pas échappé à la vague de pessimisme qui secoue depuis un ou deux ans la société américaine. Le SST était devenu un symbole que certains s'étaient juré d'abattre, au nom des finances nationales ou de la protection de l'environnement. Bruit, pollution, atteinte à l'équilibre des climats, dangers de radiations pour les passagers... tous les prétextes ont été bons.

Le malaise économique conduisait d'ailleurs les parlementaires à être prudents. C'est au compte-gouttes, malgré le Président Nixon, que furent débloqués les crédits d'Etat.

Pour 1971, 290 millions de dollars avaient été demandés, qui devaient permettre l'achèvement de deux prototypes pour la fin 1972. D'abord annulés totalement par le Sénat, ces crédits furent remontés à 51,7 millions, couvrant les trois premiers mois de 1971. Finalement, par 51 voix contre 46, le Sénat a, en mars dernier, rejeté le financement du programme. A ce moment, 864 millions de dollars fédéraux avaient déjà été dépensés. Les indemnités de dédit étant estimées à près de 350 millions de dollars, la différence est faible avec les 470 millions nécessaires pour faire voler deux prototypes.

Une telle position contribue à aggraver la crise de l'industrie aéronautique, dont l'hypertrophie par rapport aux plans de charges en vue ne cesse de s'aggraver.

UN DELAI BIENVENU ?

Quant aux transporteurs, ils sont demeurés en cette affaire d'une discrétion exemplaire et ne semblaient guère pressés de voir le SST sor-

tir. Il faut bien avouer, en effet, que le transport aérien marche à cloche-pied. Les compagnies ne sont pas parvenues à renverser le courant selon lequel les constructeurs, et non les utilisateurs, imposent le progrès technique. D'où un essoufflement financier des transporteurs contraints « d'absorber » sans répit de nouvelles générations d'avions. En moins de six ans, ça aura été successivement les Boeing 747, les Airbus et Concorde. Rien d'étonnant à ce que la disparition, même momentanée, du SST soit accueillie avec une certaine sérénité.

Dans sa forme dernière le Boeing 2707 était un appareil de 288 tonnes au décollage, capable de « croiser » à Mach 2,7 avec 234 passagers à bord sur des distances de 8 000 km. Il devait être doté de réacteurs General Electric GE4 de 30 tonnes de poussée au décollage, avec postcombustion.

Réalité technique, merveilleux succès du « savoir faire » humain, le transport supersonique reste encore, d'après certains, discutable en matière économique et sur le plan des nuisances. Mais n'en a-t-il pas été de même, dans le passé, de bien d'autres bonds technologiques ? Ce n'est pas sans amusement qu'on relit, aujourd'hui, certaines diatribes du siècle dernier contre le chemin de fer. Celles qu'on a vu lancer récemment contre le supersonique civil semblent davantage inspirées par la démagogie que par le souci d'objectivité. La rentabilité de l'exploitation de Concorde paraît démontrée. C'est l'abandon d'un tel projet, parvenu au stade de la réalisation, qui constituerait une aberration économique. Quant aux nuisances, dans ce domaine comme dans bien d'autres, outre qu'elles sont assez systématiquement (et pas toujours bénévolement) surestimées, elles constituent un ensemble de problèmes techniques qui comporteront des solutions. Le proche avenir devrait justifier l'esprit d'entreprise des constructeurs européens.

R. de NARBONNE

BRUIT POLLUTION CHIMIQUE BANG SUPERSONIQUE

L'AVION MIS EN ACCUSATION

Le 3 décembre dernier, le Sénat américain refusait des crédits supplémentaires pour la construction de deux prototypes du supersonique civil Boeing 2707 « SST ». Une large fraction de l'opinion américaine a accueilli ce vote, confirmé en mars dernier, comme une victoire dans la lutte pour la protection de l'environnement. Le problème des nuisances devient une obsession : après l'automobile, l'aviation est mise en cause. Sous cette pression, l'industrie aéronautique, un peu partout dans le monde, s'attache à mettre au point des moteurs « propres » à tous points de vue.

La première et la plus évidente nuisance aéronautique est le bruit. Il fait l'objet de nombreuses études. Mais, à mesure qu'on s'efforce de le réduire à un niveau acceptable, le public y devient de plus en plus sensibilisé. De telle sorte que les efforts des constructeurs sont souvent méconnus.

Etudier le bruit, c'est d'abord le mesurer. La mesure en décibels n'indique en fait que la pression d'une onde sonore. Elle ne rend pas compte de la réalité psychologique de la perception. La « force » subjective d'un bruit, qui le rend plus ou moins désagréable, et même ses effets physiologiques, ne dépendent pas seulement de la pression sonore, mais de bien d'autres facteurs, et notamment des fréquences en cause. Aussi s'est-on efforcé, depuis longtemps, de créer, à côté de l'unité physique, le décibel, des unités physiologiques sans dimension, étalonnées empiriquement : phones ou sones (voir *Science et Vie* hors série n° 94, « Les Sons », pages 12 à 14). Il y a une dizaine d'années, on a introduit aux Etats-Unis deux nouvelles unités du même genre, mais de définition plus complexe : le PNdB (*perceived noise decibels*), puis l'EPNdB (*effective perceived noise decibels*). La première tient compte de la combinaison des fréquences existant dans le bruit considéré, la seconde y ajoute deux autres facteurs, l'un lié à la durée des sons, l'autre à la présence éventuelle, dans le cocktail sonore, de fréquences pures très intenses, qui ont un effet physiologique particulier.

Ce sont des mesures en EPNdB qui mettent actuellement aux prises hommes politiques, constructeurs et « conservationnistes ». Le bruit est mesuré en bordure des pistes, au décollage et en approche.

Pour le Mercure, actuellement en cours de mise au point chez Dassault (et qui aura un poids au décollage de 52 tonnes), la FAA a fixé les niveaux suivants :

Bruit latéral	103 EPNdB
Bruit de sillage	96 EPNdB
Bruit en approche	103 EPNdB

D'après les essais réalisés dernièrement sur maquette à l'échelle 1/2 dans la chambre sourde de la SNECMA à Villaroche, on semble près d'obtenir ces valeurs.

LES SOURCES DE BRUIT

Pour les avions subsoniques, l'aérodynamique et la combustion sont les sources principales de bruit. L'ensemble des sons engendrés couvre une gamme relativement vaste. Leur intensité s'accroît en fonction de la puissance du moteur et de la vitesse d'écoulement des veines d'air.

Avec les moteurs à piston, le bruit provient essentiellement de l'hélice et de l'échappement du moteur. La composante sonore principale est créée par le sillage de l'hélice qui vient frapper la cellule. Le problème est le même avec des turbopropulseurs.

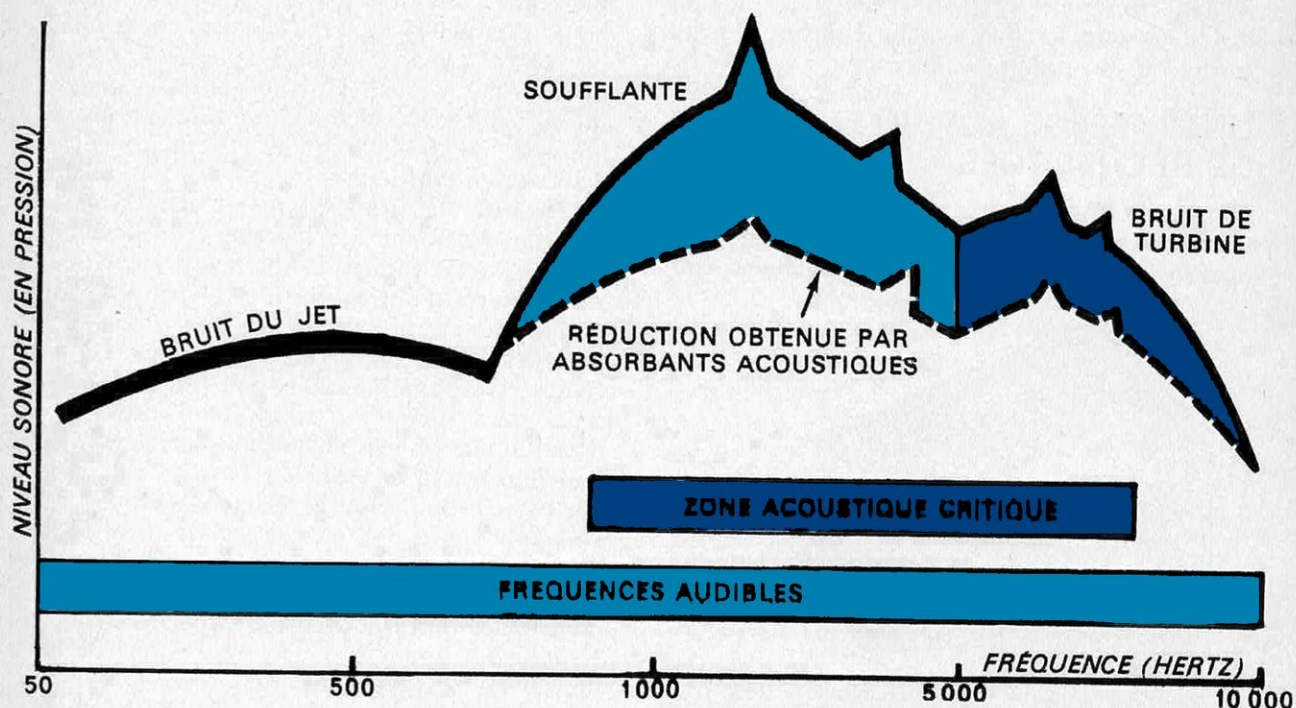
Dans tous les cas, plus l'hélice tourne lente-

ment, plus le bruit total sera réduit. Les extrémités des pales tournant à des vitesses proches de celle du son engendrent les composantes les plus aiguës.

Quant aux turboréacteurs, qui équipent la plupart des avions de transports modernes, on peut y déceler plusieurs sources distinctes : la chambre de combustion, les étages de compression de l'air aspiré, et, très important, le jet de sortie. Le jet intervient surtout par

le cisaillement qui se produit entre l'air ambiant et le courant de gaz chaud à grande vitesse.

Sur les réacteurs de deuxième génération dite « à turbosoufflantes à grand taux de dérivation », le bruit a pu être quelque peu réduit. Le jet de sortie est ralenti par le mélange entre le flux secondaire et le flux chaud, rapide et turbulent, produit en sortie de turbine. Cependant, les bureaux d'étude exigeant un ac-



Les réacteurs à grand taux de dilution du type Rolls-Royce RB 211 se caractérisent par un bruit de jet relativement faible. La soufflante, les étages de compression et les étages de turbine sont de loin les principales sources de bruit. L'énergie sonore est canalisée vers l'avant et l'arrière par la dérivation du moteur. Les revêtements antiacoustiques autorisent une réduction notable des intensités sonores.

Le réacteur double-flux Pratt et Whitney JT-8-D a la réputation d'être le plus « sale » jamais construit. Il équipe pourtant les Caravelle, Boeing 727-737 et Douglas DC-9 (photo ci-contre). Son constructeur a été contraint de le modifier.

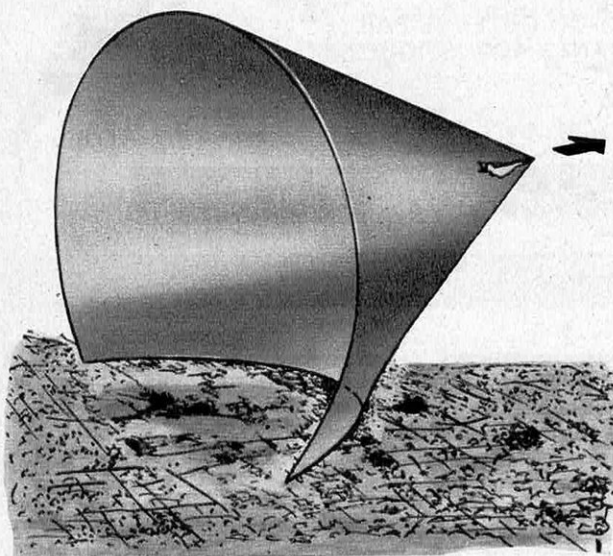
croissement de la poussée, on n'a pas tardé à construire des moteurs double-flux presque aussi bruyants que les simple-flux.

La querelle du bruit a évidemment rebondi à propos des transports supersoniques. Selon certains opposants au SST, un seul appareil supersonique aurait fait au décollage autant de bruit que 50 jets classiques. Les essais des Concorde 001 et 002 ont montré que ce pessimisme n'était probablement pas justifié.

Certes, les moteurs des prototypes Concorde sont dotés d'une postcombustion limitée, destinée à fournir une poussée supplémentaire au décollage et pendant le passage du subsonique au supersonique. Pour l'instant, le bruit des moteurs de Concorde dépasse celui des moteurs plus classiques. Par la suite, l'Olympus n'aura pas de postcombustion, bien que sa poussée soit plus forte. Des ailettes repliables installées dans la tuyère maintiendront le bruit en dessous de certaines limites.

UNE INTENSE ACTIVITE DE RECHERCHES

Un peu partout dans le monde, les recherches visent à créer, en fonction des puissances demandées, des moteurs aussi silencieux que



L'onde de choc créée en vol supersonique dans le sillage d'un appareil de type Concorde a la forme d'un cône dont l'avion occuperait le sommet. Ses effets au sol ne doivent pas, toutefois, être surestimés.

possible. Ces travaux portent surtout sur les programmes suivants : Rolls-Royce RB 211 ; Rolls-Royce - Snecma Olympus 593 ; Pratt et Whitney JT-9 D ; General Electric CF6. Les solutions apportées sont, dans tous les cas, à peu près identiques. Elles consistent en un traitement acoustique des zones génératrices de bruit, à l'aide de revêtements poreux (matériaux en nid d'abeille).

A côté de son immense activité dans le domaine spatial, la NASA vient de lancer un programme d'étude d'un moteur silencieux, le « Quiet Engine », avec une réduction du bruit de l'ordre de 15-20 EPNdB par rapport au Pratt & Whitney JT 3D des Boeing 707. L'utilisation d'une nacelle traitée acoustiquement permettrait, vers 1973, de réduire le niveau sonore de ce « Quiet Engine » de 94-95 EPNdB. Au terme d'un contrat de 19,6 millions de dollars, General Electric a été chargé par la NASA de mener les études correspondantes, basées sur la configuration générale du GE TF 39/CF6. Le moteur aurait une poussée de 9 900 kg au décollage et de 2 200 kg en croisière.

En France, la firme Marcel Dassault a reçu du gouvernement un marché d'études générales sur la réduction du bruit. En collaboration avec d'autres firmes, Dassault a déjà obtenu des résultats intéressants, en particulier pour les bruits émis vers l'avant par la soufflante. Ces améliorations ont été apportées, d'une part grâce au dessin de l'entrée d'air, d'autre part en employant des matériaux isolants de structure sandwich.

En coopération avec Bréguet et la SNECMA, Dassault a effectué, en matière de bruit de jet, des recherches dans deux directions : silencieux à dilution et introduction dans le jet d'obstacles destinés à en perturber la structure en couches annulaires. Des réductions de l'ordre de 4 à 5 EPNdB ont été obtenues.

Au titre de la coopération internationale, la SNECMA et Rolls-Royce ont, en septembre dernier, signé un accord d'échanges d'informations techniques concernant la diminution du bruit aux alentours des aéroports.

LE BANG SUPERSONIQUE

Outre le bruit inhérent aux moteurs, un autre problème qui a fait couler beaucoup d'encre est celui du « bang » supersonique. C'est en



prévision des effets (encore très mal connus) de ce « bang » que le Sénat américain a décidé, il y a déjà plusieurs mois, d'interdire le survol du territoire des Etats-Unis par les supersoniques commerciaux. La Suisse pourrait suivre les Etats-Unis sur ce terrain.

Dans la bataille contre le supersonique et ses effets sur l'environnement, maints chiffres ont été avancés, pour ou contre l'acceptation du « bang » et de ses effets. L'argument décisif sera apporté par ce que l'on entendra. Le bang résulte d'une brusque surpression de l'air au passage d'un avion à vitesse supersonique. On estime que Concorde produira en régime de croisière un bang correspondant à une surpression maximale de 89 kg/m^2 . Pendant la phase d'accélération, la surpression atteindra 112 kg/m^2 . Au niveau du sol, la variation de pression sera de l'ordre du millième d'atmosphère.

Jusqu'à présent, les mesures effectuées lors des vols de Concorde ont confirmé les prévisions théoriques. L'intensité du bang dépend beaucoup plus de l'altitude de vol que de la vitesse de l'appareil. Dans la gamme des valeurs comprises entre 10 et 15 kg/m^2 , la réduction d'intensité obtenue en volant à haute altitude est d'environ $1,5$ à 2 kg/m^2 par tran-

che de $3\,000 \text{ m}$. Lorsque l'on descend en dessous de Mach $1,15$, l'intensité du bang est à peu près indépendante de la vitesse.

L'onde de choc créée par un supersonique en vitesse de croisière a la forme d'un cône qui s'écarte du fuselage de l'avion. Pour un supersonique volant à $20\,000 \text{ m}$, la largeur de la zone au sol interceptée par le cône est estimée à 80 km . Cette largeur dépend également du vent et de la température.

S'il est probable que le bang sonique peut avoir un certain effet sur des bâtiments vétustes, il ne semble pas qu'il y ait de risques sérieux pour les humains. Des études effectuées aux Etats-Unis ont montré que la réaction des individus au bang supersonique était très variable. Elle n'est pas, semble-t-il, en relation directe avec le niveau de surpression. Il ne semble pas non plus que les animaux souffrent particulièrement. Des œufs de fourmis soumis régulièrement à des bangs soniques expérimentaux sont éclos correctement, mieux même que les témoins. L'effet du bang sur les oiseaux marins est encore indéterminé. En fait, tant que des supersoniques n'auront pas volé de façon courante à Mach 2 , il n'est pas possible d'évaluer sérieusement les effets du bang sur les êtres et sur les choses.

LA CHASSE AUX FUMÉES

Si les problèmes du bruit et du bang supersonique sont, tout compte fait, assez traditionnels, celui de la pollution chimique de l'atmosphère témoigne d'une préoccupation nouvelle.

C'est encore des Etats-Unis qu'est venue l'alerte. Rapidement, d'ailleurs, l'affaire a pris là-bas un tour cocasse. Depuis le 1^{er} janvier de cette année, par exemple, les services de l'aéroport de Los Angeles postent le long des pistes des inspecteurs chargés de repérer les avions coupables de fumées polluantes. Si le taux de fumées est jugé intolérable, la compagnie aérienne est condamnée à une amende de 6 000 dollars. Comme il y a, à Los Angeles, quelque 800 mouvements par jour, les sommes ainsi collectées pourraient atteindre très rapidement un total astronomique.

Pour évaluer l'infraction, les inspecteurs se basent sur l'échelle dite de Ringleman. Assez imprécise, comportant cinq degrés, cette échelle mesure l'obscurcissement d'un fond de ciel par une fumée.

Les fumées émises par les moteurs d'avion sont des gaz non brûlés. Le réacteur JT-8 D monté sur tous les Boeing 727 et 737, ainsi que sur le DC-9 de McDonnell-Douglas, est considéré comme le moteur le plus polluant. Tous les JT-8 D sont en cours de modification afin de réduire l'émission de fumées. L'ensemble de l'opération, menée conjointement par le gouvernement fédéral et l'industrie aéronautique, coûtera 30 millions de dollars.

L'émission de fumées par les moteurs des deux prototypes Concorde a également été dénoncée. Toutefois, au début de l'année, Rolls-Royce a coupé l'herbe sous le pied des détracteurs de Concorde en annonçant des modifications des chambres de combustion.

VERS UNE CATASTROPHE GLOBALE ?

On a accusé le supersonique d'émettre dans la stratosphère des quantités considérables de vapeur d'eau, qui pourraient causer des va-

riations de climat : 1 600 vols quotidiens de supersoniques produiraient 150 000 t d'eau. La concentration de vapeur d'eau dans la stratosphère serait augmentée de 60 %.

D'autres auteurs estiment qu'il ne faudrait que 400 à 500 supersoniques pour produire les 150 000 t de vapeur d'eau, ainsi qu'un peu moins de gaz carbonique, quelques milliers de tonnes d'oxyde de carbone, d'oxydes d'azote, et quelques centaines de tonnes de poussière dans une région de l'atmosphère comprise entre 16 et 22 km d'altitude.

Des objections plus sérieuses ont été émises à propos de la destruction partielle de la couche d'ozone. On sait que cette ceinture arrête le rayonnement ultraviolet solaire. Il est vrai qu'entre 16 et 22 km, 500 supersoniques pourraient réduire la concentration d'ozone d'environ 4 %. Mais les variations de cette concentration peuvent atteindre plus de 20 % pendant les périodes d'activité solaire.

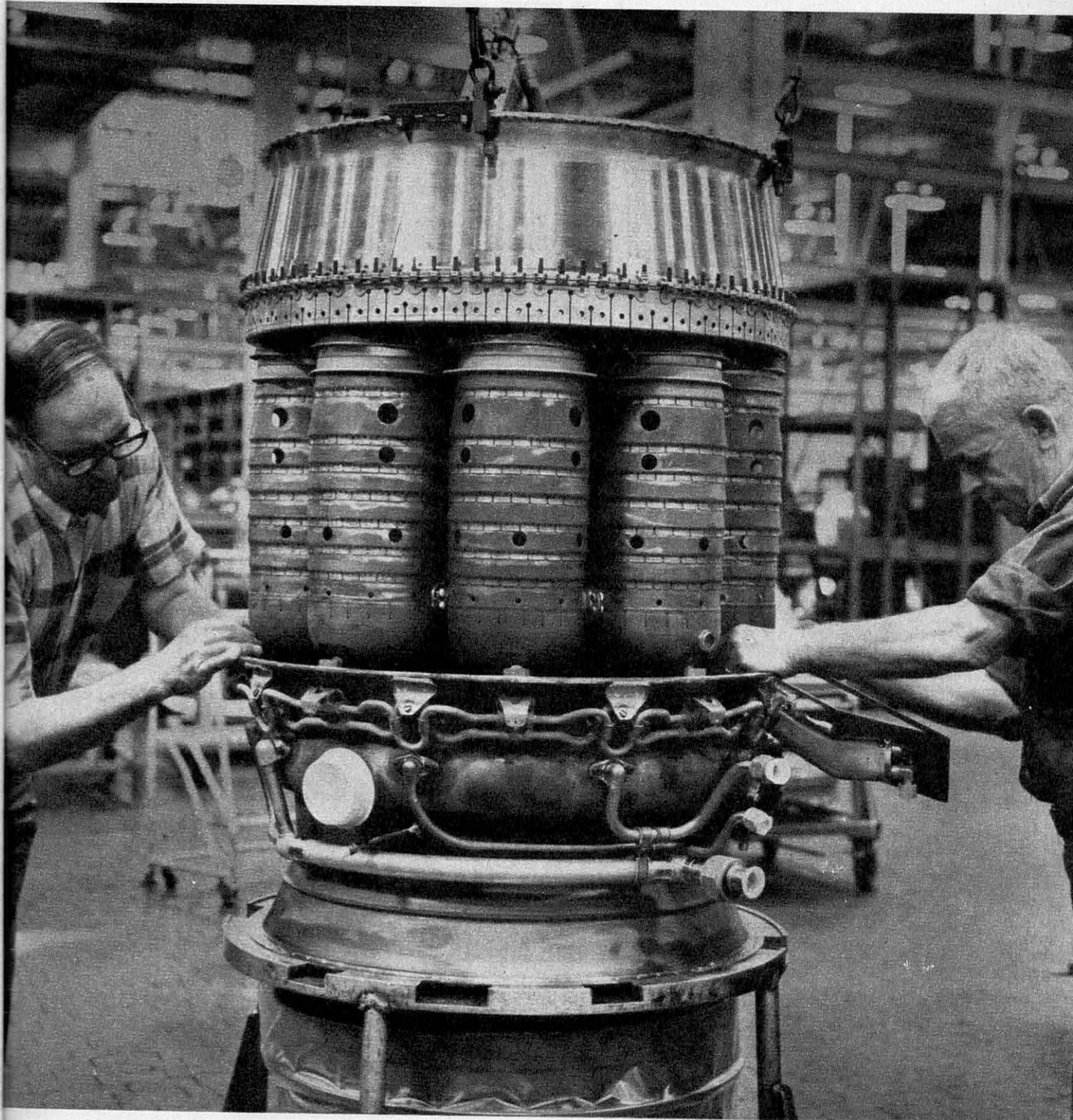
Quant au gaz carbonique produit par les supersoniques, sa quantité globale est à comparer à tout le gaz carbonique émis depuis la surface terrestre par la combustion des réserves de combustibles fossiles. On sait que depuis le début du siècle, la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique a augmenté de 10 %, sans qu'il se soit produit de changements climatiques importants. La température a tout juste augmenté de 0,3 °C depuis 1880.

Par contre les autres produits émis par les SST (oxydes d'azote, par exemple) pourraient provoquer la création d'un « smog » stratosphérique.

Même en admettant que les supersoniques accroissent la température moyenne de la surface terrestre de 0,6 °C, les optimistes assurent qu'une telle éventualité n'aurait rien de catastrophique. Un tel accroissement s'est produit entre 1860 et 1940 par suite de l'action combinée de deux cycles solaires de 80 et 24 ans. La température moyenne en Europe a varié de 2 à 3 °C entre 1750 et 1959. Les conséquences écologiques du transport supersonique se situeraient ainsi dans les limites des variations naturelles et de l'évolution des climats terrestres.

J. R. GERMAIN

Le programme de réduction des fumées sur le réacteur JT-8-D de Pratt et Whitney porte sur les moteurs actuellement en production comme sur ceux déjà en service. Tous ces moteurs sont équipés de nouvelles chambres de combustion (on remarque sur la photo ci-dessous cinq des neuf « cans » en disposition annulaire). Les chambres modifiées pourront consommer un mélange relativement pauvre en carburant, d'où une moindre quantité d'imbrûlés.



Naviguer à 10 000 mètres

En passant du cabotage aux traversées océaniques, la navigation maritime avait disposé de plusieurs siècles pour affiner ses méthodes. L'avion a dû, lui, brûler les étapes et parvenir au même résultat en quelques dizaines d'années. Avec une alacrité de rapaces, les aviateurs se sont jetés sur tout ce que la science et la technique pouvaient leur offrir en matière d'aides à la navigation.

Dès que les aviateurs cessèrent de considérer comme un exploit la simple promenade de terrain à terrain voisin ; dès qu'ils dépassèrent la notion de temps passé en l'air pour lui substituer celle de distance parcourue dans une direction donnée, ils durent se munir d'instruments directionnels. Alors commença à se développer l'arsenal des instruments de bord.

Le premier fut naturellement le « compas », ce cadran à aiguille aimantée appelé à terre *boussole*, mais dont l'avion garde respectueusement le nom marin.

La Marine avait d'ailleurs préparé le terrain avec son compas compensé, qui annule pratiquement les effets des masses métalliques du bord pour les différents caps suivis. Notons qu'aujourd'hui, la conception du compas représenté par un train d'aiguilles aimantées, mon-

tées sur pivot, a fait place, à bord de l'avion de grande navigation, à celle du compas gyromagnétique. Il n'y a plus de barres aimantées à orienter tangentiellement aux lignes de force du champ magnétique terrestre. Le compas gyromagnétique détecte l'orientation de l'avion par rapport à ce champ, grâce à une vanne de flux (flux gate) maintenue horizontale par un gyroscope, en toutes situations de l'avion. Le compas autorisait la première méthode de navigation : l'« estime ».

La navigation à l'estime

C'est la technique utilisée par le promeneur qui, désireux de se rendre d'un point à un autre, suit une certaine direction jugée comme bonne, et connaissant la vitesse de son déplacement, en déduit, chronomètre en main, sa

Le poste des navigateurs à bord d'un appareil long-courrier. A sa table de travail, devant ses cartes et les divers cadrans (Loran, altimètres barométriques, radioaltimètres, cadrans répéteurs de certains appareils du poste de pilotage), le premier officier navigateur, règle à calcul en main, effectue des calculs de route. Derrière lui,

l'œil fixé à l'oculaire du sextant périscopique qui traverse la coque de l'avion, le second officier navigateur se livre à une observation astronomique pour calculer la position. Le point obtenu est immédiatement communiqué au commandant de bord qui prend les mesures nécessaires en fonction des prévisions et des données sol.



position. Moyen sûr d'arriver au but... si tous les éléments étaient déterminés avec assez de précision, ce qui n'est pas le cas. En fait, on a pu néanmoins établir une valeur probable des erreurs commises habituellement et définir des règles d'emploi de la méthode.

Avec l'aide de l'observation visuelle (nous savons reconnaître une cathédrale, une route, un fleuve, un relief caractéristique...), qui exigeait évidemment des conditions météorologiques favorables, la navigation à l'estime put suffire aux débuts de l'aviation. Le folklore de la navigation aérienne est plein de ces histoires de pilotes qui, suivant une voie de chemin de fer, descendaient « au ras des marguerites » pour lire le nom d'une gare et faire un point précis. C'était là une technique peu admissible en aviation commerciale...

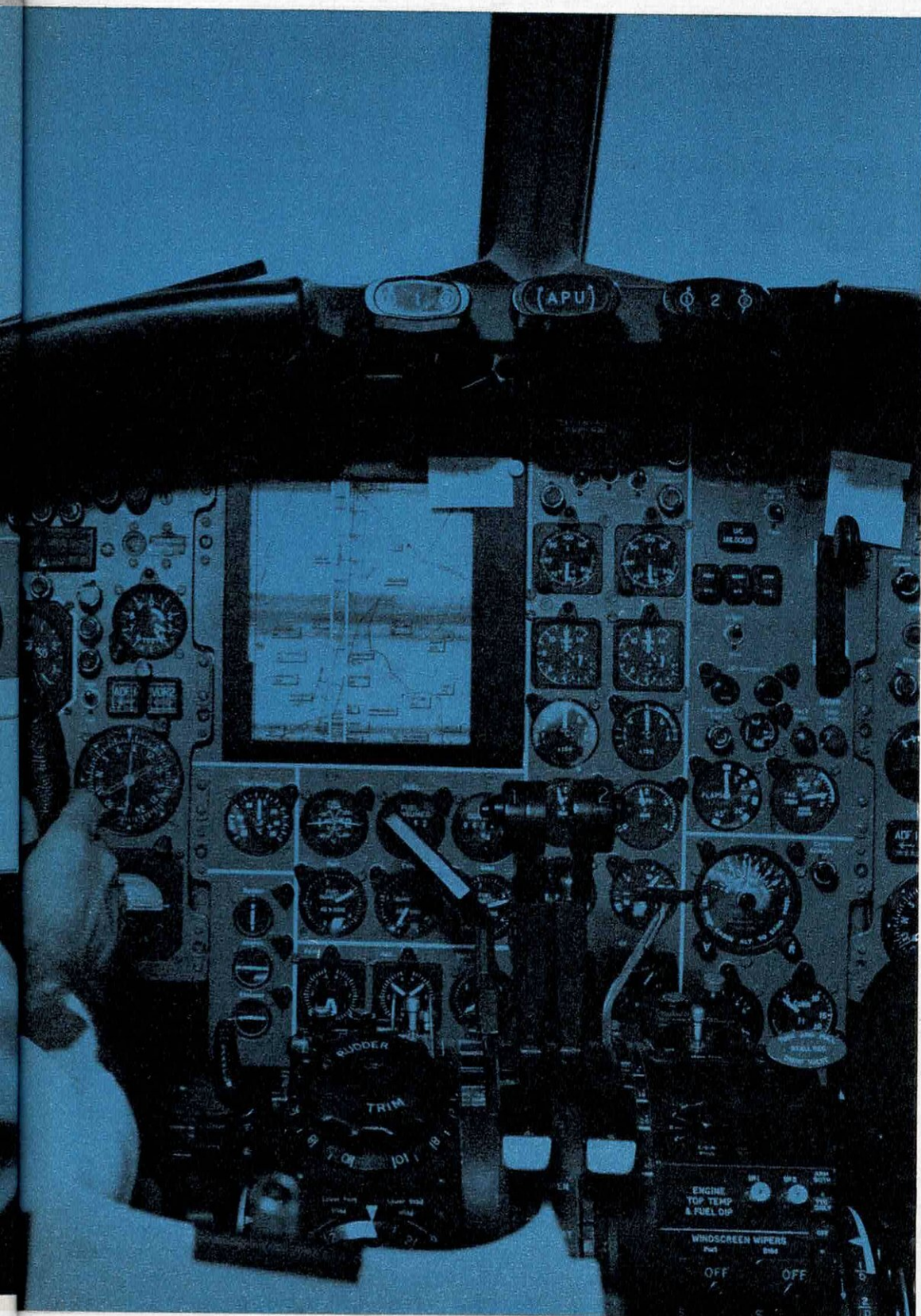
En ce qui concerne la vitesse, l'instrument capable de la mesurer par rapport à celle de l'air ambiant fut trouvé assez rapidement. C'est le fameux *badin*, du nom de l'ingénieur qui l'inventa, une application du tube de Venturi. Le déplacement du mobile dans une masse d'air en mouvement crée une dépression qui aspire l'air contenu dans un boîtier. A toute valeur de la dépression correspond une vitesse déterminée par rapport à l'air. Mais l'air est en mouvement sous le nom de vent et transporte l'avion comme un tapis roulant. (C'est l'équivalent de la composante *courant* des marins.) La vitesse *badin* doit être traduite en vitesse par rapport à la terre, la seule qui, en fait, intéresse l'équipage.

Le vent ne modifie pas seulement la vitesse « sol », il modifie aussi la direction de vol d'un angle dit de *dérive* qu'il convient de corriger. Droite ou gauche, la dérive s'apprécie fort bien du sol lorsqu'on observe un avion en vol. C'est l'angle formé par l'axe de l'appareil et sa trajectoire réelle (on a l'impression que l'avion volé de travers).

La connaissance de la vitesse *badin* et de la vitesse vent sur le parcours considéré (donc de la vitesse sol), du *cap vrai* à suivre pour tenir la route vraie, du *cap au compas* à lire pour déterminer le *cap vrai*, constituent les éléments essentiels de cette navigation à l'estime. Cette méthode n'a jamais été abandonnée, même depuis l'apparition de moyens de navigation beaucoup plus savants.

Les éléments connus et ceux qu'on veut déterminer pour une navigation correcte sont regroupés dans une figure appelée *triangle des vitesses*. Des règles à calcul de type courant en aviation, dites plateaux calculateurs, per-





Les éléments du système de navigation à inertie « Carousel IV » conçu par la filiale AC Electronics de General Motors. A gauche, le tableau où le pilote lit les indications. Au milieu, le boîtier

mettent de résoudre tous ces problèmes, avec la rapidité nécessaire, dans l'inconfort relatif d'un cockpit.

Les méthodes par observation

Si, en matière de navigation, l'estime a fait ses preuves, elle a montré aussi ses limites ; les méthodes par observation sont indispensables pour vérifier de temps à autre la position estimée.

En aviation, il ne saurait être question de recourir aux principes de détermination visuelle utilisés par la navigation maritime (amers). Le positionnement à vue, ou *mapping*, est tout de même utilisé, quand il est possible, pour vérifier la bonne marche des opérations. Les variations du vent, en particulier, qui conduisent à une distorsion imprévisible du triangle des vitesses, font de tout repère visuel un bien précieux. Quelle que soit la richesse technique des équipements embarqués, aucun repère ne doit être négligé par le pilote.

Dès que l'aviation a aspiré à franchir les océans et les déserts et, d'une façon générale, toutes les grandes étendues non balisées, elle a fait appel à la navigation astronomique. Aux méthodes mises au point au cours des siècles par les marins, certains aménagements devaient d'ailleurs être apportés.

Dans tous les cas, la navigation astronomique dépend de deux mesures simultanées : la hauteur au-dessus de l'horizon vrai de l'observateur (horizon de la mer avec diverses corrections) d'un astre connu, à une heure connue. La référence horaire est l'heure du méridien de Greenwich, transportée par le chronomètre. Elle permet de connaître les données célestes de l'astre en cause. Le sextant en définit la situation locale.

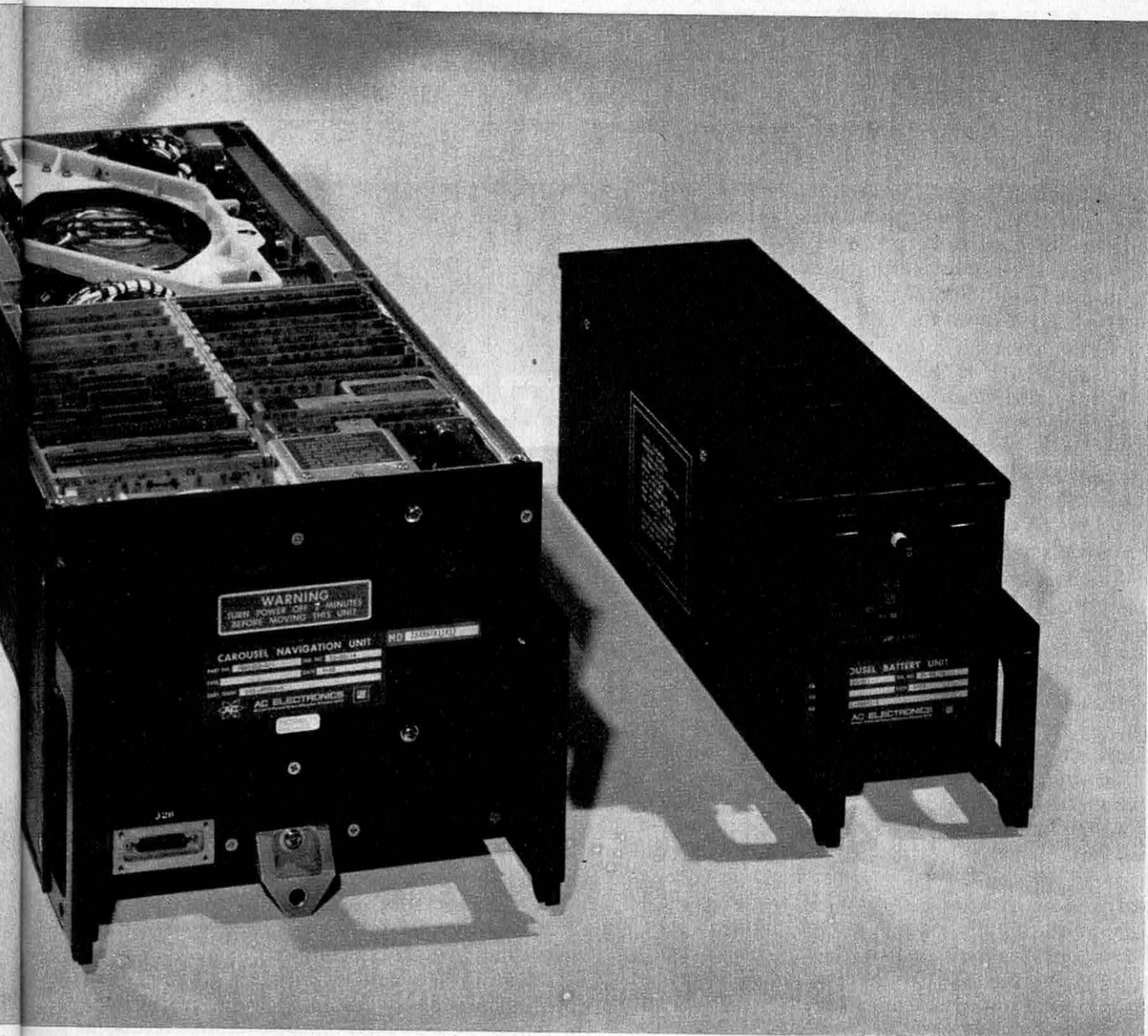
Pour les aviateurs, une première difficulté se présentait. A bord d'un navire, l'officier de navigation observe de la hauteur de la passerelle. Les corrections à apporter sont faibles et faciles à déterminer. Quant à l'horizon, il est souvent assez net. En altitude, l'horizon est imprécis, à tel point que les premières observations astronomiques aériennes étaient effectuées à très faible altitude. On imagine mal, aujourd'hui, un Boeing 707 obligé de descendre au ras de l'eau pour prendre la hauteur d'un astre. D'où la nécessité d'une autre référence horizontale origine des hauteurs.

Au début on demanda au gyroscope d'apporter



un véritable substitut de l'horizon, mais en aviation les horizons artificiels font appel à une référence décalée de 90° par rapport à l'horizon vrai, c'est-à-dire à la verticale définie par le fil à plomb. On a ainsi créé des sextants à référence perpendiculaire (dits périscopiques parce qu'ils permettent l'observation dans tous les azimuts et émergent de la carlingue comme le périscope sur un sous-marin). Avec ces appareils, on mesure la distance angulaire astre-zénith, égale à 90° moins la hauteur au-dessus de l'horizon. C'est ce complément de la hauteur qui s'insère dans le calcul.

contenant la plate-forme à inertie. A droite, la batterie d'alimentation. Certains Boeing 747 sont équipés de trois «Carousel IV». La plate-forme Litton 51 a également été retenue.



Toutefois, le point astronomique n'aurait pas été utilisable en navigation aérienne si le capitaine Sumner, de la Marine marchande américaine, n'avait inventé, en 1837, la *droite de hauteur*. Elle permet de déterminer longitude et latitude en une seule opération.

Avant cette invention, les calculs étaient longs et consistaient à déterminer séparément latitude et longitude. A bord d'un avion, le résultat serait périmé au moment où on l'obtiendrait. Dans les conditions actuelles, l'opération est précalculée pour un instant donné. Des tables fournissent, pour un point estimé

arrondi à des coordonnées simples, une hauteur de l'astre choisi. On compare le résultat au résultat réel de l'observation de l'astre. Une soustraction algébrique fournit la correction à apporter pour obtenir le point vrai.

La navigation radioélectrique

Les servitudes météorologiques empêchent la méthode astronomique de répondre de façon permanente aux besoins de la navigation. Un ciel couvert ne permet pas, la nuit, d'observer les étoiles et les planètes, ou, le jour, le soleil.

Des techniques d'avant-garde tendent aujourd'hui à remplacer le gyroscope classique par des dispositifs optiques. Le rayon laser, qui donne une lumière de fréquence très précise, a permis de concevoir des gyroscopes très sensibles au moindre déplacement angulaire et exempts de toute erreur causée par les frottements mécaniques ou les forces gravitationnelles. Le principe du gyroscope à laser est assez simple : si deux rayons

Ces contraintes ont disparu grâce à la radio. Une source radioélectrique n'est pas seulement capable d'émettre un message codé ou vocal. Elle peut aussi, dans certaines conditions, révéler sa position. Si, dans le champ du rayonnement, on dispose un cadre de spires conductrices dont le plan est orienté dans la direction de l'émetteur, les deux branches verticales du cadre reçoivent les ondes avec un déphasage qui crée une différence de tension induite. Si le plan du cadre est dans une direction perpendiculaire à celle de l'émetteur, la différence devient nulle. Dans toutes les autres positions, la différence est intermédiaire.

Traduite en émission sonore, la tension résultante joue le même rôle qu'un relèvement optique. Il suffit d'observer deux émetteurs (autant que possible à 90° l'un de l'autre afin que les deux relèvements se recoupent bien) pour obtenir un point complet valable. Tel est le principe des radiophares.

On a perfectionné le procédé en plaçant le cadre dans le rôle de l'émetteur. Son émission engendre dans l'espace un diagramme de rayonnement caractérisé par deux faisceaux d'émission maxima et deux faisceaux de silence opposés par le sommet. Par des combinaisons de cadres, on fait rayonner des axes repères à partir d'une station : ce sont les *radio-ranges*. Les radio-ranges jalonnent les lignes régulières que les avions suivent en cap magnétique à l'estime. Ils permettent aux pilotes, par simple audition, de vérifier leur position sur la route ou de la rectifier.

Des systèmes de radiophares à verticale matérialisée par un indicatif spécial, au centre du cône de silence montant du sol, permettent un positionnement très précis. Ce moyen n'est applicable que dans des zones fortement balisées.

Comme les radiophares, le VOR (Visual Omni Range) est une aide radio à moyenne distance. Mais ici, l'azimut de la station émettrice (angle de sa direction avec le nord) s'obtient non par la mesure de l'intensité d'émission mais par celle d'un déphasage. L'avion récepteur perçoit le signal selon sa position dans un dia-

gramme de rayonnement tournant à la vitesse de 30 tours/seconde.

Ainsi, il peut déterminer sa position en direction par rapport à la station, par comparaison avec un avion de référence qui serait au nord magnétique.

Ce système, utilisable jusqu'à 180 milles nautiques de distance, constitue un des plus précieux moyens actuels de positionnement.

La grande navigation radioélectrique

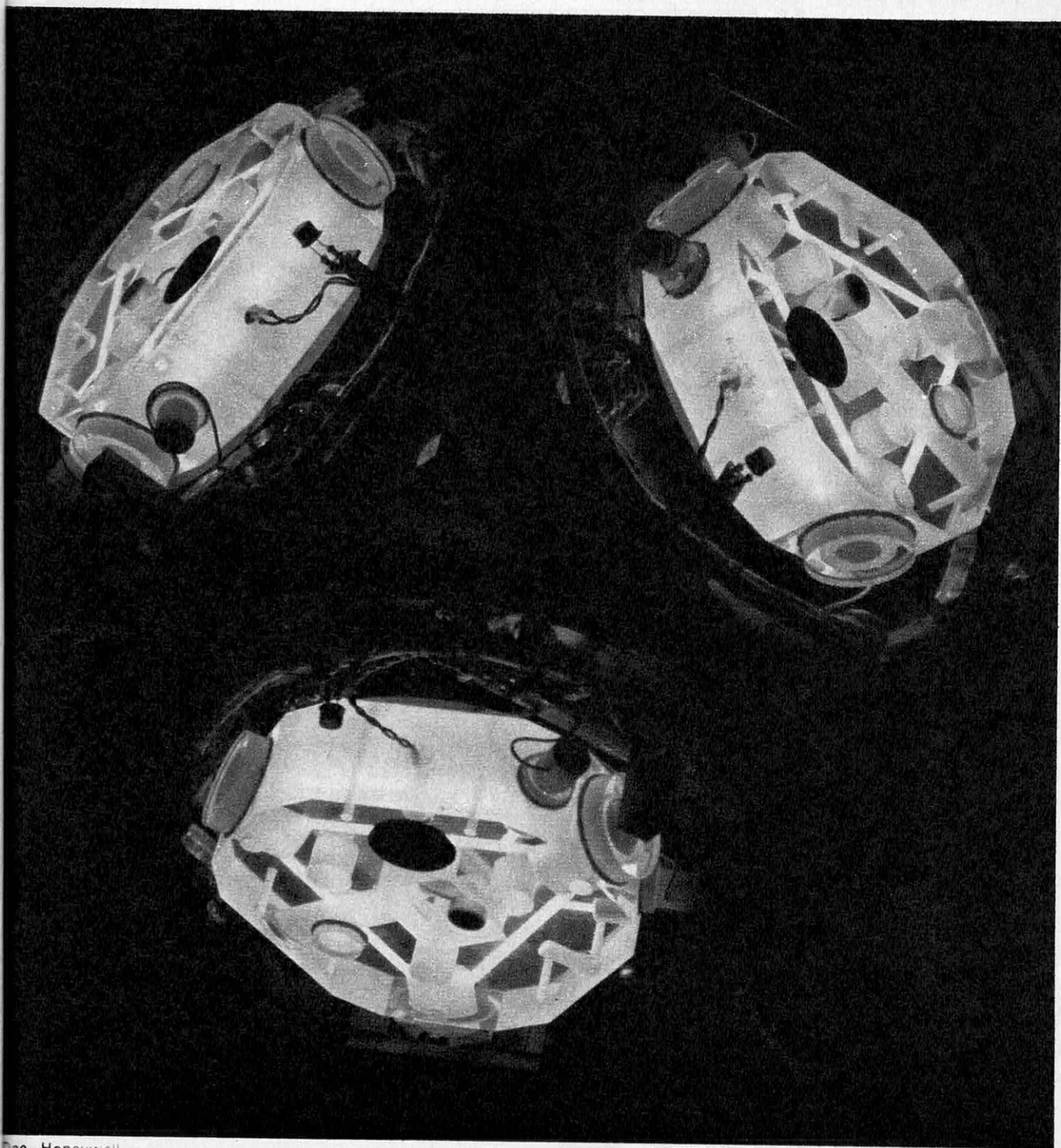
Pour une navigation à la mesure des distances transatlantiques, il fallait créer des moyens nouveaux. Aujourd'hui ces moyens existent et forment un balisage à l'échelle de la planète. Le relèvement « gonio » (par un cadre) d'un émetteur puissant permet, nous l'avons vu, de trouver un lieu géométrique de position et, en le complétant par un autre relèvement, d'aborder le problème du point à grande distance. Mais un relèvement radio à très grande distance n'est pas précis.

La solution devait être trouvée avec l'invention du LORAN et, d'une façon générale, de tous les procédés dits *hyperboliques*. Rappelons que l'hyperbole est une courbe dont tous les points sont à telle distance de deux points fixes appelés foyers que la différence de leurs distances à chacun d'eux est constante.

Dès lors qu'il s'agit d'émissions radioélectriques, différence de distance signifie différence de temps de parcours. Il suffit donc d'établir une série de courbes pour de mêmes temps d'arrivée du signal à partir de deux sources données, prises comme foyers de l'hyperbole. Ces familles de courbes définissent les distances aux sources. C'est ce que réalise pratiquement le réseau LORAN (long range navigation, ou navigation à grande distance).

Le signal voyageant à la vitesse de la lumière, les différences de temps de parcours d'une source d'émission à l'autre sont infinitésimales, alors que les « points » doivent avoir une précision de l'ordre du mille marin. L'électronique a résolu le problème des mesures de différences

lumineux se propagent, l'un dans le sens du déplacement du dispositif, l'autre en sens contraire, le chemin parcouru dans le sens de la rotation à détecter est plus long, le chemin parcouru dans le sens contraire plus court. Des dispositifs à miroir font se rejoindre les deux rayons qui forment des franges d'interférences perçues par des cellules photoélectriques. Ces franges permettent de déterminer la valeur de l'angle de la rotation.



de temps et de leur traduction en distances. Les indications fournies par le système ne sont pas audibles, mais visualisées.

Quand on a fixé sa position sur une hyperbole d'un réseau, on cherche une seconde hyperbole appartenant à un autre réseau, imbriquée dans le premier. Le recoupement des deux courbes définit la position cherchée.

Les réseaux LORAN couvrent aujourd'hui les grands itinéraires océaniques (Atlantique et Pacifique Nord). Ils permettent de positionner un avion de façon presque instantanée.

Autre système de navigation par réseau hyperbolique, le Decca est assez largement utilisé sur des distances plus faibles. Les écarts en distance se mesurent d'après une différence de phase entre deux hyperboles au point de réception et non plus d'après les temps de parcours.

Le radar Doppler

On sait que le radar peut servir à évaluer la vitesse relative d'un émetteur et d'une surface réfléchissante en mesurant le décalage des fréquences (effet Doppler-Fizeau) entre le signal émis et le signal reçu après réflexion. Si un radar Doppler émet des impulsions vers le sol dans trois directions différentes à 120°, la réception des signaux permet de connaître le déplacement relatif par rapport au sol. Grâce à un calculateur de bord, on lit directement sur un cadran la vitesse sol et la dérive.

Le radar Doppler constitue un système de navigation totale qui, théoriquement, permettrait de se passer de tous les autres. A condition toutefois que l'infrastructure naturelle sur le parcours présente assez de rugosité pour assurer une bonne réflexion des ondes. Même si cette condition était toujours réalisée, n'oublions pas qu'un appareil, si perfectionné soit-il, est susceptible de se dérégler ou de tomber en panne. Un système de navigation quelconque n'est jamais utilisé sans être contrôlé par d'autres méthodes.

La navigation par inertie

Le système Doppler reste asservi aux propriétés de réflexion des impulsions émises par les surfaces au sol. Il ne rend donc pas l'avion entièrement maître de lui-même, sans référence extérieure. La navigation à inertie réalise ce prodige. Dans sa conception théorique, elle est en fait des plus simples. Il s'agit d'une estime, d'une précision toutefois inégale.

Chacun de nous fait de la navigation par inertie quand, dans une voiture, il s'accroche à une poignée, à une barre, pour ne pas être déporté vers l'extérieur dans un tournant, ou

s'appuie sur le siège placé devant lui pour ne pas être projeté en avant lors d'un coup de frein. C'est que le passager enregistre changements de direction et changements d'allure.

Tout mobile auquel aucune nouvelle force n'est appliquée se déplace en ligne droite d'un mouvement uniforme. Un changement de vitesse ou de direction implique pour lui l'intervention d'une force. Si l'on connaît les accélérations subies par le mobile, on connaît ses vitesses successives, donc les déplacements effectués, c'est-à-dire la mise à jour de sa trajectoire.

Dans une centrale à inertie, des dispositifs mesurent, selon les trois directions de l'espace et avec une très grande précision, les accélérations (positives ou négatives) subies par le vaisseau aérien, d'où ses déplacements. Les données recueillies sont intégrées par un calculateur qui indique le chemin parcouru. La plate-forme qui supporte les accéléromètres est stabilisée dans une position constante par des gyroscopes.

Les long-courriers commencent aujourd'hui à s'équiper de centrales à inertie extraordinairement perfectionnées. Les meilleures d'entre elles conduisent à des erreurs finales de position inférieures à 100 mètres par heure de fonctionnement. Un équipement de ce genre sera monté sur *Concorde*.

La navigation polaire

Le gyroscope, auquel on doit la réalisation des centrales à inertie, a aussi permis à l'homme d'accomplir un vieux rêve : aller d'un point du globe à un autre en passant par la calotte polaire. Pour certaines liaisons, cette trajectoire est la plus courte sur la sphère terrestre. La navigation polaire est devenue d'un emploi courant depuis quelques années. Son grand succès a été la liaison Europe-Japon, avec escale technique en Alaska.

La principale difficulté d'un parcours polaire tient au fait que la navigation au cap magnétique n'est plus possible (par suite de la proximité du pôle magnétique). Ceci sur une gigantesque zone de forme elliptique (une ellipse de grand axe 3 300 milles marins et de 1 100 de petit axe).

Le seul recours était l'emploi du gyroscope pur. L'instrument assez précis pour être utilisé en toute sécurité dans cette aventure fut réalisé. C'est le *polar path* qui indique une direction fixe dans l'espace comme s'il était toujours orienté sur une étoile.

Les perturbations, notamment celles qui résultent de la rotation terrestre, sont compensées par des corrections appropriées. La précession (la dérive par rapport à la direction initiale) ne dépasse pas 1,5° par heure. Pour pallier aux cas de pannes, l'avion est équipé de deux polar

paths dont les indications sont constamment confrontées par les navigateurs. Une divergence trop importante actionne un signal d'alarme.

La navigation astronomique est facile pendant la grande nuit polaire. Les gyros sont aisément vérifiés sur les étoiles qui permettent aussi le positionnement par droite de hauteur.

Pendant le jour polaire, la navigation ne dispose plus que du soleil (parfois aussi de la lune) et est beaucoup plus hasardeuse. Dans les périodes de crépuscule (le soleil n'est plus visible mais sa lumière cache les étoiles), il faut avoir recours à un artifice pour contrôler les gyros : un compas à lumière polarisée permet de définir l'azimut du soleil sans le voir. Comme on voit, le problème de la navigation polaire n'est pas simple. Ajoutons les difficultés relevant du système cartographique (au pôle, les méridiens se rejoignent comme les rayons d'une roue ; les caps vrais changent à toute vitesse). Une solution est fournie par le système de la *grille* qui donne un cap constant dans le cadre d'un système plaqué sur la réalité géographique. Victoire de l'homme, la navigation polaire a été le véritable prélude à la conquête de l'Espace.

La route de temps minimum

Dès lors qu'il lui fallait se mesurer aux navires sur les principales routes mondiales, l'avion allait avoir à se préoccuper des conditions météorologiques à l'échelle de la planète. Non seulement pour éviter les zones perturbées et dangereuses, mais pour réaliser les traversées les plus courtes possibles.

L'avion, nous l'avons vu, est transporté par le vent comme par un tapis roulant. Ce vent, il doit s'efforcer d'abord de ne pas l'avoir contre lui et, si possible, de l'avoir avec lui. Le parcours effectué dans le temps le plus court, en fonction des conditions atmosphériques instantanées, est la *route de temps minimum*. La première chose à connaître à propos des vents c'est leur force et leur direction aux diverses altitudes. Cette information, liée à la définition des zones de pression sur le parcours, est du ressort des services météorologiques. C'est en partie dans ce but qu'a été créé sur l'Atlantique Nord un réseau de stations d'observation armées par divers pavillons. Mesures au niveau de la mer et sondages par ballons permettent d'établir le tracé des zones d'égale pression (isobares) ou des hauteurs des surfaces de pression (isophyses). Quant à la direction des vents, elle découle de la loi de Buys-Ballot : dans l'hémisphère Nord, le vent tourne autour des zones de basse pression dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre, et dans le même sens autour des zones de haute

pression. Dans l'hémisphère Sud, c'est l'inverse. Ces mouvements résultent de la rotation de la terre. En fonction de ces données théoriques, des méthodes permettent de calculer les vents aux divers niveaux.

L'examen de la situation météo sur une grande étendue donne aux navigateurs aériens une première indication sur la route à suivre (dans le cadre d'une route géographique générale). La route théorique la plus courte (en négligeant les vents), ou *orthodromie*, sert de base. La route de temps minimum, choisie en fonction des vents régnant sur le parcours, peut s'éloigner considérablement de cette trajectoire théorique. Pour une distance orthodromique de 5 300 km, un avion qui parcourra 5 900 km de distance effective (donc qui allongera son chemin de 600 km), pourra obtenir un gain de temps de 40 minutes.

Des techniques assez complexes permettent d'utiliser les données réelles, rencontrées sur le parcours, pour déterminer une nouvelle dérive. Les diverses manières de naviguer en utilisant les conditions météo rencontrées ou, au moins, les conditions de pression, sont appelées par les Anglo-Saxons *Pressure Pattern Flight*. En français, on parle de vol en *aérolotation*. Il ne s'agit pas de véritables méthodes de navigation, mais d'auxiliaires importantes. Une position obtenue sur ces seules bases serait infiniment suspecte.

L'instantanéité des informations météo collectées à l'échelle mondiale, la densité du réseau d'observations (auquel s'ajoutent les satellites météorologiques), le perfectionnement des méthodes de prévision, tout cela a permis, depuis plusieurs années, d'établir des cartes *composites*. Ces cartes présentent, non la situation générale au moment du décollage, mais les situations successives que l'avion rencontrera en route.

Plus vite et plus haut...

L'avènement des avions à grande vitesse et volant très haut a modifié les rapports de la machine et des conditions météorologiques. Avec les « jets », le classique « triangle » s'allonge dans le sens de la composante vitesse. On ne peut encore savoir comment le problème évoluera avec l'apparition des supersoniques. Déjà, les courants aériens à grande vitesse découverts à haute altitude (*jet streams*) ont obligé à repenser les relations de l'avion et de son milieu. Ce n'est pas sans surprise, au cours de leurs opérations de positionnement, que les premiers navigateurs aériens pris dans ces fleuves atmosphériques constatèrent que, pratiquement, ils restaient sur place, ou au contraire, qu'ils filaient à une vitesse inattendue.

Pierre-André MOLENE

LES SATELLITES DE NAVIGATION

Tous les experts sont d'accord pour prévoir un développement considérable du trafic aérien commercial au cours des prochaines années. Cet accroissement sera surtout sensible au-dessus de l'Atlantique Nord. De très graves problèmes vont se poser aux services du contrôle aérien. Au-dessus des grandes surfaces océaniques où, dans l'état actuel des choses, le contrôle est déjà difficile, la situation pourrait devenir catastrophique. Des systèmes de satellites d'aide à la navigation semblent pouvoir apporter une solution.

En 1967, il y avait en permanence 80 avions au-dessus de l'Atlantique. En 1975, ils seront 200, supersoniques et gros porteurs compris.

Or, malgré l'introduction récente de nouveaux moyens d'aide à la navigation (radar Doppler, centrales à inertie), la position d'un avion n'est connue qu'avec une certaine marge d'erreur, laquelle est encore beaucoup trop importante.

Sur les routes océaniques, la plupart des avions actuels ont des performances à peu près identiques. Il s'agit de DC-8, de Boeing 707 ou 747. Pour des raisons de rentabilité, ces appareils empruntent des itinéraires communs et volent, en gros, aux mêmes altitudes.

Comme leur position n'est connue que de façon approximative, ils doivent, impérativement, maintenir sur ces itinéraires certains espacements dans les trois dimensions. Latéralement, un écart de 220 km doit être observé ; dans le plan vertical, les niveaux de vol sont séparés de 600 m ; entre deux avions successifs, enfin, un intervalle de 15 minutes de vol est maintenu.

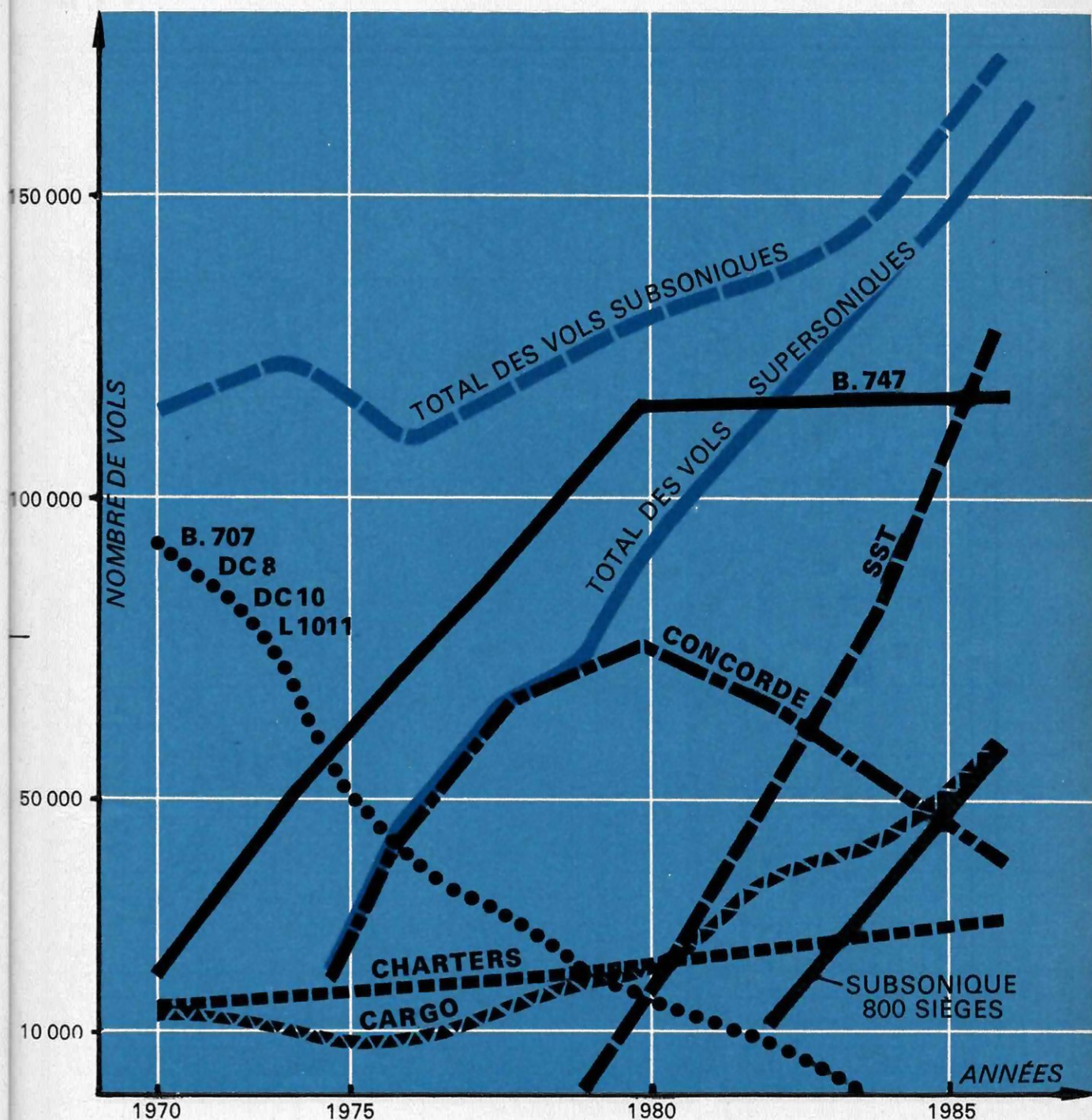
De la généralisation des systèmes de navigation du genre plates-formes à inertie, on peut attendre une réduction des normes d'espacement. Elle ne pourrait répondre, cependant, à l'accroissement du trafic.

D'ailleurs, ces systèmes ne supprimeront pas la nécessité de liaisons avec les centres de contrôle au sol. Ces liaisons sont difficiles en raison des caractéristiques de propagation des ondes haute-fréquence (HF) sur de longues distances. Leur réflexion sur l'ionosphère varie en fonction de l'heure, de l'ensoleillement et de la latitude. La gamme utilisée (10 MHz) est d'ailleurs fort encombrée et ne pourrait absorber un volume de transmissions très supérieur à ce qu'il est actuellement.

LES SATELLITES-RELAIS

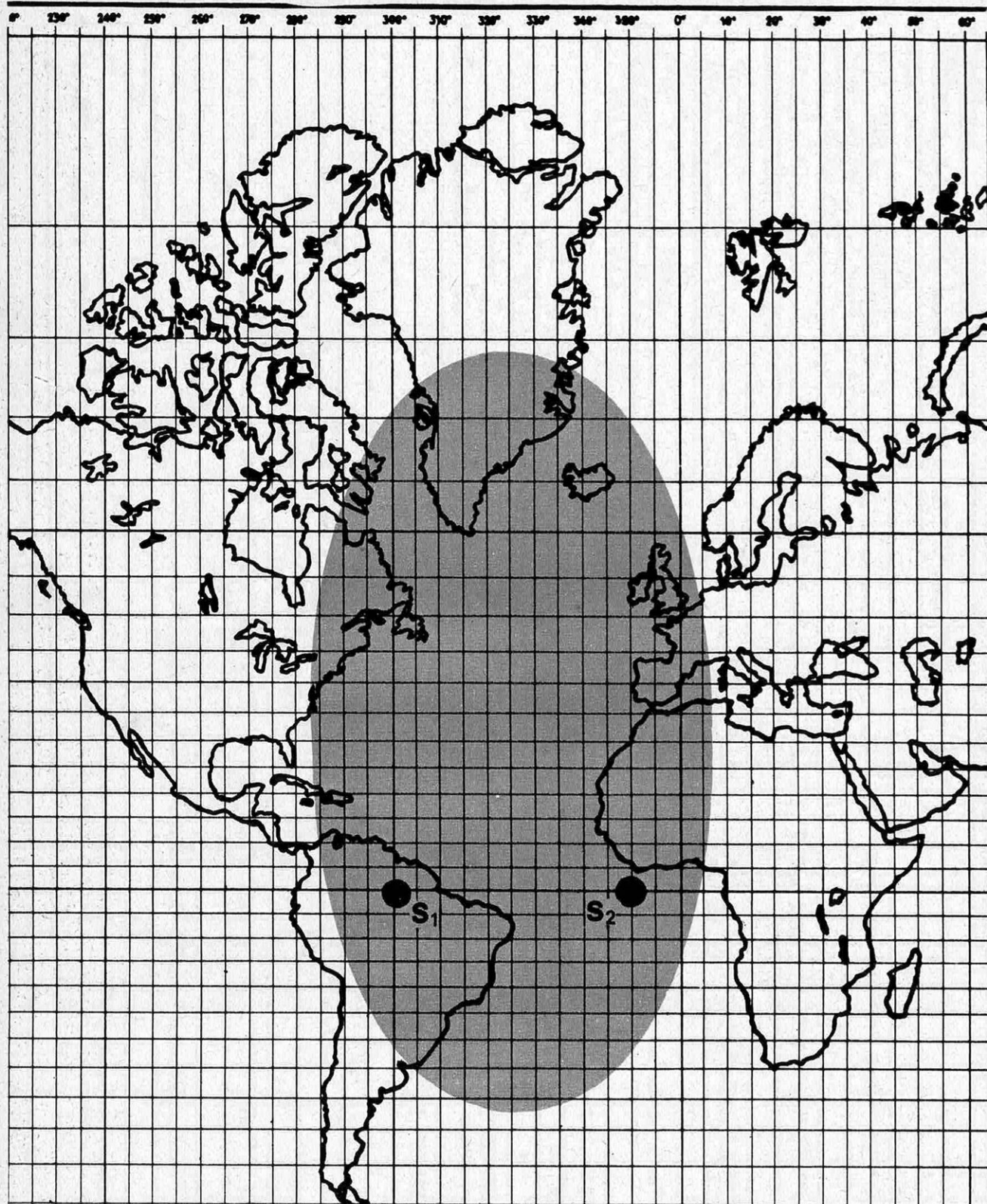
Une étude faite en France par le Centre national d'études spatiales (CNES) et le Secrétariat Général à l'Aviation Civile (SGAC) a montré qu'un système de navigation par satellite permettrait de décupler le trafic aérien. Les normes de séparation pourraient être réduites à 54 km en latéral et à cinq minutes de vol entre avions successifs.

Le satellite, du type géostationnaire, en orbite à 36 000 km d'altitude au-dessus de l'équateur, couvrirait une très vaste zone de la surface terrestre. Avec un système de trois satellites convenablement espacés, tout point de la surface terrestre serait constamment « en vue ». Le satellite servirait de relais avec le sol pour déterminer la position des avions de façon très précise. Il mettrait aussi à la disposition des

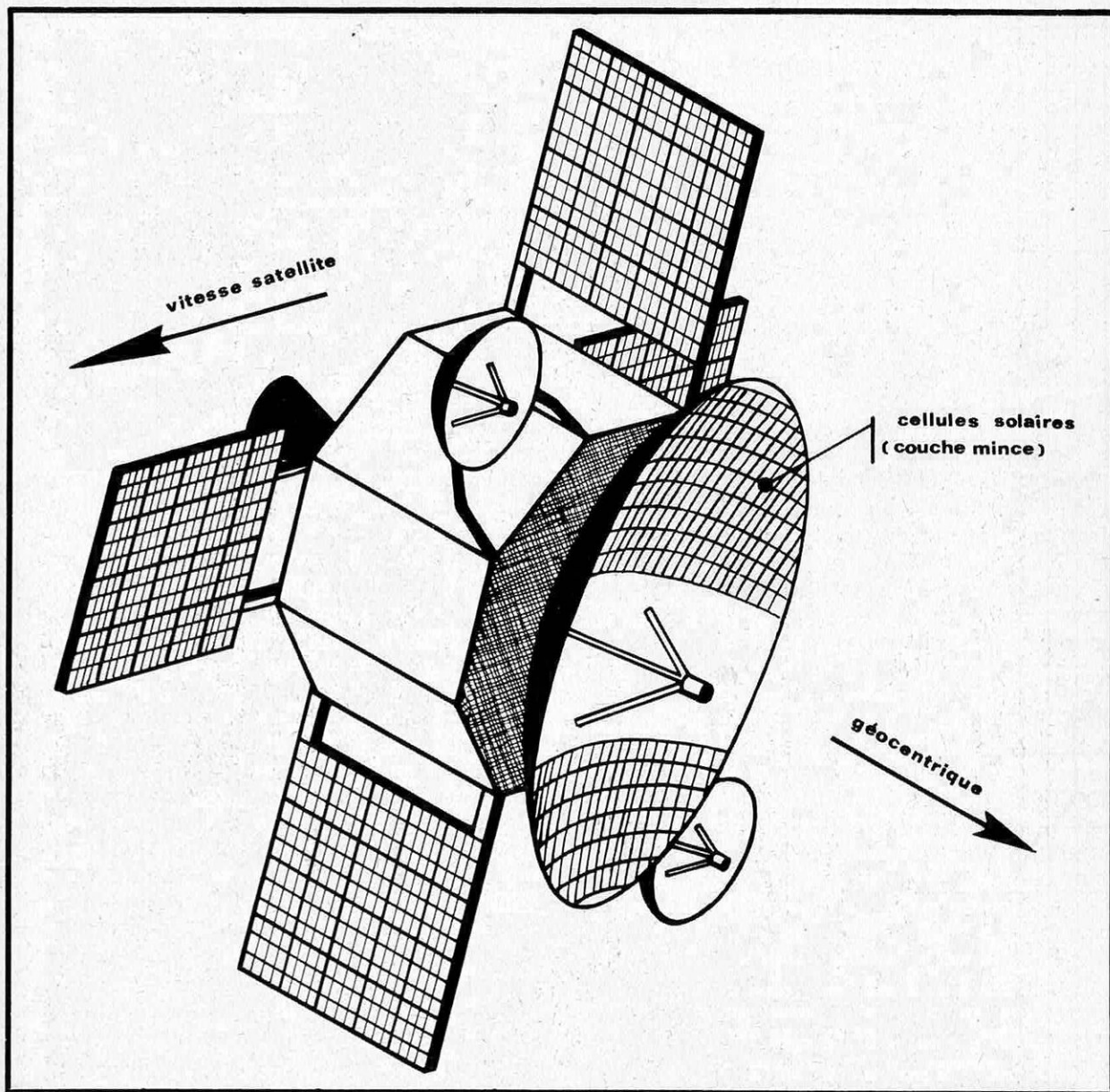


Le développement du trafic aérien sur l'Atlantique Nord, tel qu'on le prévoyait pour les quinze prochaines années (avant le vote du Sénat américain condamnant le SST). La mise en service des triréacteurs à grande capacité de type DC-10 entraînera d'abord une réduction du nombre des vols.

Le système Dioscures d'aide à la navigation aérienne pourrait être mis en service vers 1975. Les deux satellites (S1, S2) seront en orbite géostationnaire, à 36 000 km d'altitude, couvrant ainsi une vaste zone océanique.



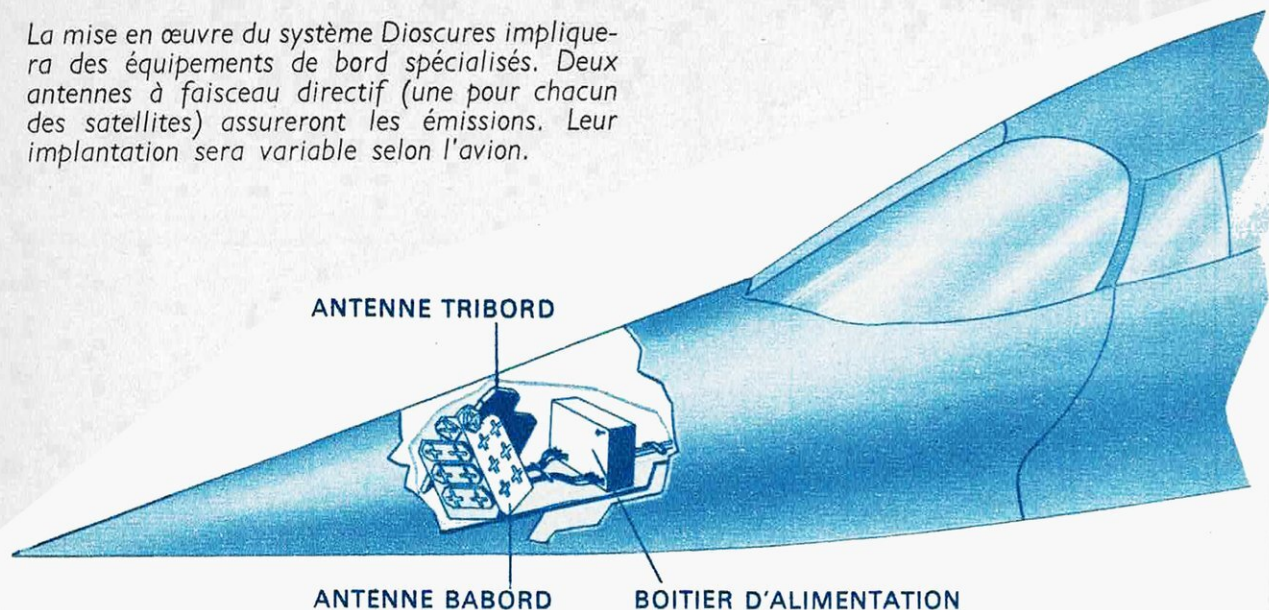
Diverses configurations sont encore à l'étude pour les satellites du système Dioscures. L'une d'elles est représentée ici. On notera l'importance des panneaux de cellules photovoltaïques qui fourniront l'énergie pour les retransmissions.



centres de contrôle aérien, des compagnies aériennes et même des services météo, un certain nombre de circuits téléphoniques. Dans un tel système, un émetteur radio placé à bord de l'avion envoie un signal vers le satellite. Cet indicatif est retransmis vers la station au sol, laquelle intègre les données acquises sur l'ensemble du trafic. On estime que, vers 1977, on pourrait, de cinq minutes en cinq minutes, obtenir la position de 200 avions en vol.

La position des appareils est déterminée par mesure du temps de propagation du signal avion-satellite. Par là, on décèle aussi les écarts par rapport à la route normale. Dans ce cas seulement, une liaison en phonie entre le sol et l'avion sera mise en œuvre pour avertir le pilote. Le contrôle centralisé, avec satellite-relais, supprimerait donc le contact radio permanent par lequel l'équipage fait, à l'heure actuelle, connaître sa position. Plusieurs pays et organisations ont des projets

La mise en œuvre du système Dioscures impliquera des équipements de bord spécialisés. Deux antennes à faisceau directif (une pour chacun des satellites) assureront les émissions. Leur implantation sera variable selon l'avion.



de satellites de navigation. Aux Etats-Unis, des expériences ont été réalisées avec le satellite ATS (Advanced Technology Satellite). La firme TRW a aussi un projet dans ses cartons. Mais c'est assurément en France, sous l'égide du CNES et du SGAC, que les études ont été les plus avancées. Il s'agit du projet Dioscures.

LE PROJET DIOSCURES

Il vise la mise en place, vers 1975, d'un système opérationnel au-dessus de l'Atlantique. Deux satellites seront mis sur orbite géostationnaire aux longitudes 10° et 60° Ouest. Le rôle du deuxième engin ne sera pas seulement de pallier une éventuelle panne, mais de permettre une localisation très précise, de l'ordre de 3 km (un peu plus, il est vrai, dans la bande équatoriale, entre les latitudes 10° nord et sud).

La localisation s'effectue à l'initiative d'une station terrestre, laquelle émet à un instant donné un signal radio contenant le code d'identification d'un avion et d'un seul. Le signal est relayé par le satellite. Seul l'avion intéressé répond. La réponse est retransmise au sol par l'intermédiaire des deux satellites. La mesure des temps de propagation donne une information de distance avion-satellite, d'une précision de l'ordre de 200 m sur une distance totale de 160 000 km. Elle permet de situer l'avion sur une sphère centrée sur chacun des satellites. L'indication de l'altitude, facilement transmise par l'émetteur embarqué, définit une troisième sphère, centrée cette fois sur l'avion. L'intersection des trois sphères définit la position.

L'émission « sol » se produit toutes les cinq

minutes. Dans l'intervalle, la route de l'avion peut dévier. La séance suivante d'interrogation-réponse permet de corriger l'erreur. Pour cela, une seule voie de communication téléphonique suffira à la station de contrôle. Les satellites Dioscures en offriront cinq autres aux compagnies aériennes, plus deux circuits télex et une voie supplémentaire de transmission de données de route.

A bord de l'avion est prévue l'installation d'une antenne à deux faisceaux directifs, un pour chacun des satellites. En ce qui concerne le satellite lui-même, deux avant-projets sont à l'étude. Le premier serait stabilisé par rotation après lancement par des fusées Thor-Delta ou Europa II. Le deuxième, stabilisé sur trois axes, serait lancé par Europa II. Dans le premier cas, la masse du satellite serait de 160 kg ; dans le second, de 200 kg. Le positionnement sur orbite géostationnaire nécessitera l'addition de moteurs d'apogée de masses 180 et 140 kg (avec les ergols).

A l'automne dernier, des expériences de transmission préparatoires à Dioscures ont été conduites. Le satellite était représenté par un ballon stratosphérique équipé d'en ensemble émetteur-récepteur ; l'avion de ligne, par un Potez 842.

Dans le cadre de la coopération spatiale européenne, la France a finalement cédé son dossier à l'ESRO. L'organisme multinational est maintenant chargé de la réalisation du projet. Des négociations ont déjà eu lieu avec trois consortiums industriels. Des pourparlers récents avec les autorités américaines donnent à penser qu'une expérience en commun sur les transmissions radio pourrait avoir lieu avant la fin de l'année.

J. R. GERMAIN

MERCURE

court courrier 130-150 passagers



**LE PRIX DE REVIENT LE PLUS BAS
AU KILOMETRE-PASSAGER**

FRANCE

le réseau intérieur s'étoffe

Air-Inter appartient désormais au groupe des « grands » de l'aviation commerciale française, avec Air-France et UTA : en dix ans, dix millions de passagers transportés, trente-deux villes aujourd'hui desservies, et de nouvelles liaisons à l'étude. De 100 000 passagers en 1960, on est passé à plus d'un million en 1966, et 2 400 000 en 1969. Cette année, la fréquence des vols est accrue sur les lignes à fort trafic (Paris-Lyon, Paris-Marseille, Paris-Toulouse, Lyon-Marseille...). La nouvelle gare d'Orly-Ouest, inaugurée en mars 1971 (juste dix ans après Orly-Sud), est spécialement destinée aux lignes intérieures.

Ce tableau, il est vrai, ne doit pas faire oublier, comme le rappelait récemment M. Robert Vergnaud, président-directeur général d'Air-Inter, que la France n'est pas à l'avant-garde en matière de trafic aérien intérieur : avec ses 2 850 000 passagers annuels (Air-Inter, Air-France, UTA), elle s'inscrit à peu près sur le même plan que l'Espagne et l'Italie, et bien loin derrière le Royaume-Uni. Mais il convient de juger l'état des choses en France par rapport à leur récent point de départ, et aussi des prévisions pour le proche avenir : cinq millions de passagers pour 1975.

Air-Inter utilise actuellement des Caravelle, des Fokker F-27 et des quadriturbopropulseurs Viscount. Elle a été la première compagnie à mettre en service l'atterrissage automatique tous-temps.

LE TROISIEME NIVEAU

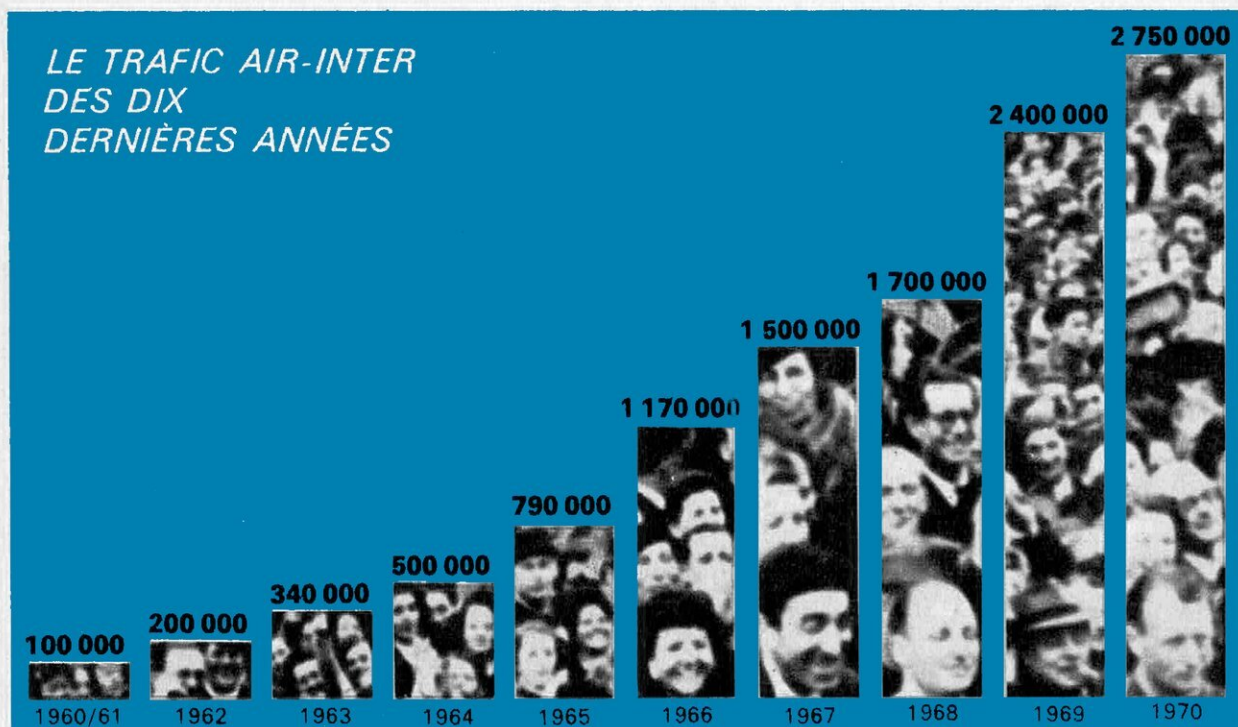
En dehors d'Air-Inter (et des quelques liaisons intérieures possibles par Air-France



Naguère limités à quelques parcours sur les lignes d'Air France, les transports aériens intérieurs français se sont développés au cours des années 60, avec la naissance de la compagnie Air-Inter, dont l'activité est maintenant florissante. Les prochaines années verront probablement l'essor d'un autre type de liaison aérienne intérieure : le transport complémentaire ou de « troisième niveau ».



Ce graphique matérialise l'évolution du trafic d'Air-Inter, devenue, en dix ans, un des trois grands du transport aérien français.



et UTA), il existe tout un réseau complémentaire, de développement encore plus récent, assuré par de petites compagnies, et qui comprend :

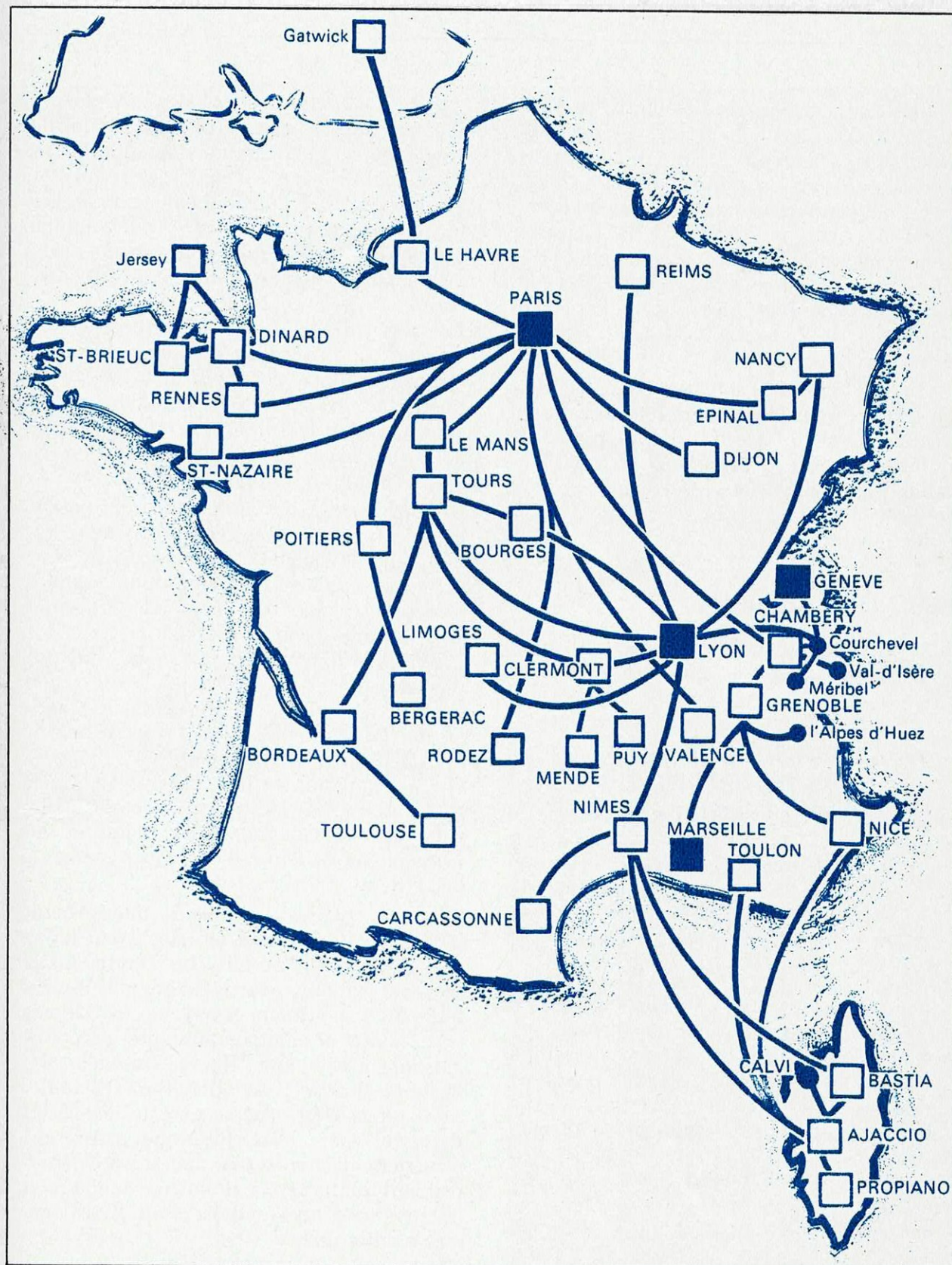
- des lignes à très courte distance, comme Paris-Le Havre ;
- des lignes reliant la capitale à des villes secondaires mal desservies par les moyens terrestres, comme Bergerac ;
- des lignes d'apport qui drainent des passagers pour Air-Inter (Clermont-Ferrand - Le Puy...) ou même pour les réseaux internationaux (Dijon - Orly).
- des transports à la demande.

Ces lignes complémentaires, généralement exploitées par des avions de dix à quinze places, sont appelées « lignes de troisième niveau », d'après l'altitude de croisière qui leur est habituelle. La limite entre les compagnies de deuxième et de troisième niveau est assez délicate, et le critère retenu est en principe celui de la masse totale au décollage. La limite de 5 700 kg, fixée aux Etats-Unis par la FAA, a été adoptée en France. Elle est déterminante pour la qua-

lification exigée des pilotes, les modalités d'exploitation des appareils et les autorisations de transport public accordées aux compagnies. En fait, deux compagnies de troisième niveau, Rousseau-Aviation et Europe-Aéro-Service, emploient des appareils de vingt tonnes. On en est donc arrivé à admettre comme plafond du troisième niveau le plancher du deuxième, et comme les plus petits appareils d'Air-Inter offrent cinquante places, on a convenu que ce serait la limite de capacité des avions de troisième niveau.

Aux Etats-Unis, les lignes de troisième niveau, appelées aussi *commuter* (lignes de banlieue) sont extrêmement développées : en 1968, 240 compagnies exploitaient 1 272 appareils. En décembre 1970, la restructuration et la concentration des compagnies avait ramené leur nombre à 132. La France connaîtra probablement la même évolution avec quelques années de décalage : le transport aérien complémentaire, régulier ou non, s'y trouve dans une phase ascendante. Les premières lignes de troisième niveau ouvertes en France furent les liaisons Paris-

Le réseau se développe. Il est même difficile de tenir à jour une telle carte, de nouvelles lignes s'ouvrant presque chaque mois.



Calais, de la compagnie Air-Paris, et Tousus-le-Noble-La Rochelle, de France-Aéro Service (qui a depuis abandonné le transport aérien pour la vente d'avions). Ces lignes ne connurent pas un grand succès. C'est à partir de 1969 que le transport complémentaire régulier a commencé à se développer, avec les lignes d'Air-Alpes (notamment Chambéry-Paris), d'Air-Paris (Dijon-Paris), de Rousseau-Aviation, d'Europe-Aéro Service, etc.

Le 1^{er} octobre 1969, Air-Alpes mettait en service, pour la première fois en Europe, un Beechcraft 99. Ce biturbopropulseur de quinze places — sur lequel nous reviendrons plus loin — est le premier appareil spécialement conçu pour répondre aux spécifications du troisième niveau.

LES COMPAGNIES

Treize compagnies effectuent, actuellement, en France, du transport aérien ré-

gulier. La création d'une ligne est le plus souvent suscitée par les collectivités locales — chambres de commerce et d'industrie, municipalités, etc. — qui jouent un rôle essentiel dans le développement du troisième niveau, tant pour financer les équipements d'aéroports que pour assumer tout ou partie des risques financiers de l'entreprise.

La desserte aérienne d'une ville qui, jusqu'alors, ne bénéficiait d'aucune liaison aérienne régulière, contribue à son essor industriel et à celui de toute la région, surtout lorsque cette dernière est géographiquement enclavée et qu'elle manque d'une bonne desserte routière et ferroviaire.

Air-Alpes, compagnie régionale du Sud-Est, exploite un réseau saisonnier de lignes de montagne (Michel Ziegler, son directeur, est un pionnier de l'aviation de montagne). Elle relie aussi, toute l'année, la région Rhône-Alpes à Paris et à Nice.

Les lignes d'*Air-Centre* ont une vocation d'éclatement et d'apport pour les passagers en provenance ou à destination de Mende et du Puy (et bientôt d'autres villes du Massif Central).

Il n'existait aucune liaison rapide entre la Champagne et la région lyonnaise. La Chambre de Commerce de Reims et *Air Champagne-Ardenne* l'ont créée, avec la ligne Reims-Lyon.

Air-Paris, un des précurseurs du troisième niveau en France, exploite à présent les lignes Orly-Dijon et Orly-Le Havre. Cette dernière, la plus courte de tout le réseau français, connaît un grand succès. Depuis le 1^{er} avril, la compagnie assure aussi une liaison quodienne Le Havre-Gatwick. *Air-Paris* et *Rousseau-Aviation* sont les seules compagnies de troisième niveau desservant Paris qui opèrent à Orly (ce qui assure aux passagers une correspondance avec le réseau international). Les autres compagnies de troisième niveau desservant Paris opèrent au Bourget.

Air-Vosges relie Epinal à Paris, Lyon et

RÉSULTATS 1970 DES COMPAGNIES COMPLÉMENTAIRES

Compagnie	Heures de vol	Passagers	km parcourus
Air-Alpes	4 754	35 797	1 296 300
Air-Centre	650	1 000	—
Air-Paris	1 357	6 251	360 583
Air-Périgord	1 144	1 545	298 000
Air-Vosges	1 676	4 089	455 872
Avia-France	2 500	5 000	750 000
Corsair	887	3 823	209 720
Europe-Aéro Service	4 355	32 706	1 163 500
Rousseau-Aviation	18 671	101 561	4 550 000
Touraine-Air-Transport	3 300	8 000	100 000
Uni-Air	1 200	2 800	295 000

Ce Beechcraft 99 d'Air-Alpes a été le premier mis en service sur une ligne européenne. Depuis, d'autres compagnies se sont équipées de ce matériel. On voit ainsi s'amorcer une standardisation entre les compagnies.



Nancy. Ces lignes, dont le trafic est trop faible pour intéresser Air-Inter, sont très appréciées des Vosgiens.

Avia-France offre une liaison directe Paris-Saint-Nazaire.

Le cas de *Corsair* est particulier : cette compagnie assure uniquement des services intérieurs en Corse. Des liaisons Corse-Continent sont actuellement à l'étude.

Europe-Aéro Service et *Rousseau-Aviation* pourraient être considérées comme « de deuxième niveau et demi » si cette appellation pouvait exister. Elles exploitent, en même temps que des avions plus petits, des appareils de cinquante et soixante places. *Rousseau-Aviation*, dont le siège est à Dinard, relie la Bretagne aux îles anglo-

normandes et à Paris ; elle doit son remarquable essor à la persévérance de son président Claude Rousseau. Implantée dans le Sud-Est, *Europe-Aéro Service* exploite des liaisons saisonnières avec la Corse et les Baléares et, toute l'année une ligne Paris-Valence.

Touraine-Air-Transport a connu aussi un développement très rapide avec son réseau transversal dans le Centre. Elle travaille en association avec *Air-Limousin* et *Air-Périgord* (qui assure le désenclavement de sa région par la ligne Bergerac-Paris).

Uni-Air relie depuis peu Paris à Rodez. Les treize compagnies complémentaires régulières sont, depuis octobre de l'an dernier, regroupées en une association.

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-contre.



- N° 40 Agriculture
- N° 42 La Vitesse
- N° 43 Le Sahara
- N° 44 Auto 1958/59
- N° 45 Médecine-Chirurgie
- N° 46 Habitation
- N° 47 Aviation 1959
- N° 48 Auto 1959/60
- N° 49 Électronique

- N° 62 Week-End 1963
- N° 63 Aviation 63
- N° 64 Auto 1963/64
- N° 65 Radio Télévision
- N° 66 Photo
- N° 68 Auto 1964/65
- N° 69 L'Automatisme
- N° 70 Aviation 1965
- N° 71 Auto 1965/66



- N° 20 Les vacances
- N° 22 Astronautique
- N° 24 Aviation 1953
- N° 25 Auto 1953/54
- N° 29 Auto 1954/55
- N° 32 Photo et Cinéma
- N° 36 Auto 1956/57



- N° 86 1969 A la Conquête des Océans
- N° 87 1969 Aviation 1969
- N° 88 1969 La Lune
- N° 89 1969 L'Automobile 1969/70
- N° 90 1970 Photo 1970
- N° 91 1970 Navigation de plaisance
- N° 92 1970 Météo
- N° 93 1970 Auto 1970/71
- N° 94 1971 Le Son
- N° 95 1971 à paraître: L'Aviation
- N° 96 1971 à paraître: L'Automobile 71



- N° 51 La Mer
- 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° 58 Musique
- N° 59 Astronomie
- N° 60 Auto 1962/63
- N° 61 Électricité

- N° 73 Les Chemins de Fer 1966
- N° 74 Habitation
- N° 75 Photo-Ciné
- N° 76 Auto 1966/67
- N° 77 L'Espace
- N° 78 Aviation 1967
- N° 79 Auto 1967/68
- N° 80 Photo
- N° 81 Télévision
- N° 83 Transport Aérien
- N° 84 L'Auto et la Motocyclette
- N° 85 Les Greffes



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 », 32, boulevard Henri-IV - PARIS 4^e - tél. 887.35.78

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 91.07, centre PARIS)

Mandat-lettre



A l'ordre de Excelsior-Publications

Aucun envoi ne pourra être fait contre remboursement

CONSERVEZ VOTRE COLLECTION

Pour vous permettre de garder vos numéros de SCIENCE & VIE, mensuels et hors-série, nous avons édité des reliures permettant chacune la conservation de 6 numéros. Celles-ci sont disponibles à notre service de vente et vous seront expédiées à réception de votre commande accompagnée du règlement. Écrire à :

**SCIENCE & VIE Hors-Série « PROMOTION 1 », 32, boulevard Henri-IV - PARIS 4^e -
tél. 887. 35.78**

Nom:

Adresse:

Reliures demandées:

(les reliures sont obligatoirement expédiées par multiples de deux - F 14,15 pour deux reliures, port compris).

Chèque bancaire

Chèque postal
(CCP 91.07, centre PARIS)

Mandat-lettre



A l'ordre de Excelsior-Publications

Aucun envoi ne pourra être fait contre remboursement.

DES AVIONS SUR MESURE

Pour atteindre la meilleure rentabilité, les lignes complémentaires ont besoin d'appareils adaptés à leurs modalités particulières d'exploitation. Les appareils les plus petits de l'aviation commerciale « classique » (premier et deuxième niveaux) sont trop gros pour elles, ceux de l'aviation d'affaires souvent trop petits. Elles ont dû longtemps se contenter de ce qui existait. L'avenir promis au transport de troisième niveau fait maintenant apparaître des appareils spécialement conçus pour lui.

Pour recenser les modèles utilisés en France sur le réseau complémentaire, il convient donc de distinguer les avions anciens, les avions d'affaires et les appareils nouveaux.

Avions anciens. — Avec le troisième niveau, le DC-3 a repris du service, non seulement aux Etats-Unis, mais encore en France. Rousseau-Aviation a commencé son exploitation avec des DC-3 et en utilise encore sur ses liaisons avec les îles anglo-normandes. Air-Paris met en service des De Havilland *Heron*, quadrimoteurs de quinze places ; ces appareils, bien qu'anciens, offrent un nombre de sièges adapté aux besoins du troisième niveau, dans de bonnes conditions de confort.

Rousseau et Europe-Aéro Service ont acquis des biturbopropulseurs britanniques de cinquante à soixante places : Hawker-Siddeley 748 pour Rousseau, Handley-Page *Dart Herald* pour EAS.

Avions d'affaires. — Ils forment encore une grande partie du parc du troisième niveau, soit tels quels, soit aménagés en « haute densité ». Le Beechcraft *Queen Air*, bimoteur de sept à huit places, est utilisé par Air-Limousin, Air-Périgord, Touraine Air-Transport et Uni-Air. Des appareils plus petits sont également en service ; Beech *Baron* (Air-Centre) ou Cessna 401 et 411.

Avions de troisième niveau. — Le premier avion de troisième niveau offert sur le marché, le Beechcraft 99, est dérivé du *Queen*

Air, auquel il emprunte certains éléments, comme la voilure. Son fuselage allongé reçoit quinze sièges de passagers. La cabine est pourvue des équipements de l'aviation commerciale (lumières et aération individuelles, panneaux lumineux *no smoking* et *fasten seat belts*). Cet appareil a connu dès sa sortie un grand succès aux Etats-Unis. En France, la flotte d'Air-Alpes s'est accrue en juin 1970 de son deuxième Beech 99. Touraine-Air-Transport vient de rééquiper sa flotte en appareils de ce type, ainsi qu'Avia-France et Uni-Air. Le Beech 99 est doté de deux turbopropulseurs Pratt et Whitney PT6 A-27, et de tout l'équipement réglementaire en catégorie II, y compris un répondeur radar et un radar météo qui lui garantit une sécurité voisine de celle des avions des premier et deuxième niveaux.

Plus petit (neuf passagers), le Cessna 402, extrapolé des bimoteurs d'affaires Cessna de la série 400, est équipé de deux moteurs turbocompressés de 300 ch. Il est employé par Air Champagne-Ardenne, Air-Vosges, Avia-France et Touraine-Air-Transport.

La classe supérieure est représentée par le Nord 262. Ce biturbopropulseur de vingt-huit places, construit par l'Aérospatiale, fut naguère exploité par Air-Inter. Rousseau-Aviation et Europe-Aéro Service ont pris le relais. Le créneau des vingt-cinq à trente places n'est à l'heure actuelle occupé par aucun autre appareil moderne.

Il semble qu'un biturbopropulseur de capacité intermédiaire entre le Beech 99 et le Nord 262, capable d'utiliser des terrains courts et dont le coût d'exploitation resterait modéré, serait le bienvenu.

LE TRANSPORT A LA DEMANDE

Parallèlement aux lignes régulières, le transport à la demande se développe en France. Il comprend les compagnies *charters*, qui utilisent du matériel lourd et effectuent surtout des vols internationaux, et les avions-taxis. Les charters font dans ce numéro

La maintenance est un poste très important dans l'exploitation. Il s'agit d'offrir les mêmes garanties de sécurité que sur les lignes intercontinentales. Ici, une équipe de mécaniciens d'Avia-France au travail.

M. Toscas



l'objet d'un autre article. Pour le transport intérieur français, mention particulière doit être faite de la compagnie Euralair, dont l'activité est double :

- d'une part, transport à la demande au moyen d'avions d'affaires (dont trois Learjet et un Mystère 20) exploités sous forme de « pool » de propriétaires ;

- d'autre part, services touristiques régulièrement programmés, au moyen de deux Fokker F-27 de cinquante places. Le développement important et rapide d'Eural-

air constitue un exemple très significatif. *Europe Falcon Service*, par l'intermédiaire de la compagnie *Unijet*, offre ses Mystère 20 en location.

Parmi les plus importantes compagnies d'avions-taxis et de location, citons *Transairco*, — *Air-Affaires* (qui loue des biréacteurs HS-125), *Air-Entreprise*, *General Aviation*, etc. De nouvelles sociétés d'avions-taxis se créent presque chaque mois.

Claudine SOBOL

LES CONSTRUCTEURS FRANÇAIS

La France occupe le deuxième rang mondial pour le parc d'avions de tourisme et d'affaires (bien qu'elle arrive, il faut le dire, très loin derrière les Etats-Unis). Un tel rang s'explique, en grande partie, par l'existence d'une importante industrie nationale à vrai dire très ancienne.

Cette industrie se trouve, à présent, confrontée à la redoutable concurrence des appareils américains. Les firmes d'outre-Atlantique — en particulier Cessna, Beechcraft et Piper — sont solidement implantées dans notre pays, avec des réseaux de vente structurés et efficaces. Paradoxalement, ces qualités font parfois défaut à nos propres constructeurs.

Au cours des dernières années, les constructeurs français ont consacré leurs efforts à moderniser la conception de leurs appareils et leurs techniques de fabrication. Ainsi, la construction bois et toile est en forte régression au profit du métal ou même du plastique.

SOCATA : LE SUCCES DES « RALLYE »

Le « cheval de bataille » de la SOCATA ⁽¹⁾ est incontestablement le Rallye. Développé par Morane-Saulnier dès 1958, fabriqué successivement par Potez, puis Sud-Aviation, après l'absorption de ces firmes par le constructeur nationalisé, ce monomoteur entièrement métallique est à présent fabriqué par la filiale de l'Aérospatiale.

Comme les autres appareils de la gamme

SOCATA, les Rallye sont construits dans l'usine de Tarbes-Ossun, héritage de la société Morane-Saulnier. Cette usine est équipée des machines-outils les plus modernes. La famille des Rallye proposés par Morane (en plusieurs versions de moteurs) s'est agrandie de la version Commodore renforcée et surmotorisée : MS-892 à moteur 150 ch, puis MS-893 à moteur 180 ch. Ce dernier est, avec le Rallye 100 ch, le plus vendu de la gamme.

Le 1 000^e Rallye a été vendu en 1968. En 1971, la gamme Rallye se présente ainsi :

— le *Rallye 100 ch*, dit Rallye-Club, avion-école ou triplace de promenade. Il est utilisé dans de nombreux clubs, tant pour l'école de début que pour l'entraînement

(1) Société de Construction d'Avions de Tourisme et d'Affaires.

Avec le ST-10 « Diplomate »,
la SOCATA offre un avion
de voyages confortable
et rapide destiné
à répondre aux exigences
nouvelles de la clientèle.



et la pratique de la navigation. Sa vitesse de croisière est voisine de 170 km/h ;

— le *Rallye 115 ch*, intermédiaire entre le Rallye 100 ch et les Commodore, dont il a l'arête dorsale, les carénages de roues et les capots moteur. Son Lycoming 115 ch lui confère des performances légèrement supérieures à celles du modèle précédent ;

— les *Commodore 150* et *180 ch* ont une cellule renforcée et sont homologués pour le remorquage des planeurs. Ils sont fréquemment utilisés pour le travail aérien léger ;

— le *Minerva 220* est un véritable cheval de travail. Ce Commodore, équipé d'un moteur Franklin de 220 ch et d'une hélice à pas variable, atteint des performances semi-STOL au décollage et à l'atterrissage. Il peut être équipé de skis.

Au 1^{er} janvier 1971, la SOCATA avait vendu 1 708 Rallye de tous types à 1 570 clients. Ce succès s'explique en premier lieu par le prix des appareils : un Rallye 100 ch ne coûte que 63 900 F (prix 1970). Plus encore, la robustesse et l'extraordinaire sécurité offerte dans toutes les configurations de vol emportent les suffrages. Un Rallye « pardonne » aussi bien les fautes de l'élève-pilote qu'il autorise les configurations de vol critiques exigées dans certaines opérations de travail aérien.

Le *Rallye 7* n'a pratiquement plus de « Rallye » que le nom. Cet appareil, dont le premier vol eut lieu en janvier 1969, n'est pas encore commercialisé. C'est un monomoteur de six places à train escamotable, équipé d'un moteur 300 ch. Il peut être utilisé pour le travail aérien, comme avion d'affaires, ou transport léger.

Le Rallye 7 est le concurrent direct des

Cessna 207 et Piper Cherokee 6. Sa vitesse de croisière est de 280 km/h, sa charge utile de 900 kg pour un rayon d'action de 1 500 km. La puissance du moteur et la forte hypersustentation de la voilure (directement dérivée de celle du Commodore) lui assurent d'intéressantes performances au décollage et à l'atterrissage.

Un second prototype a effectué son premier vol au début de l'année. Doté d'importantes modifications, il préfigure vraisemblablement la version de série.

SOCATA ET L'AVION DE VOYAGE

Si le Rallye est — comme on l'a souvent dit — la « 2 CV de l'air », la SOCATA (comme, avant elle, Sud-Aviation) s'attache à produire aussi des « DS ». Entendons par

Production de la SOCATA

au 1^{er} janvier 1971

	Commandes France	Commandes exportation	% export	Total commandes	Total matériel livré
Rallye	1 040	668	39,5	1 708	1 586
GY-80 «Horizon»	148	111	43	259	258
ST-10 «Diplomate»	14	15	52	29	17

là des avions de voyage, ce qui implique vitesse, confort et équipements plus complets.

Ce fut d'abord le GY-80 Horizon, créé en 1960 par Yves Gardan, puis construit par Sud-Aviation, de 1962 à 1966, dans son usine de Rochefort. Transférée en 1966 à Tarbes, la production s'est poursuivie jusqu'en 1969. Le Gardan GY-80 était proposé en versions 160 ch ou 180 ch, équipé, sur option, d'une hélice à pas variable et, en série, d'un train tricycle escamotable.

Le ST-10 est venu remplacer l'« Horizon », en tant qu'avion de voyage, dans la gamme SOCATA. Au départ, il s'agissait d'un Horizon allongé et surmotorisé. Depuis son premier vol en novembre 1967, il a subi

Corvette : un avion qui promettait beaucoup

Le prototype du petit biréacteur d'affaires et de liaison « Corvette » de l'Aérospatiale s'est écrasé au sol en mars dernier lors des essais pratiqués au CEV en vue de sa certification, causant la mort des trois membres de son équipage. Pourtant, cet avion — qui volait depuis juillet 1970 — promettait beaucoup : économique, agréable et facile à piloter, ses performances lui permettaient d'utiliser des terrains très courts.

Aucun autre prototype n'étant sur le point de voler, le programme « Corvette » sera — sinon remis — du moins considérablement retardé.

tant de modifications que l'on a maintenant un avion entièrement nouveau. Sous le nom de « Diplôme », l'appareil est, depuis l'an dernier, fabriqué en série. C'est un vrai quadriplace (cabine spacieuse), équipé d'un moteur à injection de 200 ch et d'un train tricycle rétractable à commande électrique.

REIMS-AVIATION : UN AVION PAR JOUR

Reims-Aviation a choisi une politique entièrement différente de celle des autres constructeurs : à partir de matériels américains sérieusement éprouvés (Cessna), réaliser un programme de construction complète (et non, comme on le pense parfois, de montage). L'entreprise reste française, en particulier au plan des capitaux majoritaires, de la gestion, et du personnel. Un seul membre du « staff » est américain. Le pari de Pierre Clostermann, président de Reims-Aviation, est aujourd'hui gagné : du 1^{er} août 1970 au 30 juin 1971 auront été produits 363 avions — soit à peu près 1 par jour.

La gamme des appareils construits en 1971 par Reims-Aviation est la suivante :

- le *F-150*, biplace d'école,
- le *F-150 « Aerobat »*, pour l'initiation et l'entraînement à la voltige,
- le *F-172*, quadriplace de tourisme à moteur 145 ch,
- le *FR-172 « Reims-Rocket »*, création de Reims-Aviation et qui n'est pas construit aux Etats-Unis. C'est une version surmotorisée (210 ch) du *F-172*, équipée d'une hélice à pas variable. Le *FR-172* vient

d'être homologué en version « skis », et Reims-Aviation en a également mis au point une version STOL,

— le *F-337* est la version française du bimoteur « push-pull » Superskymaster. Les deux moteurs disposés suivant l'axe longitudinal lui confèrent une grande facilité de pilotage (aucune qualification bimoteur n'est requise) et surtout une très grande sécurité (pas de dissymétrie en cas de panne d'un moteur au décollage). Le *F-337* est un six-places polyvalent : affaires, travail aérien, transport de fret... La version *FT* du 337 est équipée de moteurs à turbo-compresseur ; une version STOL a également été développée,

— le *Cardinal RG* est le dernier-né de la gamme (c'est d'ailleurs le dernier-né de la gamme Cessna). Lors de sa première présentation publique à Wichita (Kansas), en décembre 1970, il séduisit tout le monde par sa ligne élégante (aile haute non haubanée et fuselage très fin), par ses qualités de vol, l'agrément de son pilotage et le confort de sa cabine. Reims-Aviation lancera sa construction en série en septembre.

Pour construire ses avions, Reims-Aviation ne reçoit des Etats-Unis que les pièces primaires (tôles) ainsi que certains éléments fabriqués en très grande série, tels les trains d'atterrissage (il serait beaucoup plus onéreux de les fabriquer, sur une petite échelle, à Reims).

Les avions sortis d'usine et essayés en vol sont « réinjectés » dans le réseau commercial européen de Cessna, dont le centre est à Bruxelles. Reims-Aviation ne vend directement que sa production militaire, qui vient de s'enrichir du « Milirole », STOL dérivé du « 337 ».

En 1969-1970, Reims-Aviation avait exporté 70 % de sa production.

On ignore souvent que l'activité de Reims-Aviation n'est pas limitée à la seule construction d'avions Cessna ou de leurs dérivés. Cinquante pour cent de la production de l'usine sont consacrés à des travaux de sous-traitance pour l'industrie française en général : éléments du Nord-262, du Falcon-20 et, depuis cette année, du Falcon-10. Reims-Aviation effectue également la réparation et l'entretien des « Broussard » militaires, autrefois fabriqués dans cette même usine par la firme Max Holste.

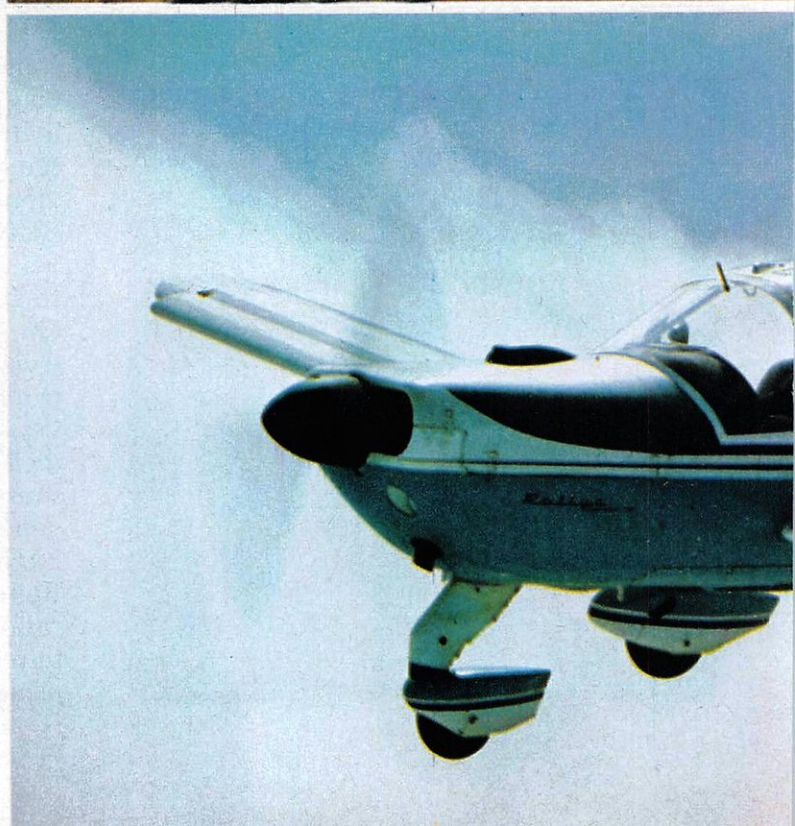
Production 1970 - 1971 de Reims-Aviation

(du 1^{er} août au 30 juin)

F-150	100
FA-150 « Aerobat »	80
F-172	80
FR-172 « Reims-Rocket »	50
F-337 et FT-337	20
Cardinal RG	33
Total	363

LES « RALLYE » DE LA SOCATA : DES AVIONS ROBUSTES ET POLYVALENTS

Le haut de la gamme Rallye est tenu par les deux avions ci-contre : le « Minerva 220 » (en haut) et le « Commodore » (en bas). La photo du haut n'est pas un montage : le « Minerva 220 » est bien capable de remorquer simultanément plusieurs planeurs. Quant au « Commodore », il peut répondre à des besoins multiples : tourisme, affaires, travail aérien, et même largage de parachutistes.





AVIONS PIERRE ROBIN : S'ADAPTER AUX EXIGENCES DU MARCHE

À la libération, MM. Joly et Delemontez dessinèrent un avion qui allait marquer toute l'aviation légère de l'après-guerre : le Jodel. Sa silhouette originale, avec l'aile à double dièdre, aux extrémités relevées, se retrouve identique à elle-même du monoplacement D-9 « Bébé Jodel » au « Petit-Prince » de Pierre Robin, bien que les appareils aient, entre-temps, considérablement évolué.

Depuis 1957, la société des Avions Pierre Robin — qui jusqu'en 1969 s'est appelée Centre-Est Aéronautique — est spécialisée dans la construction d'avions de type Jodel. Le premier modèle de la firme, le DR-100, ne fut produit qu'à 10 exemplaires. En 1959, l'Ambassadeur 1050 effectuait son premier vol. Par deux fois, avec Pierre Robin aux commandes, la version DR-1051 se classa (en 1961 et 1962) deuxième au Rallye de Sicile, compétition internationale réputée. Ces succès entraînèrent la mise au point du fameux DR-1051 « Sicile », avion fin et rapide aux performances brillantes, lancé en série en mars 1963. Ambassadeur et Sicile ont connu un très grand succès auprès des aéroclubs et des particuliers.

En 1966, Centre-Est Aéronautique amorça un tournant dans sa politique en lançant l'étude d'un appareil qui, tout en conservant la formule « Jodel », était doté d'un train tricycle.

Les utilisateurs, en effet, boudaient de plus en plus le train classique au profit du train tricycle dont le principal avantage réside dans la plus grande facilité de manœuvre au décollage, à l'atterrissage et au roulage, ainsi qu'une plus grande sécurité par vent de travers.

Ainsi fut, en 1967, lancé le Régent. Au 31 décembre 1970, un total de 83 appareils avaient été fabriqués. Le Régent fait toujours partie de la gamme 1971 des Avions Pierre Robin, laquelle compte neuf modèles, tous à train tricycle. Sa vitesse maximale en croisière est de 260 km/h. Il peut transporter sur 1 500 km quatre personnes et leurs bagages.

La gamme Robin comprend, par ailleurs :



Le Rallye « Minerva 220 » montre ici ses possibilités de décollage court. Son tableau de bord (photo à droite) est aussi complet que possible.

- un avion-école de début, le « 2 + 2 tri-cycle » vendu 62 972 F (prix net) ;
- un avion de voltige élémentaire, l'« Acrobat » ;
- un remorqueur de planeurs, le DR 300/180 R ;
- le très populaire DR-315 « Petit-Prince », tri-quadruplace de 115 ch, dont la production atteignait, au 31 décembre, 105 exemplaires.

Vendu 73 185 F, le Petit-Prince permet la promenade et le voyage aérien à 220 km/h en croisière.

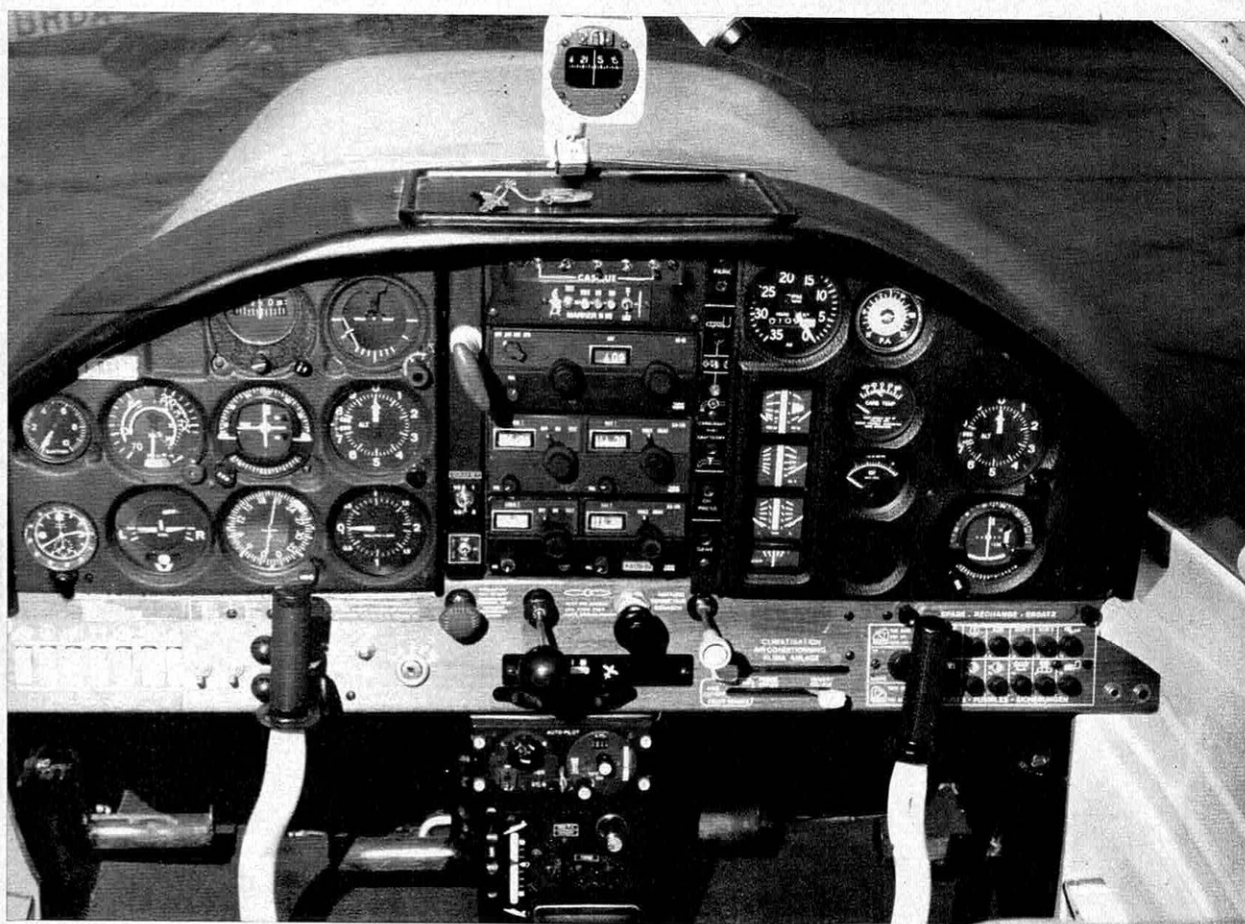
Le succès de la firme dijonnaise tient au fait qu'elle offre des avions très bien finis, extrêmement plaisants à piloter, pour des prix raisonnables.

Après le tournant technique que représentait le passage au train tricycle, Pierre Robin se lance à présent dans la construction métallique. La construction en bois et toile qui, il y a dix ans, était encore pratiquement la seule offerte en France, se heurte aujourd'hui aux nouvelles exigences de

Production des avions Pierre Robin

au 1^{er} janvier 1971

Appareil	Date du premier vol	Total
DR-1050	février 1960	82
DR-1051	mai 1961	66
DR-1051 « Sicile »	mars 1963	114
« Sicile record »	mai 1964	58
DR-250	mai 1965	102
DR-220 « 2 + 2 »	février 1966	84
DR-221 « Dauphin »	février 1967	62
DR-253 « Régent »	mars 1967	83
DR-340	mai 1968	59
DR-315 « Petit Prince »	mars 1968	105
DR-360	juillet 1968	17
DR-380 « Prince »	octobre 1968	19
DR-100	avril 1969	3
DR-300	juin 1970	33



DES AVIONS FRANÇAIS DANS TOUS LES CIELS DE FRANCE



Le « Petit-Prince » de Pierre Robin (ci-dessus)
est une belle réussite qui a séduit
les aéroclubs et les particuliers.
Le « Reims-Rocket » est maintenant homologué
en version « skis » (page ci-contre en haut).
En bas, l'usine de Reims,
où le F-150 « Club », au premier plan,
ainsi que le reste de la gamme, sont produits.



la clientèle. C'est pourquoi le bureau des Avions Pierre Robin a, sous la direction de l'ingénieur Heintz, conçu le HR-100.

Équipé, en version expérimentale, d'un moteur de 180 ch, cet appareil a effectué son premier vol en avril 1969. Il marque un tournant supplémentaire par l'abandon de l'aile « Jodel » au profit d'une voilure classique. Doté d'un train tricycle fixe et offrant une cabine quadriplace spacieuse, le HR-100 sera équipé en version de série d'un moteur 200 ch.

En 1970, les Avions Pierre Robin ont livré 124 avions neufs, dont 40 exportés (soit 33 % de la production, contre 13,7 % seulement en 1969). La société fait, il est vrai, un gros effort de promotion dans les pays étrangers et a récemment « prospecté » le marché canadien. En 1971, la cadence de sortie des avions est de trois et demi par semaine.

WASSMER, PIONNIER DE LA CONSTRUCTION PLASTIQUE

Créée en 1905 à Paris par M. Benjamin Wassmer, la société Wassmer-Aviation est le plus ancien de nos constructeurs d'avions légers. D'abord spécialisée dans le matériel de fonderie, cette entreprise s'orienta rapi-

Production WASSMER

au 1^{er} janvier 1971

Appareil	Date du premier vol	Nombre d'appareils construits
Jodel D-112	1952	295
Jodel Wassmer D-120	juin 1955	341
Wa-40 Super IV « Sancy »	juin 1959	170
Wa-41 « Baladou »*	juillet 1965	
Super 4/21 *	mars 1967	30
Wa-50	mars 1966	30
Wa-51 « Pacific »*	mai 1969	25

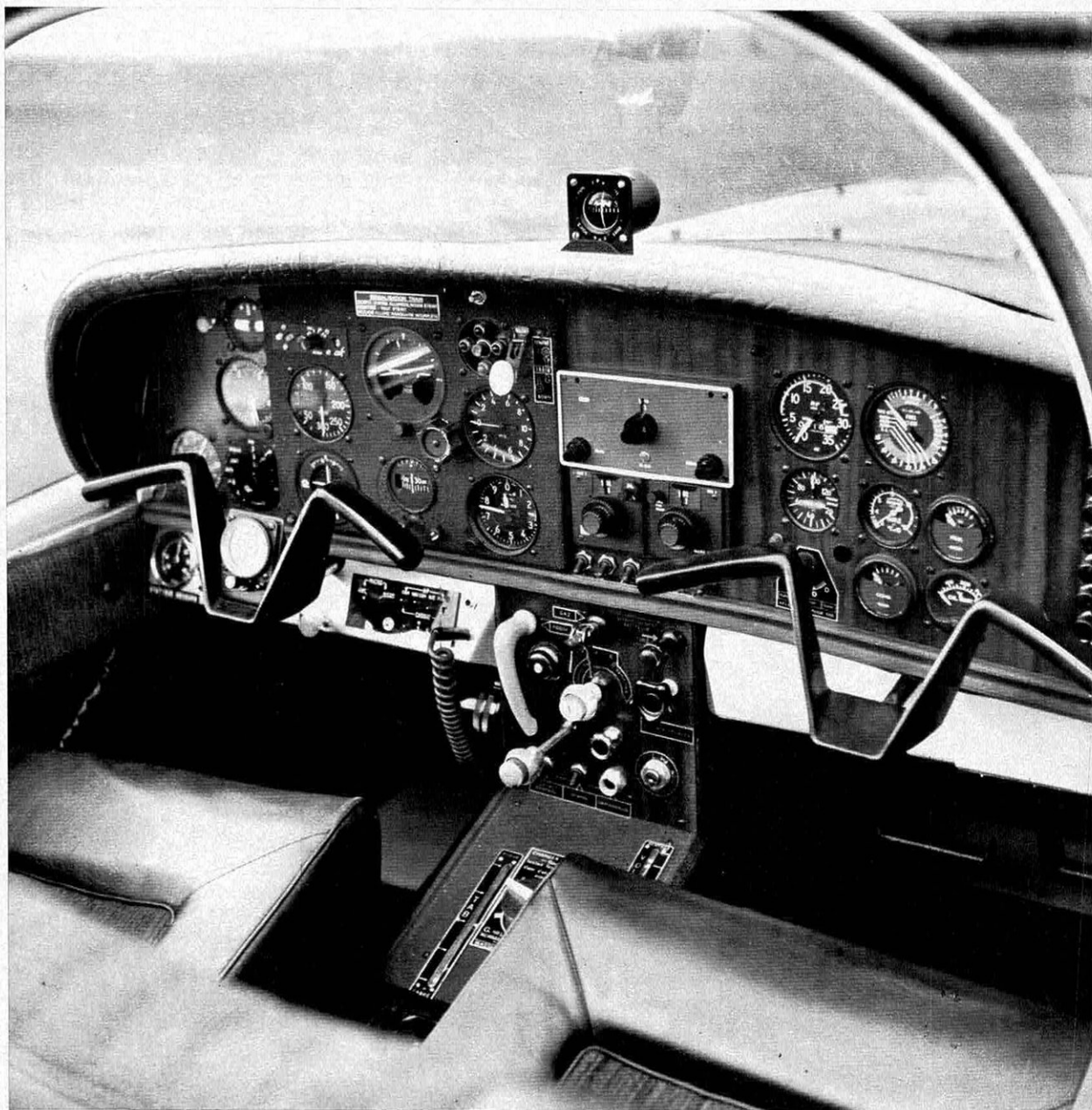
Les modèles marqués d'une croix (*) sont construits en série en 1971.



dement vers la construction d'hélices d'avion.

Après la deuxième guerre mondiale démarra chez Wassmer la construction en grande série des Jodel 112. La création d'un bureau d'études permit la mise au point du Jodel-Wassmer D-120 « Paris-Nice », 90 ch, qui connut une très longue carrière. Sa fabrication ne fut arrêtée qu'au début de 1968.

Ce même bureau d'études est à l'origine de tous les appareils qui constituent la production actuelle de Wassmer et dont le principe de base est purement « maison ». Il s'agit, d'une part, des « Super IV », de



leurs dérivés et des Wa-51 « tout plastique », d'autre part des planeurs Javelot, Super-Javelot, Bijave et Squalo.

C'est en 1959 que la société Wassmer réalise le premier Wassmer 40 « Sancy », 4-5 places de voyage, qui connaît encore un grand succès tant en France qu'à l'étranger. Equipé d'un Lycoming de 180 ch, d'un train tricyclé rétractable et d'une hélice à pas variable, cet appareil permet à Hrisa Pélissier de traverser l'Atlantique Sud en 12 h 40 en février 1964. Au total, 170 Wa-40 sont sortis des ateliers d'Issoire. De ce modèle ont été tirés deux dérivés. Le premier, le Wa-41 « Baladou », version

A gauche,
devant le Wassmer WA-51 « Pacific »,
la championne Hrisa Pélissier,
Ci-dessus.
le tableau de bord du « Super IV ».



LE «PACIFIC» ET «L'ACROBAT» DEUX NOUVEAUTÉS FRANÇAISES

*Le Wassmer 51 « Pacific » (en page de gauche)
est le premier avion de série construit en plastique.
C'est un quadriplace de voyage à moteur 150 ch.
Ci-dessous, un des dernier-nés
de Pierre Robin, l'« Acrobat »,
destiné à l'initiation à la voltige.*



simplifiée à train fixe et hélice à pas fixe, vole à 245 km/h avec une autonomie de 5 h 20.

Le deuxième est le *Super 4/21*, qui s'illustra, toujours aux mains de Hrisa Pélissier, par un tour du monde de 45 000 km en septembre-octobre 1968 (145 heures de vol et 42 escales, sans aucun problème technique, avec un pilote, trois passagers et leurs bagages). Ce 4/21 est une version très améliorée du Sancy, redessiné, surmotorisé (235 ou 250 ch à injection) et équipé pour l'IFR. Trente appareils de ce type volent actuellement. Les performances du 4/21 sont brillantes : 310 km/h, 2 800 km de rayon d'action.

La société Wassmer a fait figure de pionnier dans la construction en plastique. Jusqu'au début de 1971, elle était la seule société au monde à produire en série un appareil « tout plastique » (depuis quelques mois, le quadriplace américain Windecker « Eagle » sort en série).

L'avion en question est le Wa-51 « Pacific ». Un premier appareil expérimental, du type Wa-50, vola en 1966. De nombreux essais au sol et en vol aboutirent à la version de série actuelle déjà présentée au Salon du Bourget de 1967. C'est un quadriplace 150 ch à train tricycle fixe et hélice à pas fixe. Dans la cabine, on retrouve le confort et le fini typiquement « Wassmer ». La vitesse de croisière est de 240 km/h. Le Wa-51 est actuellement fabriqué à la cadence de quatre appareils par mois. Le vingt-cinquième exemplaire a été livré en février. La moitié de la production est exportée en Allemagne.

Une version dérivée, le Wa-52 « Europa », a récemment effectué son premier vol ; équipé d'un Lycoming 160 ch et d'une hélice à pas variable, l'avion doit sortir à une cadence de deux par mois.

Dans le domaine des planeurs, Wassmer est le premier constructeur français. Son premier engin fut le Wa-20 Javelot, construit à 60 exemplaires, puis abandonné au profit de son dérivé direct, le Super-Javelot. Au 1^{er} janvier 1971, ce dernier était construit à 100 exemplaires. Presque en même temps était lancé le planeur-école biplace Wa-30 « Bijave » (280 exemplaires construits au 1^{er} janvier) qui est l'outil de base des clubs de vol à voile. Il compte à son actif de nombreux records dans sa catégorie.

Le Wa-26 Squale est le dernier-né des planeurs Wassmer. Le but du constructeur était d'offrir un planeur de hautes performances dont le pilotage reste facile et dont le prix d'achat soit accessible aux clubs. Actuellement fabriqué en série, le Squale a une cellule en stratifié et une aile entièrement en bois. Au 1^{er} janvier, 70 machines de ce type avaient été livrées. Piloté par Jean-Claude Gombert, le Squale a participé en juin 1970 aux championnats du monde de vol à voile de Marfa (Texas), dans la classe standard, où il se classa premier de l'équipe de France.

AUGUSTE MUDRY : AVIONS DE VOLTIGE ET PLANEURS

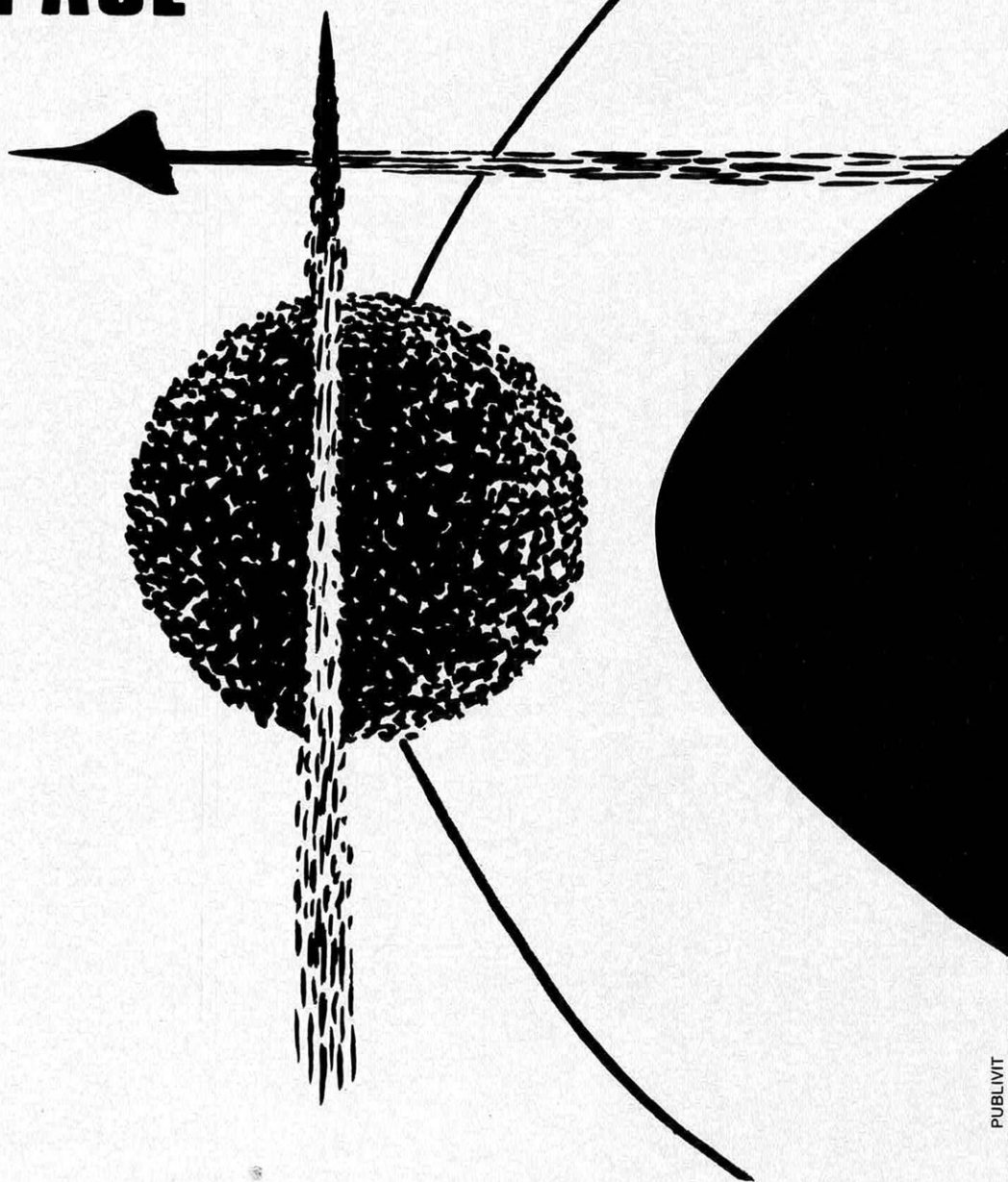
A Beynes, la Coopérative des Ateliers Aéronautiques de la Région Parisienne, dirigée par Auguste Mudry, a lancé la fabrication de deux avions de voltige : le biplace CAP-10 et le monoplace CAP-20.

En 1964 et 1965, la CAARP, aux termes d'un marché conclu avec la société Scintex, alors sur le point d'abandonner la production des *Emeraude* et des *Super-Emeraude*, fabriqua une série de 10 *Super-*

Au moment où ce numéro allait sous presses, nous apprenions que la Société Wassmer déposait son bilan. Cette faillite entraînerait la fermeture des usines et le licenciement du personnel. Souhaitons qu'une solution intervienne pour sauver le plus ancien des constructeurs français d'avions légers.

AÉRONAUTIQUE ESPACE

Villeneuve



29^{eme} SALON INTERNATIONAL DE PARIS

LE BOURGET 27 MAI • 6 JUIN 1971

PUBLIVIT



DES «JETS» POUR HOMMES D'AFFAIRES MODERNES

*En haut, le Falcon 20, biréacteur
vendu à plus de 250 exemplaires,
dont un grand nombre aux U.S.A.
En bas, le même appareil dans sa version F
à bords d'attaque modifiés
pour atterrissages et décollages
plus court.*

Emeraude. M. Mudry songea alors à un avion de voltige capable d'effectuer toutes les figures classiques et destiné à remplacer les Stampe. Cet avion, extrapolé de l'Emeraude, le CP-100, effectua son premier vol en août 1966. Il coûta, hélas, la vie aux champions de voltige Jacques Gomy et Gérard Vérette en janvier 1967.

Depuis, l'avion a été complètement reconstruit. Renforcé, surmotorisé, soumis à des essais intensifs, il devint le CAP-10 qui vole depuis août 1968. Ce biplace côte-à-côte à aile basse et train classique fixe est équipé d'un Lycoming 180 ch. Il existe également une version utilitaire du CAP-10.

Dans le même temps, la CAARP développait le monoplace CAP-20. Tout différent du CAP-10, il vola pour la première fois en juillet 1969 et a été présenté aux championnats du monde de voltige. Le CAP-20 est équipé du moteur AI0-360 AIA de 200 ch entièrement conçu pour la voltige.

Auguste Mudry a, d'autre part, racheté les installations de la Société Aéronautique Normande, à Bernay. Cette société avait été mise en liquidation après avoir produit de nombreux Jodel de tous types (en particulier le plus gros, le Mousquetaire, avion de voyage, de travail aérien et de remorquage de planeurs).

À Bernay a ainsi été créée la société des Avions Mudry qui s'est vu confier par la CAARP la maîtrise d'œuvre du CAP-10, dont les éléments en bois sont toujours fabriqués à Beynes. Le CAP-10 est loin cependant de constituer l'activité principale de l'usine de Bernay. Celle-ci porte surtout sur la construction du planeur allemand tout-plastique Schneider LS-1.

L'industrie de l'aviation légère en France est parvenue à un tournant. Pour faire face à la concurrence des géants américains (Cessna, Piper, Beech), deux solutions s'offrent à elle.

La première est de s'intégrer dans un groupe européen capable de former bloc contre la concurrence américaine.

La seconde est de s'allier à cette concurrence, en concluant des accords avec les constructeurs américains. Encore faut-il que de tels accords laissent une autonomie suffisante aux firmes françaises (comme pour Reims-Aviation).

Quoi qu'il en soit, il est impératif que la production française — et européenne — s'aligne sur les tendances actuelles du marché international, largement dominé, il est vrai, par les Américains.

Il conviendrait donc que la construction porte surtout sur des monomoteurs rapides de voyage disposant d'une large autonomie et bien équipés (au minimum, d'un horizon artificiel pour le voyage, même en VFR). Du côté des avions-école, il faut étudier des appareils plus élaborés, mettant dès le début l'élève dans les conditions de pilotage des avions modernes. Il semble que nos constructeurs soient d'accord sur ce point.

Au titre de la coopération internationale, un effort est actuellement tenté par SOCATA, qui a conclu des accords avec le groupe allemand Messerschmitt-Bölkow-Blohm et avec la firme anglaise Britten-Norman. Pour l'instant il ne s'agit que d'accords commerciaux. Des pourparlers ont également été engagés avec Piper. La SOCATA envisage encore de construire sous licence le biturbopropulseur léger israélien Arava, qui serait rebaptisé « Sherpa ».

Claudine SOBOL

voir pages suivantes

Yves Gardan et le Bagheera

L'aviation légère française doit à Yves Gardan de très nombreux appareils. Certains — et non des moins réussis — sont restés au stade du prototype ; d'autres ont connu un succès commercial notable, tels les Sipa, Minicab et Supercab, et surtout le GY-80 « Horizon », fabriqué par Sud-Aviation.

Après s'être séparé du constructeur nationalisé, Yves Gardan fait voler, en décembre 1967, le prototype GY-100 « Bagheera ». En 1969, il s'installe à Saint-Florentin et reconverit la SITAR — jusqu'alors spécialisée dans la tôlerie générale — à la construction aéronautique. Les essais se poursuivent, l'avion promet beaucoup, jusqu'au jour où, au cours des essais de vrilles en vue de sa certification en catégorie acrobatique, le prototype est détruit. Le programme se trouve de ce fait considérablement retardé.

Marcel Jurca: des chasseurs à l'échelle 3/4

Parmi les constructeurs français non industriels, Marcel Jurca occupe une place à part. Ce n'est un amateur, puisqu'il met, précisément, à la disposition de ceux-ci des liasses de plans pour la construction d'avions de sa conception. Ces appareils volent sur de nombreux terrains français et étrangers.

Marcel Jurca diffuse ses appareils actuels surtout en Amérique. Il propose le Sirocco, biplace en tandem équipé d'un moteur 160 ch et d'un train escamotable, et le Gnatsum, exacte reproduction à l'échelle 2/3 du chasseur P-51 D « Mustang » de la dernière guerre. Jurca propose d'autres chasseurs à l'échelle 3/4 (Focke-Wulf, Spitfire). Les Américains semblent apprécier ces petits appareils construits pour le plaisir du pilotage.

Un avion de tourisme à aile delta

L'ingénieur Roland Payen, installé sur l'aérodrome de la Ferté-Alais, met actuellement au point un petit avion de tourisme et

d'affaires « pas comme les autres », pourvu d'une aile delta et d'un moteur propulsif. L'expérience de R. Payen est importante dans le domaine de l'aile delta, et nous ne pouvons citer ici tous ses prototypes. Mentionnons néanmoins le Pa-49 « Katy » qui fut la première aile delta française, équipée d'un mini-turboréacteur de 150 kg de poussée. Elle est à présent au musée de l'Air. L'Arbalète en est dérivée. Une première version vola il y a quelques années. L'Arbalète 2, en cours de mise au point, n'est, bien entendu, qu'expérimentale. Sa vitesse de croisière serait de l'ordre de 300 km/h pour une puissance de 180 ch.

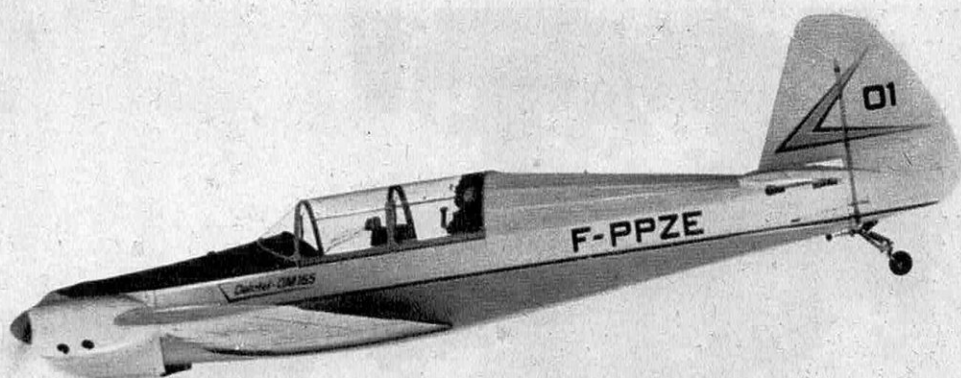
Les avions planeurs Fournier

Installé en Touraine, René Fournier a, avec ses collaborateurs, mis au point et construit les prototypes des avions-planeurs aujourd'hui produits en série sous licence par la société allemande Sportavia. Ces machines sont distribuées par la société française Alpavia, qui assura la construction de série en France de 1962 à 1966.

La conception générale de ces appareils s'apparente à celle des planeurs, notamment par l'envergure (11,26 m pour le biplace RF-5). Construits entièrement en bois, ils sont équipés de moteurs Volkswagen-Rectimo de 1 600 cm³ développant 60 ch (sur le RF-5). Le train d'atterrissage comporte une seule roue rétractable et des balancines de bouts d'ailes. En l'air, moteur coupé, ils peuvent être utilisés comme planeurs purs, et fonctionner à nouveau comme avions lorsque les conditions aérologiques ne sont plus favorables.

Après les monoplaces RF-3 et RF-4 et le biplace RF-5, Sportavia va construire le dernier né de René Fournier, le RF-7. Cet appareil, qui vole depuis un an, présente une envergure réduite à 9 m et est destiné à la voltige.

On peut (presque) tout faire avec les avions Fournier. C'est ce que démontre Bernard Chauvreau, pilote d'Alpavia, qui les présente en voltige dans les meetings nationaux et a, d'autre part, convoyé à plusieurs reprises des RF-4 et RF-5 jusqu'au Tchad et au Congo. Un pilote américain, Mira Slovak, a réalisé une performance encore plus spectaculaire en traversant à deux reprises l'Atlantique à bord d'un RF-4.



Michel Dalotel: au service de la voltige

Le DM-165 de Michel Dalotel est bien plus qu'un avion d'amateur. Par sa conception, par les conditions de sa réalisation et les exigences auquel il semble correspondre, cet avion pourrait connaître un avenir industriel. Michel Dalotel, pilote de voltige, a procédé à une longue étude préliminaire des qualités des appareils existants. Une première conclusion devait en être tirée : l'avion de voltige idéal est un monoplan à aile basse. Après neuf ans d'études et de réflexions, l'avion de Michel Dalotel vit le jour. Construit à Colombes avec l'aide de la Société Poulet, l'appareil effectuait son premier vol en avril 1969.

Le DM-165 est un biplace en tandem à aile basse et train conventionnel escamotable par commande électrique. Le fuselage est en tubes d'acier soudés entoilés, la voilure est en bois.

Gazuit-Valladeau à la conquête du Canada

Au Salon du Bourget de 1969, on vit pour la première fois un nouvel avion, issu de l'association d'un industriel, M. Gazuit, et des Ets Valladeau, réparateurs d'avions légers à Guéret.

On annonçait en 1970, au Salon de Cannes, que les droits de fabrication avaient été rachetés par la Mondair Aviation, de Montréal, qui annonçait la construction d'une usine capable de produire 400 appareils dès la première année. Dans un premier temps, l'appareil sera néanmoins construit à Guéret.

L'appareil est proposé en trois versions : GV-1020, biplace d'école à moteur 115 ch ; GV-1032, tri-quadruple de 130 ch ; GV-1031, version quadruple à moteur 150 ch.



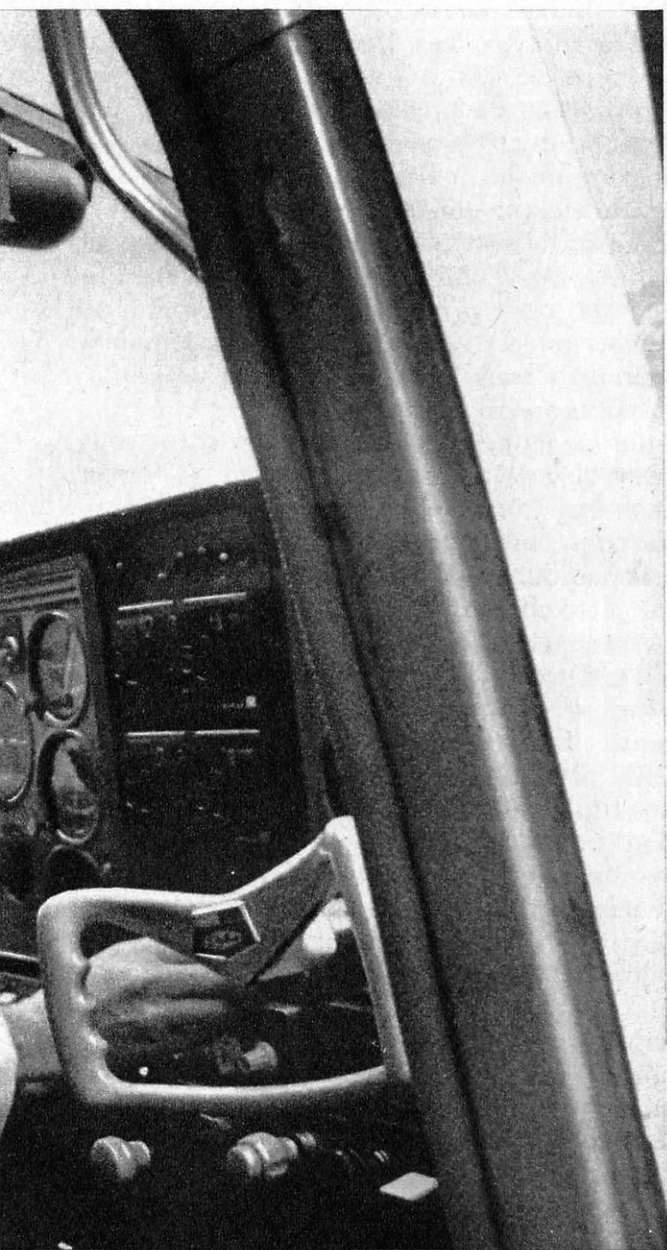
A bord d'un Reims/Cessna 172, départ pour une école de vol IFR. Sous l'œil de l'instructeur (au premier plan), l'élève procède aux vérifications de routine.



Apprendre à

Le succès de l'automobile, surtout depuis la dernière guerre, peut s'expliquer de diverses manières : satisfactions d'ordre affectif, autonomie qu'elle procure à ses adeptes, élévation du niveau de vie... En fait, à ces divers plans, l'automobile perd aujourd'hui de son intérêt en raison des difficultés de circulation. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que l'avion prenne le relais et que l'on assiste, dans les pays développés, à un essor sans précédent de l'aviation sportive, de voyage ou d'affaires.

Au total, près de 6 300 brevets de pilotage ont été attribués en France métropolitaine dans le courant de l'année dernière.



piloter

La France vient au deuxième rang derrière les Etats-Unis par l'importance de son parc d'avions légers et l'effectif de ses pilotes privés. Au 1^{er} octobre 1970, les aéroclubs, à eux seuls, alignaient plus de 2 600 appareils, les avions particuliers atteignant le chiffre de 1 050. En matière d'infrastructure, 350 terrains environ sont, dans notre pays, ouverts aux avions légers. Le chiffre de 6 300 brevets de pilotage

délivrés en 1970 demande à être explicité. En réalité, tous ces brevets ne sont pas équivalents. Il existe diverses « qualifications » dans le domaine du pilotage. Pour nous en tenir aux brevets privés, non professionnels, il en existe au moins deux. Notre propos est, précisément, d'examiner où et comment on obtient ces différents « degrés ».

L'ECOLE DE DEBUT

L'école de début, traditionnellement assurée au sein d'un aéroclub, prépare au brevet élémentaire de pilote privé, puis au brevet de pilote privé. Les 6 300 (très exactement 6 266) brevets dénombrés pour 1970 correspondent au total de 4 188 « TE » et de 2 078 « TT ». Ces appellations ont remplacé, depuis 1968, les anciens premier et deuxième degré (termes qui sont toujours couramment utilisés aux bords des pistes).

La réforme n'a pas, on s'en doute, porté seulement sur la nomenclature. On est devenu plus exigeant sur les connaissances théoriques des élèves pilotes en matière de météorologie et de navigation. Le développement du trafic de l'aviation légère rend cette sévérité très opportune. N'oublions pas que le « TT », le brevet de pilote privé, autorise son titulaire à voler, à vue, comme bon lui semble, à survoler le dimanche la région parisienne ou à relier Paris à Lyon aux commandes d'un avion particulier ou, le plus souvent, emprunté à l'aéroclub.

Le brevet élémentaire, quant à lui, ne donne droit qu'aux « tours de piste » : décoller, voler au voisinage immédiat du terrain, revenir se poser et, éventuellement, remettre les gaz...

Comment obtient-on le « TE » ? Il faut, pour cela, avoir au moins 17 ans, totaliser 20 heures de vol (réparties sur au moins 20 journées), dont 5 heures en « solo ». Il faut, encore, avoir effectué 30 atterrissages en « solo ».

Le « TE », bien sûr, laisse le nouveau pilote sur sa faim. Mais l'obtention du « TT » est une affaire déjà très sérieuse : 40 heures de vol au moins, comprenant 5 heures de voyage aérien (en solo, bien entendu) avec 5 atterrissages sur des terrains distants de

plus de 50 km. Une qualification de « radiotéléphonie restreinte » est de plus exigée, depuis 1968, pour l'attribution de la licence de pilote privé.

Combien coûte l'école de début ? force est de constater qu'elle coûte cher. Nous reviendrons plus loin sur les facilités accordées aux jeunes. Au-delà de 25 ans, le prix moyen d'un « TE » est de 1 600 francs, celui d'un « TT » de 3 200 francs. Prix moyens, disons-nous, car l'heure de vol est facturée en fonction du type de l'avion et varie selon le club. Ce prix n'est d'ailleurs jamais, à l'heure actuelle, inférieur à 80 francs (sur un SOCATA Rallye, par exemple). Il peut doubler, ou presque, sur d'autres appareils. Il faut aussi tenir compte de la cotisation de base au club (très variable), et de quelques frais (cotisation fédérale, assurance...).

Enfin, n'oublions pas que la licence de pilote privé est renouvelable tous les ans. Pour la conserver, il faut justifier d'un certain nombre d'heures de vol.

OU IL IMPORTE D'ETRE JEUNE

Les jeunes gens de moins de 25 ans peuvent bénéficier d'un régime beaucoup plus favorable que leurs aînés. S'ils sont titulaires du brevet d'initiation aéronautique (BIA), dont les épreuves sont purement théoriques, leur inscription dans un aéroclub leur donne accès aux bourses de pilotages du SFA (Service de la Formation Aérienne) ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Ce service dépend du Secrétariat général à l'Aviation civile, lui-même partie du ministère des Transports.

Distribuées par la fédération française de vol à moteur, ces bourses, d'un montant unitaire de 600 francs, sont attribuées sur proposition du président de l'aéroclub, par tranche de 15 heures de vol effectives. Un maximum de quatre bourses peut être accordé chaque année au même élève.

En gros, le système de bourses du SFA peut réduire de moitié les frais d'un brevet complet de pilote privé. Au-delà, il permet à de jeunes pilotes doués de se perfectionner à moindres frais et d'aborder, par exemple, la voltige aérienne.

Pour les jeunes, le vol à voile constitue souvent la voie d'accès au pilotage. Ce sport peut être pratiqué dès l'âge de 16 ans, dans certains clubs spécialisés ou dans les centres nationaux du SFA. Un grand nombre de ces centres est concentré dans la région parisienne (Beynes-Thiverval, Châtenay-Villepreux...). L'aide apportée par les services officiels est particulièrement importante. La fédération française de vol à voile attribue aux jeunes de moins de 22 ans titulaires du BIA, déjà cité, des bourses d'apprentissage et de perfectionnement. Ce système de bourses, très nettement différencié des bourses de pilotage à moteur, facilite l'accès au brevet élémentaire de pilote de planeur, au brevet de pilote de planeur, etc.

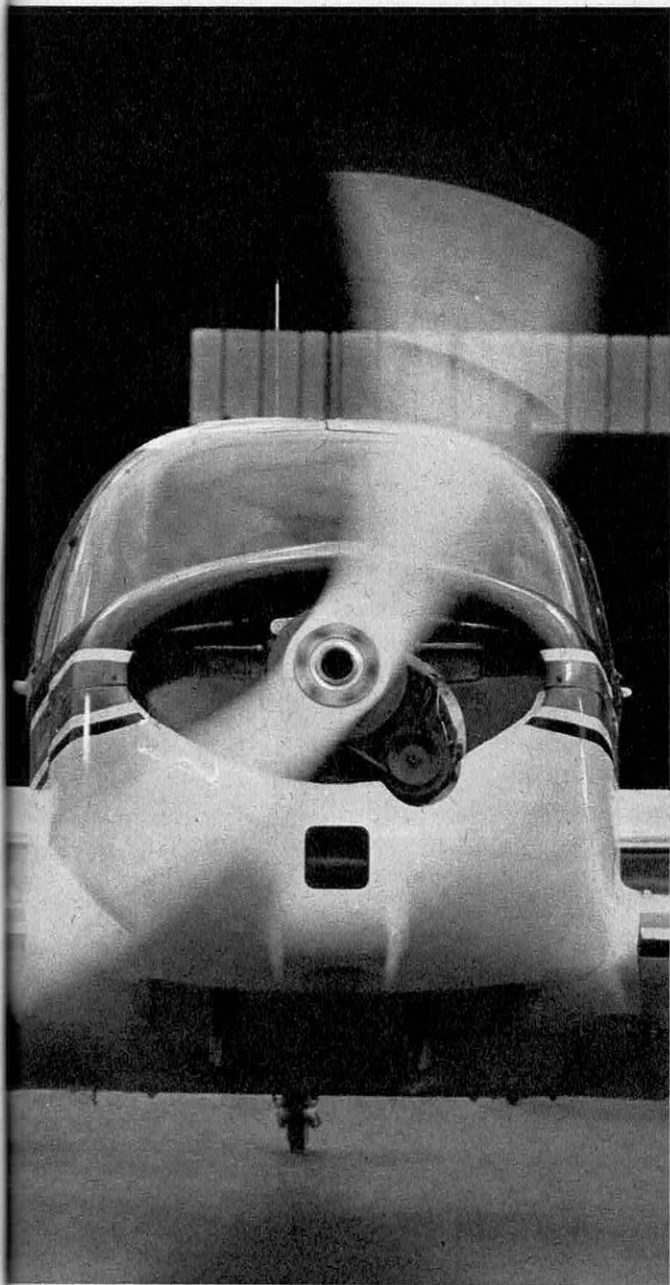
Nous n'entrerons pas dans le détail à propos de ces qualifications. Retenons seulement qu'elles constituent, du point de vue technique, de très bonnes initiations aux qualifications « moteur ».

A la limite des deux disciplines, voile et moteur, se situent les camps aéronautiques nationaux organisés chaque année par le

Les brevets délivrés en 1970

	< 21 ans		> 21 ans		Total		Total général
	H	D	H	D	H	D	
TE	872	102	3057	157	3929	259	4188
TT	377	22	1618	61	1995	83	2078
Total	1249	124	4675	218	5924	342	6266

H : Hommes D : Dames (D'après une statistique FFVM)



*Toile de fond de l'activité
de tous les aéroclubs,
un monomoteur hélice lancée
dont le moteur rugit.
Encore quelques secondes et,
frémillant sur son train,
l'appareil s'engagera
sur un « taxi-way » vers la piste.
École de début,
initiation à la voltige,
promenade, voyage aérien,
la scène est immuable.*

SFA dans certains clubs ou centres inter-clubs.

Les « camps » ont lieu pendant les vacances et accueillent les jeunes de 17 à 22 ans. Ils durent 5 semaines, coûtent environ 800 francs, somme forfaitaire, et conduisent l'élève au brevet élémentaire de pilote de planeur. Quelques heures d'initiation au vol à moteur sont prévues. Ce système permet, entre autres, la sélection de bons éléments qui pourront, par la suite, obtenir des bourses « vol à voile » ou « vol à moteur ».

LES AEROCUBS

On dénombre en France, à l'heure actuelle, quelque 450 aéroclubs. L'esprit, le recrutement, l'importance même des clubs sont très divers. Il existe de très grands aéroclubs, d'autres très petits. Soixante pour cent des clubs ont entre 40 et 150 membres et quatre-vingt-dix pour cent disposent d'un parc de moins de 10 avions.

Les aéroclubs, groupés en douze unions régionales, sont coiffés par la fédération française de vol à moteur, laquelle joue un rôle de liaison avec les services officiels comme le SFA. La Fédération gère, aussi, les crédits accordés par l'Etat aux clubs (bourses de pilotage, achat d'appareils et d'équipements, etc.).

Le SFA veille surtout à la qualité de l'enseignement dispensé sur les terrains. Cette action s'exerce à deux niveaux : d'une part, définition de méthodes pédagogiques strictement normalisées et contrôle permanent de leur application ; d'autre part, formation des moniteurs dans les centres nationaux de Carcassonne et de Challes-les-Eaux.

L'aide financière de l'Etat aux aéroclubs s'est développée en 1936 à l'époque de « l'aviation populaire ». Elle continue, à l'heure actuelle, d'être relativement très importante. Quelques chiffres, établis pour 1969, le montrent : 3 800 bourses de pilotage attribuées (soit près de 2 300 000 francs), crédits pour l'achat de 194 avions et de 25 équipements (au total, 3 480 000 francs).

Comment fonctionne un aéroclub ? essentiellement sur la base du bénévolat. En principe, les instructeurs ne sont pas rémunérés. Les clubs assez importants emploient, à plein temps, des moniteurs pro-

à Toussus-le-Noble

Dehors, c'est la « noria » des avions de clubs et de particuliers. Le ciel n'est pourtant pas très clément, en cet après-midi de février, et d'un club à l'autre, l'activité assez faible. Chez « Air France » la plupart des Rallye et Cessna 150 sont sagement alignés dans l'herbe. Philippe D..., 29 ans, masseur-kinésithérapeute, est breveté pilote privé depuis deux ans et demi. La voltige aérienne l'attire tout particulièrement. Sans doute ira-t-il un jour chercher à Carcassonne la qualification officielle. Philippe D... ne dédaigne pas pour autant le tourisme aérien.

M. D. S..., 44 ans, travaille dans un bureau d'études Citroën. Breveté pilote privé et titulaire de diverses qualifications radio (nationale et internationale), il vole à Toussus une fois par semaine. Les vacances sont pour lui l'occasion de pousser beaucoup plus loin, de voler, par exemple, avec femme et enfant, jusqu'au pied des Pyrénées. Le Rallye Commodore 180 ch est, selon notre interlocuteur, tout à fait adapté à ce genre de performance. M. D. S... insiste, enfin, sur le rôle bénéfique du pilotage au niveau de l'équilibre affectif. Cette expérience est pour lui très importante.

Mme A. F..., longue jeune femme brune, n'est pas encore titulaire du « second degré » que déjà la voltige aérienne l'intéresse, et très vivement. Elle vole ici deux ou trois fois par semaine, sur Cessna 150 en particulier.

Au tour d'un moniteur, M. F. T..., taille moyenne, cheveux grisonnants, 31 ans d'aviation, à Air France depuis 1945, actuellement second pilote sur Boeing 747 : le palmarès est éloquent. Passer du Jumbojet au monomoteur de 150 ch représente pour lui une détente appréciable. C'est aussi l'occasion d'un perfectionnement continu, tant il est vrai qu'en matière d'aviation, il reste toujours quelque chose à apprendre...

fessionnels appointés. Dans de nombreux clubs de faible et moyenne importance, il n'y a pas de mécaniciens spécialisés : le moniteur se charge de l'entretien des avions et des réparations de routine. Dévouement et amour de l'aviation ne peuvent, hélas, résoudre tous les problèmes et la situation de beaucoup d'aéroclubs est difficile. La détaxation de l'essence, traditionnellement accordée par l'Etat, et qui constituait une aide indirecte, est actuellement supprimée. Les frais occasionnés par la modernisation du parc, par l'entretien et la révision des appareils, par les multiples problèmes de fonctionnement (secrétariat, etc.) rendent souvent problématiques l'équilibre du budget.

L'aéroclub Air France, auquel nous avons rendu visite à Toussus-le-Noble, est un « grand », le plus grand même de France avec près de 450 inscriptions en 1970. Sa flotte est forte de quelque vingt appareils (Cessna/Reims-Aviation 150, SOCATA Rallye Commodore, Gardan GY-80, Saab Saphir).

Aux murs de la petite salle où nous bavardons avec l'administrateur du club, M. Garro, sont placardés quelques-uns de ces aphorismes que le monde de l'aviation affectionne :

« Ne soyez pas brutal avec votre avion, il le serait avec vous »

« Coup d'œil et prudence sont les règles du roulage au sol »

« On rencontre toujours du vent de travers dans un tour de piste »

« Si tout va mal, c'est le moment d'être calme »...

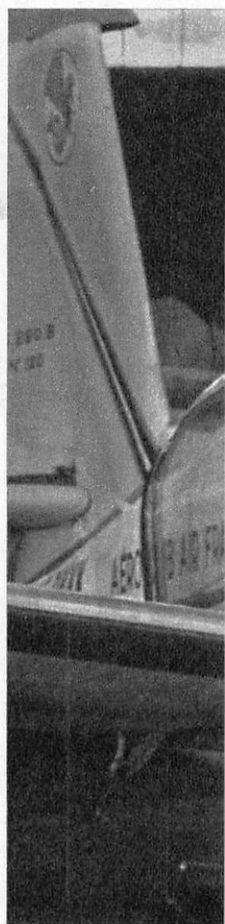
Selon M. Garro, un tiers des membres du club a moins de 25 ans. Ce chiffre se retrouve dans l'ensemble des aéroclubs français. On dénombrait, en 1970, 50 boursiers de pilotage. La quasi totalité d'entre eux se destinaient à une carrière dans l'aéronautique civile, au sol ou comme navigant. Le personnel de la compagnie nationale ne représente, d'ailleurs, qu'environ 30 % des effectifs du club.

Un certain nombre d'élèves-pilotes viennent, bien sûr, du vol à voile. Certains y retournent, au-delà des qualifications « moteur ». Quelques-uns, même, découvrent incidemment le vol à voile et s'y spécialisent.

Ainsi que nous l'écrivions plus haut, il



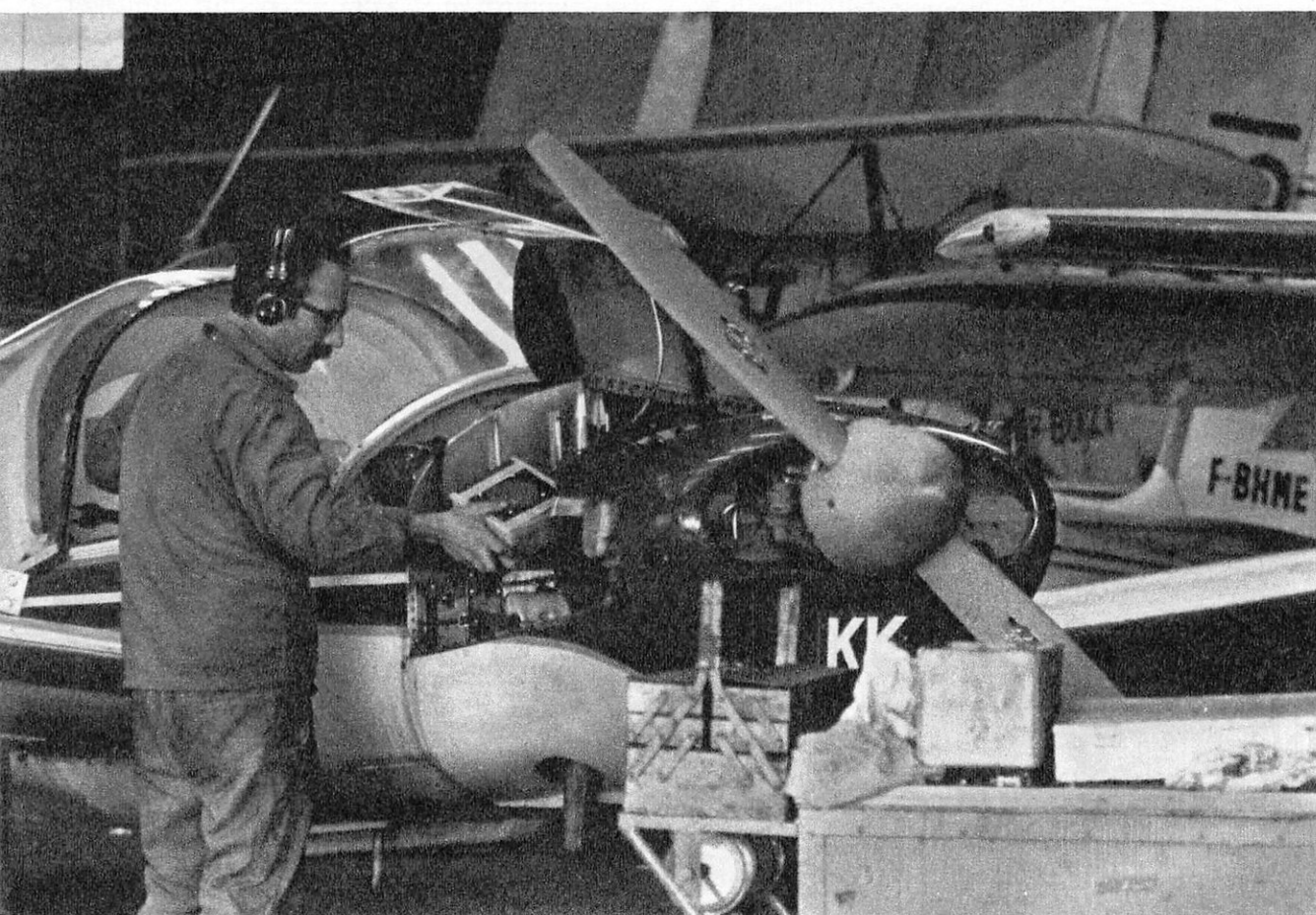
Au-delà des premi



La vie d'un aéroclub



ers pas de l'élève-pilote, la promenade aérienne, souvent en famille, est chose courante à Toussus-le-Noble.



ub, c'est aussi l'entretien et la révision d'un matériel délicat, condition essentielle pour la sécurité des vols.

Dans la salle des simulateurs de vol

Pénétrons dans la salle des « link ». Ambiance de laboratoire. Quelques instants d'attention sont nécessaires à l'observateur novice pour découvrir qu'à l'intérieur de cette étroite carcasse métallique, un élève est installé. Seule communication avec l'extérieur, une

mince ouïe latérale. De temps à autre, le moniteur se penche et donne quelques indications au « poussin ». Un coup d'œil par la fente : le noir, la solitude, deux mains posées sur le « manche », la faible lueur des appareils de bord. Au grand jour, sous nos yeux, la route suivie par « l'avion » s'inscrit en temps réel sur une table traçante.

existe aussi, pour le vol à voile, deux qualifications de base : brevet élémentaire et brevet de pilote de planeur. Au-delà, les centres nationaux de La Montagne Noire, à 50 kilomètres de Toulouse, et de St-Auban-sur-Durance assurent le perfectionnement des « vélivoles », la formation au vol de montagne et de haute altitude, etc.

LES ECOLES PRIVEES : VERS LE VOL AUX INSTRUMENTS

A côté des aéroclubs, quelques écoles privées, à vocation commerciale, bénéficient en France de l'agrément du SFA. On peut y acquérir les qualifications habituelles, TE et TT (avec l'indispensable QRR) C'est le cas de l'école Fenwick, implantée à Guyancourt. Les tarifs pratiqués peuvent être beaucoup plus élevés qu'en aéroclub,

mais la formation se trouve accélérée. A Guyancourt, on nous a cité le cas, record il est vrai, d'un élève breveté pilote privé en 2 mois, avec 43 heures de vol. L'investissement correspondant était de 8 000 francs environ.

En fait, la formation accélérée en école privée est surtout destinée à des jeunes assez favorisés, attirés par le pilotage professionnel. D'ailleurs, ce type d'école prépare à tous les brevets professionnels pour avions d'un poids au décollage inférieur à 5,7 tonnes.

Les écoles privées, telles Fenwick à Guyancourt ou Transairco, au Bourget, nous intéressent davantage dans la mesure où elles seules permettent d'accéder à l'IFR (Instruments Flight Rules), c'est-à-dire au vol aux instruments.



La qualification « vol aux instruments » suppose des connaissances théoriques importantes (navigation aérienne, météorologie) qui peuvent être acquises à l'intérieur même des écoles spécialisées.

De quoi s'agit-il ? D'une possibilité refusée aux titulaires du « TT ». Ceux-ci ne peuvent piloter qu'à vue (VFR, Visual Flight Rules) et non la nuit ou, le jour, par visibilité faible ou nulle.

Jusqu'en 1968, rien en France n'était prévu en ce domaine pour les pilotes privés. Tout se passait comme si piloter aux instruments leur était interdit. Pas tout à fait cependant, car il existait déjà un « IFR » américain, un autre suisse. Par le jeu d'accords internationaux, ces qualifications se trouvaient validées pour leurs titulaires français. Ainsi, la vocation des écoles Transairco et Fenwick était-elle, à leur création, de préparer les pilotes privés à l'IFR américain. En 1968, était enfin institué en France un « IFR privé » dont la préparation reste confiée par le SFA aux mêmes écoles.

Que représente actuellement l'IFR en France ? Environ quatre cents pilotes privés sont titulaires de la qualification (anciens brevets américain ou suisse et formule actuelle). Il en a été attribué 64 en 1970. Nous laissons de côté les qualifications accordées, dans les mêmes conditions, aux pilotes professionnels. Celles-ci sont nettement plus nombreuses. Nous négligeons aussi les renouvellements de licence, qualifications sur bimoteur, etc.

Soixante-quatre nouveaux pilotes privés « IFR », dont 25 chez Fenwick et 41 chez Transairco, cela, bien sûr, n'est pas énorme. En effet, la qualification IFR est difficile à obtenir, sa préparation est fort astreignante et, enfin, elle est très coûteuse : en gros, 25 000 francs. Tout le monde n'a pas la chance de M.B..., 37 ans, membre des professions libérales, rencontré à Guyancourt. Déjà membre de plusieurs aéroclubs, apprendre à voler aux instruments est en quelque sorte pour lui pratiquer « l'art pour l'art ». Il trouve dans l'effort que cette préparation implique un puissant dérivatif à ses occupations habituelles.

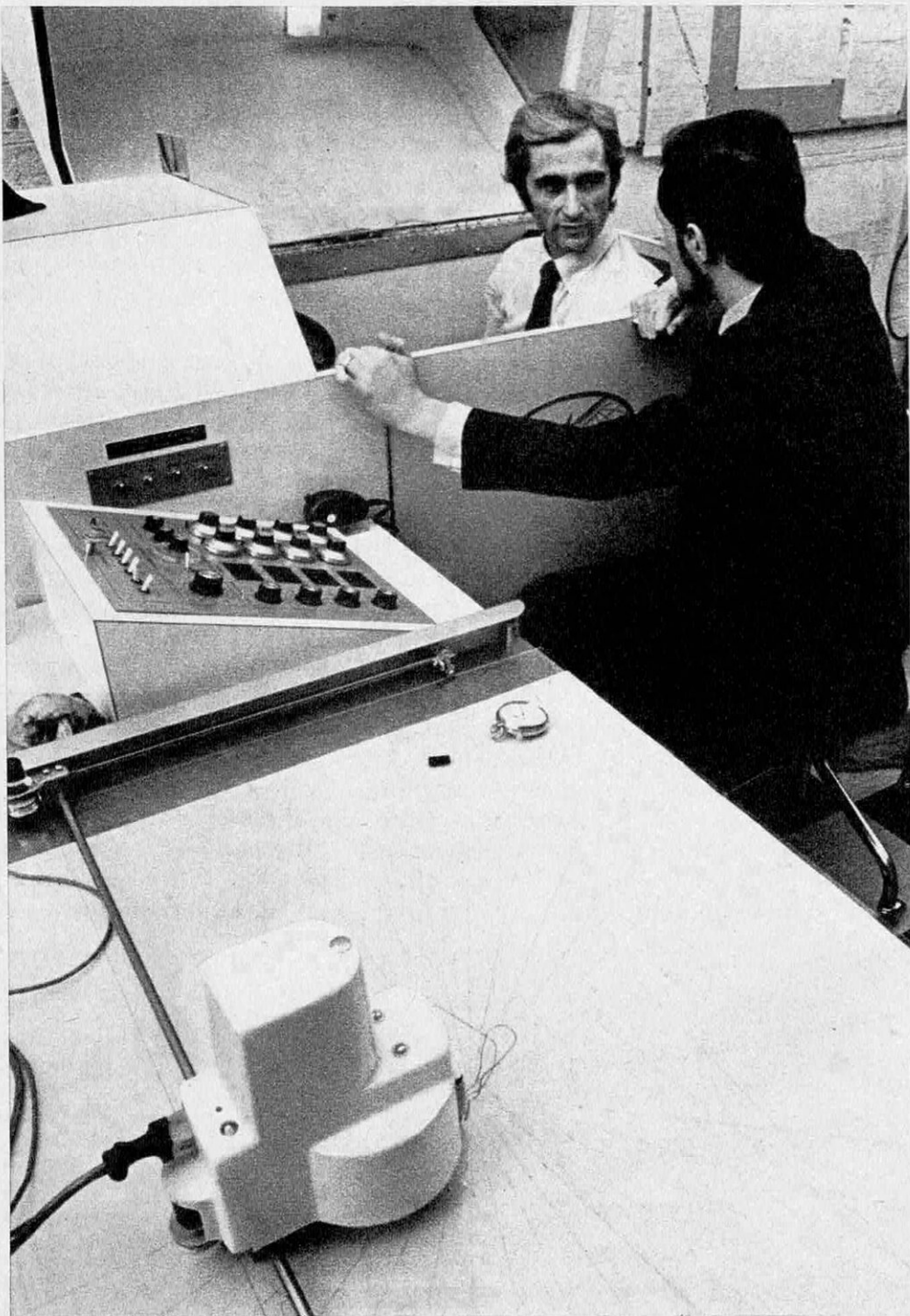
LES STAGES IFR

L'inscription aux stages IFR n'intéresse que des pilotes confirmés. Cent-cinquante heures de vol, au moins, sont nécessaires. Le programme comporte une partie théorique sensiblement du niveau de « math elem » (aérodynamique, navigation et radio-navigation, météorologie) ou impliquant un effort de mémoire important (circulation aérienne...). La préparation aux épreuves théoriques (organisées chaque année par le secrétariat général à l'aviation civile), peut être personnelle, en utilisant les ou-



A l'école de Guyancourt, le matériel de base est constitué de Reims/Cessna 150 et 172. Au premier plan, un 172 « IFR », moteur tournant, va prendre sa piste pour un vol d'entraînement.

Ce n'est pas pour les besoins du photographe que le capot du « link » se trouve ici levé sur le buste de Marcel Amont (conversant avec son moniteur). Il s'agissait en fait d'un exercice simple ne nécessitant pas la fermeture du « cockpit ». Au premier plan, la table traçante où s'inscrit la route suivie par l'élève-pilote au cours de ses évolutions fictives.



vrages spécialisés disponibles dans le commerce. Les écoles préparent aussi à l'IFR théorique (solution sans doute très efficace, mais coûteuse). Fenwick-Aviation, enfin, vient d'éditer un cours programmé pour la préparation individuelle. C'est en somme une solution intermédiaire.

La préparation aux épreuves pratiques inclut une cinquantaine d'heures de vol aux instruments, dont, au moins cinq heures de vol de nuit, toujours en double commande.

Le programme exige 20 à 30 heures de vol simulé au « link-trainer ».

En fait, comme nous le déclarait Robert Nicaise, chef instructeur à l'école de Guyancourt, 60, voire 70 heures de vol aux instruments sont souvent nécessaires. Quant au link-trainer, il faut généralement compter 30 heures de pratique, parfois plus.

Chez Transairco, on vole sur Beechcraft (pour l'IFR, sur monomoteur Musketeer). Chez Fenwick, sur Cessna et Reims/Cessna

Quelques minutes avec Marcel Amont

Pilote chevronné, propriétaire d'un Wassmer Super IV, titulaire de l'IFR américain (acquis à Dallas), lequel n'est plus valable en France, Marcel Amont préparait à Guyancourt, à l'époque de notre visite, la qualification française. Nous l'avons trouvé aux commandes d'un « link » (voir nos photos). C'est avec beaucoup de compétence (et de gentillesse) que le célèbre fantaisiste a répondu à nos questions.

Marcel Amont confirme le caractère très absorbant attribué à la formation « IFR ». Il vante les mérites de l'entraînement au simulateur de vol qui, en plaçant le pilote dans toutes les conditions d'un vol réel, en plein ciel nocturne, permet des progrès extrêmement rapides. Ce qu'il attend de la licence IFR ? bénéficier d'une liberté totale dans l'emploi de son avion, aller où il veut quand il veut, et ne pas, même de jour, devoir rebrousser chemin devant un « cumulonimb » un peu trop volumineux.

(école IFR sur modèle 172). Rien d'étonnant à cela : les deux sociétés sont par ailleurs importatrices ou distributrices pour la France de ces marques d'origine américaine.

En matière de simulateurs de vol, deux « link » sont à la disposition des élèves au Bourget, et autant à Guyancourt. Transairco possède, par ailleurs, une « antenne » à Lyon où se trouve un troisième simulateur. L'école lyonnaise fonctionne en autarcie et assure la formation IFR complète.

Le caractère très astreignant de l'apprentissage IFR (plusieurs demi-journées d'assiduité par semaine sont souhaitables, sinon indispensables), défavorise, de toute évidence, de nombreuses régions de France. Pour suivre sur la voie de la décentralisation amorcée par Transairco, est néanmoins hasardeux. Il faut que la « demande » soit suffisante. Un link-trainer moderne coûte quelque 200 000 francs et le fonctionnement d'un centre IFR suppose un personnel d'instruction nombreux et hautement qualifié.

Au demeurant, l'école IFR est, à l'heure actuelle, un luxe. Notons par exemple que sur les 25 qualifications obtenues par Fenwick en 1970, 5 seulement ont été attribuées à des personnes purement privées, capables de déboursier 2 500, voire 3 000 francs, pour un stage d'un mois et demi ou deux mois. Les grands corps de l'Etat fournissaient le reste, aux frais de l'autorité de tutelle.

UN AVENIR OBSCURCI ?

Brevetés « élémentaires », brevetés « TT » et dans une moindre mesure, qualifiés

« IFR », ne peuvent que se multiplier au cours des années qui viennent. Sans doute ne peut-on s'attendre, en ce domaine, à un développement aussi spectaculaire qu'aux Etats-Unis. La répartition des reliefs sur le territoire américain garantit le maintien de conditions météorologiques homogènes sur de très longues distances. On ne saurait en dire autant du territoire français.

Ce développement, même relatif, de l'aviation légère, de tourisme et d'affaires, n'est pas sans poser des problèmes. Problèmes d'infrastructure, problèmes de congestion de l'espace aérien. Déjà, le trafic, au voisinage de « plates-formes » comme Toussus, suscite à bon droit quelques inquiétudes. Il faudrait, en principe, améliorer et développer les terrains existants, surtout dans la région parisienne, et en créer de nouveaux. Que voit-on, en fait, sinon l'étranglement progressif des plates-formes anciennes, du fait de l'urbanisation galopante ? C'est le cas à Guyancourt, à Saint-Cyr, à Chelles. Quels que soient les efforts déployés par des personnalités comme M. Labadie, président de la fédération française de vol à moteur, il ne semble pas que les pouvoirs publics aient pleinement appréhendé les données du problème. Selon certains responsables de la région parisienne, l'avenir est sombre. Souhaitons qu'ils se trompent. En province, la situation est moins défavorable : le développement de l'aviation de « troisième niveau » entraîne l'octroi de crédits importants à la modernisation des infrastructures. Les aéroclubs et, en général, l'aviation légère, ne pourront qu'en être bénéficiaires.

Serge CAUDRON

Reportages-photo : J.-P. BONNIN

OUTIL OU INSTRUMENT DE LOISIRS

L'avion privé progresse

Les lignes aériennes commerciales sont devenues un des éléments essentiels du transport de masse. Les files des passagers dociles s'engouffrant, tels moutons de Panurge, dans les flancs des moyen et long-courriers à réaction sont spectacle permanent dans tous les aéroports.

Ces dizaines de milliers de passagers transportés annuellement par les compagnies sont de recrutement très hétérogène. Gens de toutes origines sociales et ethniques, de tous âges, en se harnachant dans leur siège, s'installent en même temps dans une situation de passi-

vité totale et de confiance aveugle. Confiance dans la technique aéronautique. Confiance dans l'équipage qui, à 800 ou 900 km/h, va les emmener à destination. Ces passagers, pourtant, ne font pas preuve d'une inconscience particulière. Tout au plus marquent-ils que l'avion est devenu un moyen de transport parfaitement sûr et banal.

Pourquoi, dès lors, l'avion privé ne bénéficie-t-il pas d'une égale faveur ? Sa technologie et ses équipements sont fort peu différents de ceux d'un avion de ligne. Aucune raison technique ne peut donc être invoquée. L'attitude du grand public



L'avion de voyage (de tourisme ou d'affaires) n'est pas encore, au moins dans notre pays, tout à fait entré dans les mœurs. Sa souplesse d'utilisation est pourtant un atout non négligeable face aux grands « jets » commerciaux. Si des progrès restent à faire, 350 terrains sont, en France, ouverts à l'aviation générale. Quant au prix de revient de l'heure de vol, son calcul place l'avion léger, à condition qu'il vole beaucoup, au niveau des outils les plus rentables du monde moderne.

à l'égard de l'un et de l'autre n'est qu'affaire d'état d'esprit et d'information. Pourtant, l'aviation privée progresse, en France et dans le monde. Son essor est même spectaculaire. Et elle évolue dans sa structure et dans sa pratique.

DANS LE CADRE DE L'AVIATION GENERALE

L'aviation privée entre dans la définition de l'aviation générale. Ce terme, qui est la traduction littérale du « general aviation » américain, désigne, pour l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Inter-

nationale), tout ce qui n'est pas aviation de ligne ou aviation militaire. Elle va donc du planeur ou du monoplace à moteur de Volkswagen au biréacteur Fan Jet Falcon. Plus loin même, puisque le DC-9 aménagé pour M. Hugh Hefner, directeur de **Play Boy**, et ses « bunnies », est encore un avion privé. Rien n'empêcherait un original extrêmement fortuné d'avoir son Boeing 747 personnel... La gamme des appareils de l'aviation générale s'étend en fait, normalement, du monomoteur au biréacteur léger. Elle représente d'ailleurs de très nombreux types d'avions et d'utilisateurs.



Image-type, devenue banale, de l'aviation d'affaires aux U.S.A. : une voiture dépose à la coupée d'un Beechcraft C-90 « King Air », trois voyageurs qui vont pouvoir disposer de son confort et de sa vitesse.

1 - Tentative française dans le domaine de l'aviation utilitaire, le Rallye 7 de la SOCAT, encore au stade du prototype, n'a plus guère de points communs avec le Rallye quadriplace. Il peut transporter 6 à 7 personnes. Sa cabine est accessible par deux portes suffisamment larges pour permettre aussi le transport de fret.

2 - Depuis vingt-cinq ans, Cessna, pour une partie de sa gamme, est demeuré fidèle à la formule de l'aile haute en l'améliorant sans cesse. Les inconvénients majeurs de cette formule (difficulté d'escamotage du train et présence de haubans) ont ainsi été supprimés sur les modèles évolués tels que le « Centurion » II.

1



2



Ceux-ci peuvent être groupés en trois catégories. L'**aviation légère** proprement dite est formée, à la base, par les aéroclubs. Ils assurent, aujourd'hui encore, la formation de la majorité des pilotes privés et la formation initiale de nombreux pilotes militaires et professionnels. Les activités sportives (voltige, vol à voile) et de tourisme aérien s'effectuent surtout dans le cadre des aéroclubs. L'**aviation de travail** assume toutes les activités professionnelles sans rapport avec le transport public : publicité, photographie aérienne, traitements agri-

coles, etc. L'**aviation d'affaires** concerne surtout des avions privés utilisés par les sociétés industrielles et commerciales. Ces avions sont, soit propriété des sociétés, soit affrétés par elles.

L'aviation légère, de même que l'aviation de travail, est équipée presque exclusivement de monomoteurs. Au contraire, l'aviation d'affaires exploite essentiellement des bimoteurs, biturbopropulseurs et biréacteurs légers.

L'aviation légère est à peu près uniquement l'affaire de pilotes privés. Le travail aérien et l'aviation d'affaires emploient

3 - Appareil simple et économique, de performances plutôt modestes, le Beechcraft Musketeer Super a été conçu dans un but essentiellement utilitaire. Ce monomoteur offre six places confortables. Sa propulsion est assurée par un moteur de 200 ch. La vitesse de croisière du Musketeer Super est de l'ordre de 270 km/h.

4 - Un record ? presque... Le Bonanza est, depuis vingt ans, construit en série chez Beechcraft, en de nombreuses versions successives, il est vrai. Le F 33A est, dans sa version 1971, équipé d'un moteur Continental de 285 ch lui permettant de transporter 4 à 5 passagers à 370 km/h de vitesse de croisière.



3



4

surtout des professionnels.

Si les associations aéronautiques poursuivent leur progression, le développement du travail aérien et l'apparition de l'aviation d'affaires (son parc a progressé trois fois plus vite que celui des aéroclubs au cours de la dernière décennie) sont les premiers responsables des changements de structure enregistrés en aviation générale. Cet élargissement de la « famille » a eu une profonde influence au niveau de la formation des pilotes privés et de l'infrastructure. L'essor de l'aviation d'affaires, caracté-

risée par ses exigences d'horaires, a poussé à l'utilisation de matériels évolués et fortement orienté l'aviation légère vers le voyage.

LES AVIONS ET LES HOMMES

Quelques données numériques, même arides, sont indispensables pour évaluer l'importance du parc de l'aviation générale et de ses divers composants.

Au début de l'an dernier, la France comptait 6403 appareils d'aviation générale contre 3422 en 1960. Ces 6403 unités

Fidèle à un modèle qui lui valu d'enviables succès commerciaux depuis quinze ans, Cessna ne cesse d'améliorer son petit bimoteur 310. En 1971, il est offert en deux versions, à moteurs classiques ou turbocompressés. Le 310 « Turbo System » de six places (photo ci-dessous) croise à 420 km/h.



Dans la même catégorie de bimoteurs évolués, Piper propose le PA-39 « Twin Comanche C/R » de 4 à 6 places, équipé de moteurs classiques, mais également disponible avec groupes turbocompressés. La distance franchissable du Twin Comanche est proche de 2 000 km à 300 km/h de vitesse de croisière.

se répartissaient en 5151 avions, 95 hélicoptères, 1146 planeurs. De 1969 à 1970, la progression globale était de 264 unités, soit 4,3 %. Ce dernier chiffre, assez modeste, ne rend pas compte du rajeunissement ni de la transformation qualitative du parc. Il y a dix ans, la plupart des avions privés étaient des monomoteurs plus ou moins vétustes et de faible puissance, le plus souvent biplaces. En 1970, le parc comprenait 27 biréacteurs de quatre à douze places ; 22 biturbo-propulseurs de capacités comparables ; 176 bimoteurs de quatre à cinq places ; 98 bimoteurs de plus de six places ; 366 monomoteurs de quatre à sept places ; 1 400 monomoteurs quadriplaces...

Les avions appartenant à des particuliers ou à des sociétés représentaient, en 1960, le tiers du chiffre atteint par les avions d'aéroclubs. Dix ans plus tard, ils atteignent plus de la moitié. Ici encore, il faudrait tenir compte de la valeur des appareils. Un avion d'affaires coûte environ dix fois plus cher qu'un avion « moyen » d'aéroclub.

L'augmentation des activités, chiffrée en heures de vol, est elle aussi très significative : 177 743 heures de vol en 1956 ; 535 308 en 1967. Les heures de voyage aérien ont, pour leur part, plus que décuplé en moins de cinq ans.

Le total des heures de vol augmente beaucoup plus rapidement que le volume du parc, ce qui traduit une exploitation par avion beaucoup plus rationnelle. Quant au nombre des passagers transportés, le caractère privé des déplacements d'avions légers empêche de le préciser. L'augmentation du nombre des avions et leur capacité moyenne plus élevée permettent d'estimer que cet accroissement est assez considérable.

Les pilotes privés sont de loin les plus nombreux des pilotes d'aviation générale. A eux seuls, les aéroclubs groupent actuellement quelque 40 000 pilotes, dont 5 000 pratiquent plus ou moins régulièrement l'aviation de voyage. Créée il y a trois ans, la qualification de **vol aux instruments** a suscité un nombre de candidatures beaucoup plus important que prévu. Au cours des deux dernières années, plus de 400 pilotes (privés et pro-

fessionnels) en ont subi avec succès les épreuves théoriques.

Quel est le recrutement des pilotes privés ? Une étude récente montre que 16 % ont moins de 21 ans, 24 % entre 21 et 30 ans, plus de 34 % de 30 à 40 ans, un peu moins de 26 % plus de 40 ans. On dénombre 17,2 % d'étudiants, 15,3 % de cadres moyens et techniciens, 15,2 % de commerçants et artisans, 12,7 % d'employés, 11,8 % de cadres supérieurs. Les professions libérales sont représentées par 8,3 %, les ouvriers par 7,7 %...

En dehors des « privés », les effectifs de l'aviation générale sont réduits. Bien que leurs activités connaissent un net développement, les sociétés de travail aérien alignent un nombre de pilotes à peu près stable depuis plusieurs années : moins d'une centaine de professionnels. L'accroissement relatif est beaucoup plus important au titre de l'aviation d'affaires. En cinq ans, le nombre d'admis aux épreuves théoriques du brevet professionnel correspondant est passé, en gros, de 100 à 400. Il est vrai que, pour certains de ces pilotes, l'aviation générale est surtout un tremplin vers la « ligne ».

Très caractéristique de l'évolution en cours est la technicité croissante des pilotes, d'ailleurs exigée au niveau des qualifications nouvelles. A l'origine, on peut évoquer trois facteurs stimulants : l'amélioration des équipements embarqués et des capacités opérationnelles des avions légers ; les impératifs d'horaire pour les usagers de l'aviation d'affaires ; l'encombrement de l'espace aérien, surtout dans les zones « terminales » (au voisinage des aéroports).

Les nouvelles qualifications doivent permettre aux navigants d'utiliser rationnellement et en toute sécurité avions, infrastructure et espace aérien. Sans doute intéressent-elles d'abord les pilotes d'affaires, mais elles créent aussi, dans la masse des pilotes privés intéressés par le voyage, une très saine émulation technique. Des manuels de formation évoluée sont publiés ; à côté des centres nationaux de perfectionnement, des écoles privées s'ouvrent. Ainsi, peu à peu, s'élève le niveau de compétence pour l'ensemble des pilotes de l'aviation générale.

La navigation radioélectrique est utilisée aussi bien par l'aviation générale que par l'aviation commerciale ou même militaire (bien que celle-ci dispose de moyens propres). Il s'agit, au sol, du réseau de balises MF et du VOR (Visual Omni Range), qui couvrent le territoire. Quelle que soit son altitude, un avion disposera toujours d'un moyen radioélectrique pour définir sa position et connaître sa route. La formation des pilotes privés et professionnels fait une place croissante à leur utilisation.

L'aviation d'affaires, directement intéressée par les problèmes d'horaires et de souplesse d'emploi, est extrêmement attentive au développement des infrastructures. Par l'intérêt qu'elle présente au niveau de l'économie locale ou régionale, elle est d'ailleurs en mesure de susciter d'importants concours financiers pour l'amélioration des terrains et leur utilisation par tous les temps.

Dans l'état actuel des choses, il existe en France 350 terrains d'aviation générale (soit sept fois plus que de terrains ouverts à l'aviation commerciale). Souvent, ces terrains n'offrent qu'une piste gazonnée, inutilisable, dès qu'elle est détrempée, par un appareil un peu lourd (mono ou bimoteur). L'effort a porté, en deux ans, sur plus de 30 pistes, bitumées et capables d'accueillir un bimoteur léger. Les promoteurs locaux dotent progressivement les terrains d'un balisage lumineux pour atterrissages et décollages de nuit et d'équipements radioélectriques pour les approches aux instruments.

L'UTILE ET L'AGREABLE

Malgré la diversification des matériels (déjà sensible à l'intérieur des aéroclubs qui comportent de plus en plus de sections spécialisées), l'aviation générale conserve un caractère unitaire : identité de la formation de base, état d'esprit « aéronautique », passion du vol, même conception rationnelle du déplacement individuel.

Le dernier point est celui qui nous intéresse tout particulièrement ici. Par rapport à la meilleure voiture du type courant, le monomoteur léger permettra d'effectuer le même trajet en deux à trois

fois moins de temps avec beaucoup moins de fatigue et en prenant des risques infiniment plus faibles. Quelques voitures de sport autorisent, certes, des performances de peu inférieures à celles d'un avion de voyage de faible puissance, mais ces performances ne pourront être exploitées que sur autoroute, à condition que la vitesse n'y soit pas limitée. Prix d'achat et prix de revient kilométrique joueront d'ailleurs au détriment de la voiture de sport.

Dans tous les cas, enfin, le conducteur d'une voiture gardera, en fonction du profil de son itinéraire et de la circulation, l'œil rivé à la route. A cinq cents, mille ou deux mille mètres d'altitude, le pilote d'un avion privé aura tout loisir de contempler le paysage, sous des angles inconnus de l'automobiliste.

Le voyage aérien à bord d'un avion moderne permet donc au pilote et à ses passagers de joindre l'agréable à l'utile, dans de très bonnes conditions de confort. Les monomoteurs quadriplaces de voyage sont, de ce point de vue, très comparables à nos voitures de type courant. Sur les avions « executive » réservés aux princes du monde des affaires, le confort est même très supérieur à celui d'une cabine de première classe de « jet » commercial.

Le voyage aérien, de tourisme ou d'affaires, est d'autant plus agréable que les aérodromes modernes se dotent de moyens d'accueil non négligeables, avec, par exemple, possibilité de location de voiture. Sur le plus petit terrain, on trouve d'ailleurs presque toujours des gens aimables prêts à rendre service.

Mais que coûte le voyage aérien ? Aucune réponse immédiate ne peut être donnée. Le prix de revient est essentiellement variable en fonction de l'avion et de ses équipements. Un critère fondamental entre ici en jeu : les exigences de l'utilisateur en matière de régularité. Deux régimes de vol sont possibles : le VFR, ou vol à vue ; l'IFR, vol aux instruments. Le vol à vue peut être pratiqué sur un monomoteur léger économique, moyennant un équipement de radio-navigation assez réduit. En revanche, il reste toujours tributaire des conditions météorologiques. Dans notre pays, où il



Le « King Air » C-90, déjà présenté en pages 94-95, est équipé de deux turbines de 1100 ch chacune. Il offre dans sa confortable cabine de 8 places une « bulle » de calme et de confort croissant à plus de 400 km/h sur 3 200 km de distance franchissable.



1 - Avec le biréacteur « Citation », Cessna annonce une nouvelle famille d'avions d'affaires à réaction. Il s'agit d'un avion simple et économique, destiné à être utilisé sur les plus petits aérodromes. La cabine pressurisée peut accueillir 8 personnes en plus de l'équipage. La distance franchissable est de 1 360 km à 650 km/h. Propulsion par deux Pratt et Whitney JT-15-D de 1 000 kg/p.

existe une grande variété de microclimats et où les reliefs abondent, un pilote VFR, même expérimenté, n'aura pas toujours la certitude d'arriver au but. L'apparition de brouillard, le passage d'une grande perturbation, le contraindront à retarder ou à interrompre son vol.

L'IFR suppose une machine homologuée, fortement équipée, et un pilote qualifié. Ces conditions étant réalisées, l'avion pourra voler comme un « jet » de ligne. Pris en charge par les services du contrôle de la circulation aérienne, installé comme sur un rail, il volera aux ordres, en fonction du trafic général. L'IFR offre de très larges garanties aux utilisateurs de l'avion d'affaires.

En principe, il est tout à fait possible de faire homologuer IFR un monomoteur léger convenablement équipé. En pratique, le vol aux instruments est essentiellement l'affaire du bimoteur. Pourquoi ? Les raisons en sont diverses. Bien que la « fiabilité » des moteurs et des équipements soit devenue très satisfaisante, les pilotes continuent de penser que, la nuit ou au-dessus des nuages, il est plus prudent d'avoir deux moteurs et non un seul. Par ailleurs, l'usager désirant s'équiper IFR aura tendance à souhaiter l'équipement le plus complet possible, d'où un excédent de poids. Même inconvénient quant aux équipements de dégivrage, qui, incomplets, limiteraient les possibilités de l'avion.

LES PROBLEMES COMPTABLES AU CRIBLE

Un monomoteur IFR bien équipé sera donc nécessairement une machine lourde et puissante, deux à trois fois plus coûteuse qu'un appareil léger. Autant alors

acheter carrément un bimoteur.

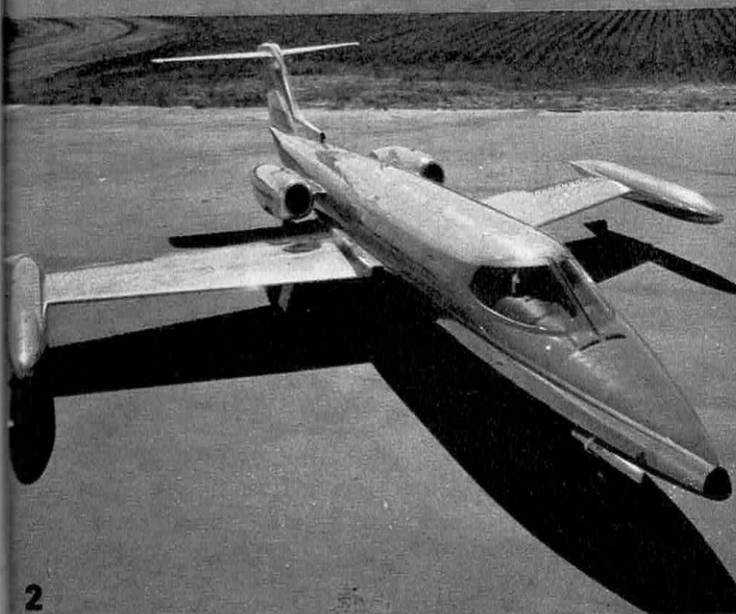
Pour fixer les idées, disons qu'un quadriplace léger équipé VFR coûte en moyenne 100 000 à 150 000 F, qu'un monomoteur lourd, quatre à six places, équipé IFR, pourra atteindre 450 000 F ; qu'un bimoteur IFR ne vaut guère moins de 700 000 F ; les plus évolués, plus de 2 000 000.

Nous laissons de côté les biréacteurs d'affaires, encore bien plus coûteux et accessibles seulement à quelques très grandes sociétés, au moins en France. Les frais fixes annuels (assurance, garage, pilote professionnel, le cas échéant) s'ajoutent aux prix de base que nous venons d'évoquer, de telle sorte que la fréquence d'utilisation conditionne très largement le prix de revient horaire. Le seuil de rentabilité d'un monomoteur est d'environ 300 heures d'utilisation annuelle. Pour un bimoteur (pour lequel un pilote professionnel est généralement nécessaire), le seuil passe à 600 heures ou plus.

Prenons quelques exemples. Un monomoteur léger quadriplace, correctement équipé VFR, est en général loué 120 F l'heure dans un club. C'est aussi, à peu près, ce qu'il en coûtera au particulier qui, lors de l'achat de son avion, n'aura pas bénéficié, comme le club, d'une aide de l'Etat. Un voyage de 500 km (deux heures de vol) coûtera 240 F, soit 60 F par personne. Vers l'étranger, la détaxe du carburant abaissera ce prix de revient. Avec un monomoteur lourd, l'ordre de grandeur est déjà différent. Un excellent appareil comme le Beechcraft Bonanza, qui coûte neuf tout près de 400 000 F, aura, amortissement compris, un prix de revient horaire de 376 F, soit 1,36 F au kilomètre.

2 - Tôt venu sur le marché, le « Learjet » a déjà fait l'objet de plusieurs versions. Le Model 25, à fuselage allongé (notre photo), peut recevoir 8 passagers. Avec une vitesse de croisière de Mach 0,8 (850 km/h), le « Learjet » est l'un des plus rapides avions d'affaires actuels. La distance franchissable avec huit passagers à bord et 45 minutes de réserves de carburant dépasse 2 300 km.

3 - Dernier-né des avions d'affaires de Dassault et héritier de l'expérience acquise avec les Falcon 20 de toutes versions, le Falcon 10 commence sa carrière avec 55 commandes fermes. Il doit recevoir des réacteurs à soufflante (Garrett ou Larzac). Cabine spacieuse pour sept personnes. La vitesse de croisière est de 900 km/h sur des distances de l'ordre de 3 000 km.



Pour un bimoteur Cessna 310 Q (moteurs à turbocompresseur) équipé IFR, l'heure de vol, amortissement **non compris** (le prix neuf est pourtant de 940 000 F), atteindra 436 F. L'achat de ce type de matériel peut néanmoins être amorti en trois ans sur les frais généraux des sociétés.

Ces quelques données chiffrées, qui sont, rappelons-le, de simples ordres de grandeur, montrent combien l'acquéreur éventuel d'un avion de voyage, touristique ou professionnel, doit s'attacher, en fonction de ses disponibilités financières comme de l'utilisation qu'il prévoit, à un choix judicieux du matériel. Il serait absurde d'acquérir un bimoteur évolué pour 100 heures de tourisme aérien dans l'année. Et non moins irréaliste d'acheter un monomoteur léger pour des déplacements professionnels en toutes saisons.

Dès lors qu'un avion, même heureusement adapté à ses tâches, n'est financièrement supportable qu'en volant beaucoup, l'exploitation individuelle n'apparaît pas toujours comme la meilleure solution. D'où l'intérêt de l'exploitation en « pool » par plusieurs sociétés. Des formules du même genre s'appliquent aux avions légers de tourisme. Les aéroclubs eux-mêmes tendent parfois à devenir des associations de copropriétaires.

TENDANCES ACTUELLES

Depuis deux ans, on observe, dans le monde occidental, une nette récession de la vente des monomoteurs. La conjoncture économique n'est pas seule en cause. C'est là, surtout, une conséquence des problèmes que nous avons évoqués plus haut. Progressant en poids, en puissance, en capacité, le monomoteur devient trop coûteux. Si l'on veut que l'aviation privée poursuive sa progression, il faudra songer davantage à des appareils simples et relativement bon marché.

Pourtant, dans l'esprit des utilisateurs, l'avion « simple » doit être confortable et bien équipé. Pour les constructeurs français ou américains, le problème est ardu. Et le marché, encore assez étroit, n'autorise pas l'amortissement de certaines prouesses technico-financières sur de très grandes séries.

Une tendance générale s'affirme néanmoins, selon laquelle l'avion qui se vend le mieux est en général le moins cher. Moins nette pour les avions d'affaires évolués, cette tendance s'y fait jour aussi. La vulgarisation de l'avion privé suppose que d'autres obstacles soient écartés. En France, jusqu'à 250 ch de puissance, les primes d'assurance « casse » restent prohibitives. Les formalités administratives de l'exploitation demanderaient une simplification considérable.

L'infrastructure attend un effort systématique de développement. L'entretien et la réparation, domaines critiques pour la sécurité du vol, pourraient, sans rien aliéner de leur rigueur, laisser plus de place au jeu de la concurrence, au bénéfice de l'utilisateur.

Il y a dix ans à peine, beaucoup parmi les exploitants actuels de bimoteurs évolués volaient encore sur Jodel biplace. C'est dire que l'essor de l'aviation générale va son train. Les métamorphoses n'en sont pas pour autant achevées. On peut prévoir, pour les années à venir, que le choix des utilisateurs, comme l'effort des constructeurs, portera surtout, d'une part sur l'avion bon marché, d'autre part sur le bimoteur, biturbopropulseur ou biréacteur d'affaires. Dans l'état actuel des choses, la construction française est bien placée aux deux pôles extrêmes de la gamme, les Américains faisant la loi en matière de bimoteurs et biturbopropulseurs.

Les USA, d'ailleurs, nous montrent la voie avec une quinzaine d'années d'avance. Au début 1971, on y comptait 728 000 pilotes d'aviation générale et plus de 137 000 avions. En 1970, les pilotes privés américains ont accumulé 20 millions d'heures de vol, soit quatre fois plus que l'aviation commerciale.

En France, des études très sérieuses annoncent, pour dans dix ans, deux fois plus de pilotes et d'avions privés. L'augmentation du pouvoir d'achat, le développement d'un marché de l'occasion, l'importance pour l'homme moderne des facteurs « temps » et « besoin de dépaysement » donnent à penser que ces prévisions ne sont pas exagérées.

Jean Eyquem

LES TRANSPORTS "CHARTERS" ET LA CIVILISATION DES LOISIRS

Né après la dernière guerre mondiale, le transport par avions charters a pris un essor considérable à partir de 1950, surtout dans les pays nordiques. En France, le trafic de la compagnie Air Charter International est en croissance rapide. Il s'agit d'un phénomène spécifique, lié au développement du tourisme de masse, et appelé à un grand avenir.

Allô ? Air Charter ? Je désirerais une place pour Palma...

— Désolé, Monsieur, nous ne vendons pas de billets individuels. Adressez-vous à Air France ou à une autre compagnie régulière. Décontenancé, M. Dupont raccroche. On lui avait pourtant dit que les déplacements par « charter » coûtaient à peu près la moitié d'un voyage ordinaire, et que chaque année, des centaines de milliers de touristes et de vacanciers profitaient de ces conditions avantageuses pour passer une semaine ou deux dans les pays du soleil, en ne payant pas davantage, séjour compris, qu'ils n'auraient déboursé pour le voyage sur Air France ou Iberia.

M. Dupont espérait bien profiter de l'aubaine. Mais il n'avait pas compris que les charters ne délivrent pas de places aux particuliers. Elles vendent du transport à la demande, par avions entiers, à des gens qui prennent sur eux le risque commercial de les remplir. Charter, en anglais, veut dire « affrètement ». Les affréteurs sont pour la plupart des agences

touristiques ; mais il y a aussi d'autres sortes d'acheteurs, par exemple, des firmes qui offrent un week-end à leur personnel ou à un groupe de clients, des associations qui organisent un congrès...

L'apparition du chartering, après la dernière guerre mondiale, son développement considérable au cours de ces dernières années résultent de la convergence de plusieurs circonstances favorables.

Plus qu'aucune autre, l'industrie aéronautique dépend des budgets militaires. La fin des hostilités, en 1945, libérait des appareils en état de voler, un énorme potentiel de production, et aussi des pilotes sans emploi. Les guerres locales, en Asie ou ailleurs, les ponts aériens ne suffirent pas à combler le vide. Ni même la guerre froide et la persistance de la course aux armements : l'évolution rapide des techniques provoquait l'abandon partiel des bombardiers lourds pour les missiles. L'industrie aéronautique était en état de surcapacité. Une reconversion brutale était aussi difficile à accepter sur le plan financier que sur le plan social. Pour ne prendre qu'un exemple, le plus impressionnant il est vrai, dans l'Etat de Washington un million de personnes, directement ou indirectement, vivent de la production de Boeing.

La solution, c'était la fuite en avant, le développement des programmes civils. Et le lancement sur le marché de nouveaux types d'avions que les grandes compagnies aériennes, harcelées par la concurrence, seraient bien obligées d'incorporer à leur flotte.

A charge, pour elles, de trouver un emploi



M. Pierre Sautet, président d'Air Charter, est un de ces dirigeants qui ont foi en leur entreprise.

Vous voulez connaître les raisons de notre succès ? C'est très simple...

Les transporteurs réguliers supportent les charges d'un service public. Leur coefficient de remplissage est de 55 %.

pour les appareils plus anciens, toujours en excellente forme et capables de transporter honorairement leurs passagers.

Des passagers qu'il s'agissait de trouver. Le transport aérien est un transport cher. Les clients se recrutent soit dans la minorité pour qui le prix d'un billet d'avion ne pèse guère sur le budget personnel ou familial, soit parmi ceux qui voyagent pour des raisons professionnelles : hommes d'affaires, militaires, hauts fonctionnaires, techniciens envoyés à l'étranger, diplomates... Ceux-là ne paient pas eux-mêmes et la dépense, pour leur employeur, se justifie par le fait qu'ils sont en situation de productivité.

Or, à côté de cette clientèle, il existe un immense marché potentiel de gens qui ne peuvent pas payer le prix exigé sur les lignes régulières, mais qui sont prêts à voyager par avion si on leur offre la possibilité de le faire à meilleur compte. D'après certaines études, ce marché est *trois à quatre fois plus important* que le marché actuel du transport aérien régulier.

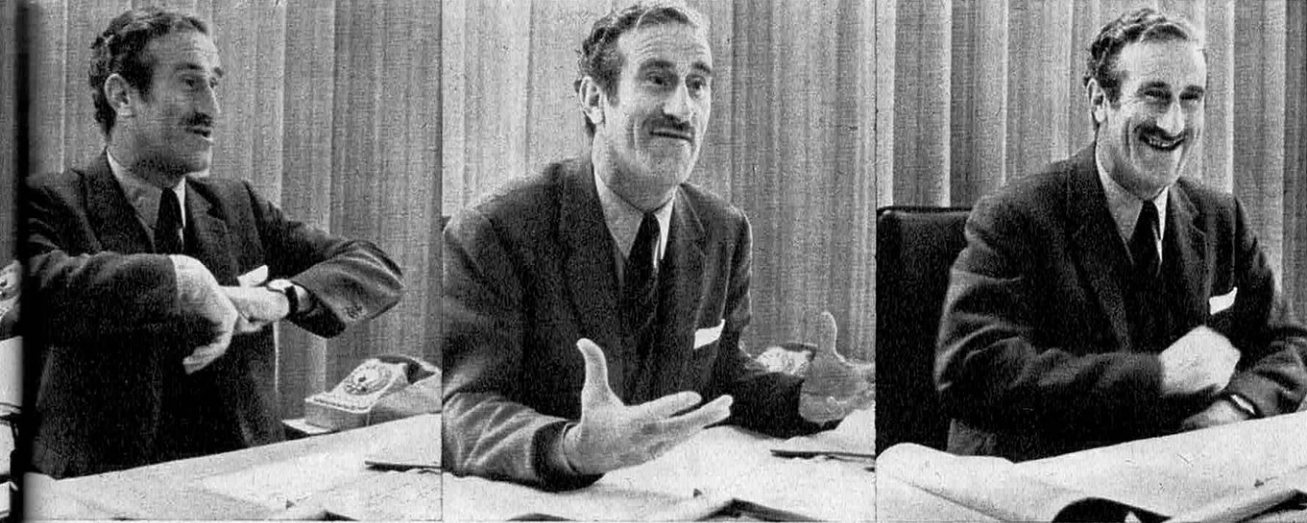
Problème : comment offrir des places à meilleur marché ?

Certaines des grandes compagnies qui exploitent des lignes régulières pourraient offrir des voyages à prix réduit, sans sortir des limites de la rentabilité. Dans une certaine mesure seulement : leurs possibilités en ce domaine sont limitées par des servitudes nombreuses. En outre, pour le trafic international, elles se sont interdit toute concurrence de prix. Elles adhèrent (y compris l'Aeroflot soviétique) à un cartel international, l'IATA (International Air Transport Association), qui réglemente pour tout le monde les conditions de transport et les tarifs, par des accords que tous s'engagent à respecter. Cette structure ta-

rifaire ne tend pas à l'optimisation commerciale ; les tarifs ne reflètent pas la relation — variable — entre les trois éléments : offre, demande, prix de revient. Mais sans cet appareil protectionniste on peut penser que s'instaurerait vite une anarchie dont l'utilisateur des lignes régulières, qui sont des services publics, n'aurait pas toujours à se féliciter.

A l'origine, le chartering fut donc regardé — non sans quelques apparences de raison, comme un stratagème des transporteurs qui voulaient tourner les tarifications de l'IATA. Mais cet aspect des choses est tout à fait dépassé par la spécificité du « phénomène charter » et le dynamisme quasi-explosif qu'il manifeste actuellement. Dynamisme qu'on retrouve jusque dans la personne et les propos de M. Pierre Sautet, président de la compagnie française *Air Charter International* (filiale d'Air France), quand il explique les raisons de son succès :

— Les compagnies de transports réguliers ont une pesanteur qui tient à leur taille. Elles supportent le poids de leurs investissements antérieurs, d'un nombreux personnel permanent, d'un réseau de vente omniprésent. Elles sont tenues à offrir leurs services de façon continue, quelles que soient la saison et l'importance du trafic. Le phénomène charter obéit à une dialectique opposée. Les navigants de certaines compagnies charters ne travaillent pas selon les mêmes normes que ceux des lignes régulières. Nous n'avons pas de personnel d'escale. Nous sous-traitons tout à Air France : techniciens, ingénieurs, pilotes. Nos avions ne volent jamais à vide : quand ils ne sont pas affrétés, ils restent au sol. Voulez-vous quelques chiffres significatifs ? Les compagnies régulières supportent environ 75 % de charges fixes ; nous, environ 25 %.



... celui des charters, de 80 %, car
ils ne sont mis en place que pour
répondre à la demande.

Pas de retour à vide : les passa-
gers partent au jour dit, et rentrent
une ou deux semaines plus tard,
à la date fixée.

Voilà pourquoi les charters vendent
du transport moins cher que les
lignes régulières. Et le nombre des
voyageurs qu'ils transportent aug-
mente chaque année !

Un quart du chiffre d'affaires des compagnies régulières est consacré aux frais de vente et aux frais généraux ; à Air Charter, ces deux postes totalisent 3 %. Voilà pourquoi nous pouvons vendre du transport à des prix très inférieurs ...

— Vos tarifs sont-ils constants ?

— Mais non ! et c'est justement une des caractéristiques du chartering, cette flexibilité des prix suivant la saison, qu'un service régulier ne peut se permettre.

— Quels sont vos principaux clients ?

— Les entreprises de tourisme, ce qu'on appelle les *tour operators*, comme Air Tour, le Club Méditerranée, le Tourisme français...

C'est là en effet un des facteurs essentiels du succès du chartering : il s'insère dans un phénomène social encore plus vaste, le développement du tourisme aérien de masse. En dépit de nombreux tâtonnements et des erreurs inévitables dans toutes les formes nouvelles d'activité, les détenteurs de capitaux effectuent des investissements de plus en plus considérables dans l'industrie des loisirs, favorisant ainsi l'essor de l'hôtellerie et du transport aérien à bon marché. Le chartering est parti des pays « froids » d'Europe, Grande-Bretagne et Scandinavie, dont les habitants sont friands des régions ensoleillées, c'est-à-dire avant tout des rivages méditerranéens. En France, le manque d'étalement des vacances est une difficulté ; mais le tourisme d'hiver commence à marquer des points. Les étudiants et les retraités forment une partie importante de la clientèle transportée par charters.

Les compagnies charters concurrencent-elles les lignes régulières ? Une étude récente fait prévoir qu'en 1974, le trafic « non régulier » intra-européen dépassera le trafic régulier.

Mais en Europe, la plupart des sociétés de charters sont financées par les compagnies « régulières » de l'IATA, à l'exemple d'Air Charter International. La situation est toute différente aux Etats-Unis. Les transports aériens « supplémentaires » (*supplementals*) y mènent une lutte sans pitié contre les compagnies régulières, causant à celles-ci des hé-morragies importantes. Le président-directeur général de la PANAM, Najeeb E. Halaby, a lancé récemment un véritable appel de détresse au Sénat américain, lui demandant de limiter les activités des *supplementals*, dont le développement risquerait de tuer les compagnies régulières. La prospérité des compagnies de transport supplémentaires tient pour une part à ce qu'un de leurs meilleurs clients est le Pentagone, pour qui elles assurent des transports de troupes en Asie ; dans les intervalles, elles utilisent leur matériel en offrant du transport à des prix très marginaux.

En France, l'essor du chartering demeure essentiellement lié à celui du tourisme de masse et à un effort pour freiner l'accroissement des prix de revient, par une augmentation de la productivité. En 1970, Air Charter a enregistré une augmentation de plus de 30 % de son activité. La moyenne des heures de vol par appareil a été de 1 500. La compagnie porta cette moyenne à 1 700 heures pour cette année, l'objectif idéal étant de 2 400 heures. Air Charter dispose d'une flotte de sept Caravelle : quatre dont elle est propriétaire et trois en location. Parmi les autres compagnies qui font du chartering, l'UTA et sa filiale Aéro-maritime exploitent une Caravelle et deux DC-8, Transunion deux Caravelle, Catinair et Air Fret chacun une Caravelle, Euralair des F-27.


Michel ROUZÉ

EXAMEN DES RESSOURCES TERRESTRES

Vers une compétition

Moyen de recherche indispensable dans maints domaines de l'activité humaine, la prise de vue aérienne connaît un essor sans précédent. Autrefois fondée uniquement sur la photographie, elle fait maintenant appel à un éventail de procédés (télévision, radar, radiomètres...) qui tous permettent d'obtenir des images en noir et blanc ou en couleurs. Une flotte spécialement équipée, un abondant personnel qualifié pour la prise de vues et pour l'exploitation des résultats sont aujourd'hui à pied d'œuvre dans le monde.

Dans le même temps, les responsables des programmes spatiaux envisagent la mise en orbite de satellites d'application destinés à dresser l'inventaire des ressources terrestres. Assistons-nous à la première phase d'une lutte entre l'avion et le satellite pour l'exploration de la Terre depuis le ciel ?



En photo aérienne, les techniques infrarouge permettent, par exemple, d'observer le mélange de deux masses d'eau de caractéristiques différentes (température, salinité, densité des particules en suspension).

avion satellite ?

Les spécialistes de l'astronautique ne manquent jamais d'attirer l'attention sur les « retombées spatiales », c'est-à-dire sur les bénéfices technologiques et scientifiques que l'astronautique peut, dès maintenant, procurer à l'humanité. C'est un peu le moyen de justifier une entreprise dont les dimensions et le coût provoquent souvent des critiques. Toujours est-il qu'une grande partie du public n'ignore plus que l'observation et la photo spatiales permettent déjà une meilleure exploitation des ressources terrestres. Des domaines aussi divers que l'agriculture, les eaux et forêts, la géologie, la recherche des gisements de pétrole, la météorologie, l'océanographie, profitent abondamment des informations transmises par les satellites artificiels (sous la forme de photos classiques, d'images dans l'infrarouge, de thermogrammes, ou encore d'images télévisées). On en vient même à considérer que seuls les satellites peuvent apporter ces informations et que la photographie aérienne, connue depuis longtemps, ne saurait avoir que des applications limitées, essentiellement militaires ou cartographiques. La réalité est différente. L'avion peut souvent faire le même travail, parfois même mieux et à meilleur compte que le satellite.

Les techniques de prise de vues à bord des avions sont généralement les mêmes que sur les satellites. Leur éventail est tout aussi large et comporte autant de procédés photographiques que non photographiques. Il n'est pas rare, d'ailleurs, que les systèmes destinés aux satellites soient d'abord éprouvés sur des avions.

LA PHOTO AERIENNE

Les procédés photographiques sont les plus anciens ; ils permettent d'obtenir des images en noir et blanc ou en couleurs. Les émulsions ne sont pas très différentes de celles des photographes amateurs. Elles sont surtout conçues pour assurer les meilleurs résultats possibles aux faibles contrastes des vues aériennes. En noir et blanc, on a recours à des films panchromatiques (séparant de 70 à 600 lignes par millimètre selon les émulsions) ou infrarouge (sensibles de 0,4 à 0,9 microns en général). En couleur, nous retrouvons les émulsions connues de tous les photographes (Agfacolor, Anscochrome, Ektachrome, Ektacolor), ainsi qu'un film comportant une couche sensible à l'infrarouge, l'Ektachrome Infrared Aero.

Les appareils les plus classiques sont des Hasselblad 500 EL groupés par quatre pour permettre de prendre une même vue avec des émulsions ou des filtres différents. Des matériels automatiques ou télécommandés sont construits par diverses firmes. On peut mentionner, par exemple, le Zeiss Ikon à obturateur électrique (1/1 000 de seconde), le Wild RC-8, les caméras Fairchild KC-4 et KC-6. Tous ces modèles reçoivent des objectifs spéciaux à pouvoir séparateur élevé et très faible distorsion. Selon l'échelle de reproduction désirée, on emploie des focales différentes (152 mm, 210 mm, 305 mm sont courantes). Pour la reconnaissance aérienne, il existe d'autres équipements particuliers. Ainsi, le modèle 12 600 de Barnes Engineering possède une échelle sensitométrique (gamme de gris) sur le côté de sa fenêtre d'exposition et un détecteur infrarouge. Cet appareil est destiné à produire des thermogrammes sur émulsion photographique. L'interprétation des clichés est facilitée par la gamme sensitométrique dont l'image se trouve enregistrée sur le côté des photographies au moment des prises de vues. Chaque plage de gris étalonnée correspond à une température déterminée.

Un grand nombre de modèles d'avions peuvent être équipés de ces matériels. C'est le cas, aux U.S.A., d'une centaine d'appareils Beechcraft, Cessna, North American Rockwell, Piper ou même McDonnell-Douglas (DC-6). En France, le Fan Jet Falcon de Dassault peut recevoir de tels équipements (il a été doté d'appareils Wild RC-8 et RC-9 et de 4 Hasselblad



Doc. NAS

Après le passage de l'ouragan Celia sur le Golfe du Mexique, en août 1970, photographie aérienne au-dessus des installations de la Reynolds Alu-



minium Company, à Ingleside, sur la côte texane. On remarquera, en particulier, le navire minéralier jeté à la côte par une lame géante.

500 EL par la firme américaine Remote Sensing Inc.).

Si la photographie aérienne est largement employée, c'est qu'elle donne des images de définition supérieure à celle des autres procédés. A l'échelle 1/5 000, en utilisant un objectif séparant 50 lignes par millimètre, elle permet d'enregistrer des détails de 5 cm. Avec les systèmes de télévision, on ne descend pas au-dessous de 0,45 m si le standard est de 5 000 lignes, voire de 4,5 m pour 525 lignes. La photographie possède encore d'autres avantages. Elle est simple, d'emploi facile. Elle n'exige aucun matériel complexe, notamment électronique. Elle demande peu d'énergie électrique pour le fonctionnement des appareils. En bref, elle coûte relativement peu. Elle exige, par contre, de la lumière, un temps clair sans nuages ni brume, sa sensibilité spectrale se trouvant limitée à la bande qui va de l'infrarouge à l'ultraviolet. Pour opérer de nuit, pour obtenir des images par tous les temps, à travers les nuages, les brouillards et les fumées, d'autres moyens sont nécessaires.

IMAGE PAR BALAYAGE RADIO OU OPTIQUE

Les avions destinés à l'étude des ressources terrestres ou à la reconnaissance aérienne peuvent recevoir divers équipements : radar, détecteurs radio ou caméras de télévision, détecteurs optiques à infrarouge ou à ultraviolet. Ces matériels sont souvent montés en même temps que des appareils de photographie aérienne classique. Chaque système, bien entendu, a des possibilités et des conditions d'utilisation qui lui sont propres.

Les images radar sont obtenues par enregistrement de signaux électriques modulés par l'écho d'une onde électromagnétique (choisie entre 0,5 cm et 1 m) préalablement dirigée sur la zone étudiée. Cette onde a l'avantage de traverser les nuages et même de pénétrer dans l'eau. Elle est, de plus, utilisable de nuit. Les images qu'on peut prendre maintenant selon cette technique, depuis un avion ou un satellite, sont de bonne qualité.

D'autres images peuvent être obtenues avec des radiomètres. Ceux-ci, au moyen d'une antenne, captent directement l'énergie rayonnée par la région explorée. Il n'est donc pas nécessaire, comme avec le radar, de prévoir un émetteur. Les radiomètres travaillent sensiblement dans la même région spectrale que les radars (de 0,1 mm à 3 cm). Ils sont particulièrement intéressants sur un avion, où une antenne de 2 m de diamètre suffit. On peut ainsi, par exemple, déceler des maisons, des routes, des champs et des lacs, ainsi que des différences de température de 0,5°. Sur un satellite,

par contre, une antenne de 20 m serait nécessaire et, à une altitude de 320 km, elle ne permettrait de détecter que des détails de 600 à 700 m et des écarts de température de 2°. Ces marges sont trop grandes, en particulier pour les recherches destinées à l'agriculture. Divers systèmes, d'autre part, permettent d'obtenir des images dans l'infrarouge. Ils font appel à des tubes de télévision spéciaux ou à des détecteurs optiques à balayage. Ces derniers comportent en général un prisme rotatif dont chaque face, en tournant, capte une bande de la zone étudiée et en renvoie l'image sur un petit télescope. Au centre se trouve un détecteur infrarouge, lequel, en fonction de l'intensité du rayonnement, produit un courant modulé qui peut être enregistré sur bande magnétique. Le système autorise des images d'une grande définition. Il permet, par exemple, d'analyser des surfaces de 30 cm de côté depuis un avion volant à 300 m d'altitude, ou de 180 m de côté depuis un satellite placé sur orbite à 170 km de la Terre.

Des procédés non photographiques fournissent aussi des images dans la partie visible du spectre. Le plus connu est la télévision. On peut encore mentionner les détecteurs optiques à balayage utilisant un photomultiplicateur (appareil Reconofax, par exemple). Le principe reste le même que celui du détecteur infrarouge. D'autres détecteurs sont sensibles à l'ultraviolet, solaire ou non. D'autres encore décèlent les cibles chaudes (Thermal Reconnaissance Device) et permettent d'établir des cartes thermiques avec une capacité de résolution de 1°.

L'EVENTAIL DES APPLICATIONS

Si certains procédés de prises de vues aériennes sont récents, beaucoup sont utilisés depuis de nombreuses années. La photographie est largement employée depuis plus de 20 ans. Les systèmes radar et de télévision ont été perfectionnés surtout depuis la dernière guerre mondiale. Mais c'est seulement depuis une dizaine d'années que leurs applications non militaires se sont développées. La détection aérienne bénéficie donc dans son ensemble d'une importante expérience et la liste des travaux

qu'elle a permis est longue. On ne peut en donner ici qu'un aperçu.

C'est surtout dans les domaines forestier et agricole que l'exploration aérienne a été utilisée avec profit. La photographie et les capteurs infrarouge ont permis de dresser sur des régions entières des cartes des espèces forestières, des caractéristiques du sol (humidité, salinité, fertilité), des conditions d'irrigation et de l'état des récoltes.

La pellicule infrarouge en couleur, très employée dans de nombreux pays (en France, par l'Institut Géographique National) offre de vastes possibilités. Cette émulsion, rappelons-le, permet de fixer l'image des surfaces qui réfléchissent l'infrarouge, et cela en rouges de saturation et de tonalité différentes selon l'intensité du rayonnement. Ainsi, ce film traduit en rouge les feuilles vertes (la chlorophylle réfléchit l'infrarouge solaire). Les feuillages des diverses espèces d'arbres ne contenant pas la même quantité de chlorophylle, leur image permettra leur identification. De plus, lorsque les plantes sont malades, infestées par les insectes, qu'elles poussent sur un sol trop sec (irrigation insuffisante, sécheresse) ou trop pauvre (épuisement de la terre, manque d'engrais), la teneur des feuilles en chlorophylle diminue. La photo aérienne sur film infrarouge décele immédiatement ces maux. Les feuilles se révèlent par des roses, des mauves ou même des bleus caractéristiques.

Toujours en matière d'agriculture, on envisage, dans les années à venir, d'utiliser la détection radar ou infrarouge pour connaître exactement le niveau du grain dans les silos ou la composition et la densité des cultures maraîchères. Des expériences ont montré qu'il était possible de distinguer sur thermogrammes des champs de betteraves à sucre, de maïs, et de blé.

L'image aérienne est également utilisable pour localiser des animaux, les compter, connaître leurs déplacements. Les images sont obtenues au moyen de détecteurs thermiques ou de radiomètres infrarouge qui enregistrent la chaleur. Des appareils très sélectifs, capables de déceler un objet de 90 cm de long à une altitude de 300 m, sont dans ce cas nécessaires. La précision obtenue permet, à cette altitude, de

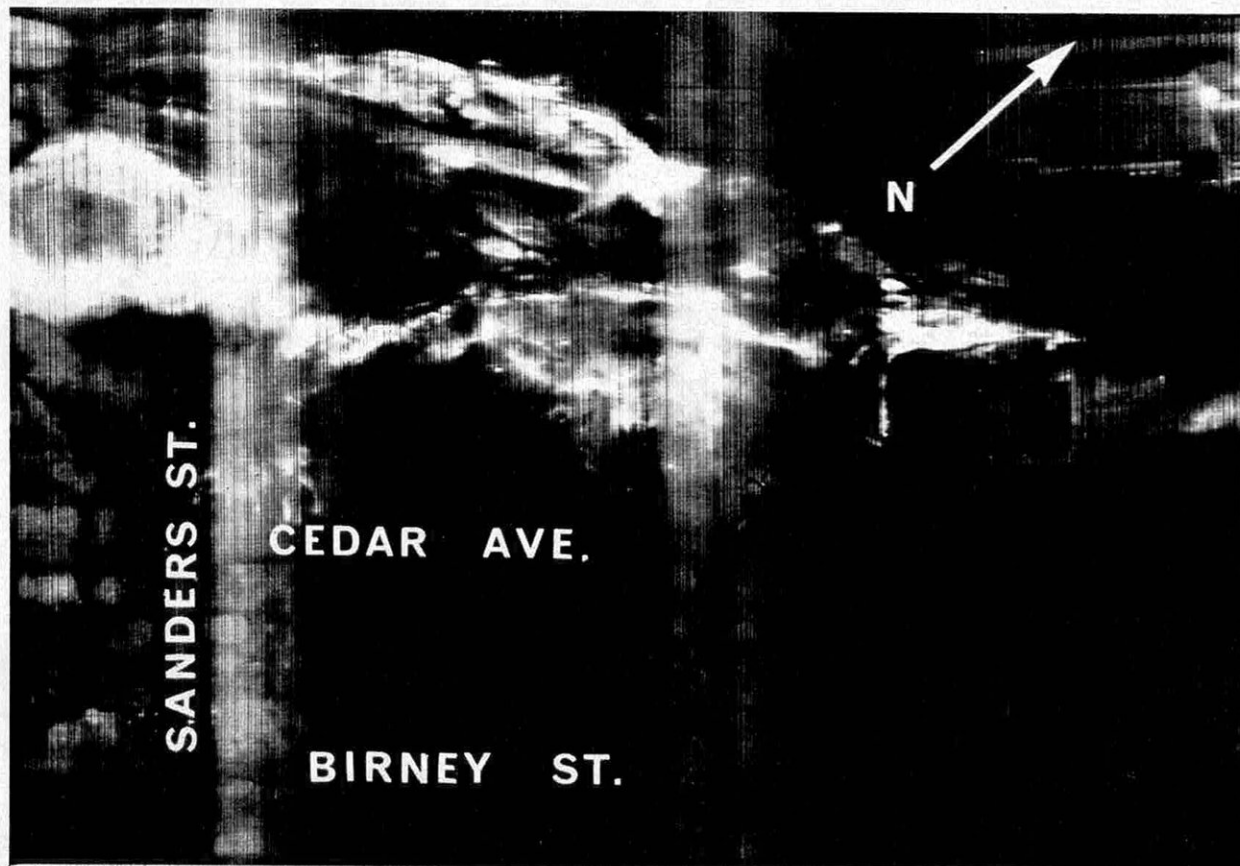
Cette image, formée sur un écran cathodique, a été produite à partir d'une photo aérienne infrarouge. La technique repose sur l'analyse des densités optiques (correspondant à certaines gammes de températures) du document original et sur leur conversion en teintes nettement différenciées. Encore expérimentale, elle permettra peut-être, à l'avenir, l'établissement rapide de cartes isothermiques des surfaces marines. Dans

le cas particulier étudié ici, il ne s'agissait que du rejet d'eaux de refroidissement par une installation industrielle implantée au bord d'un cours d'eau. Les plus hautes températures sont traduites en rouge ou en violet, les plus basses en vert, les températures intermédiaires en jauné. On peut, dès lors, identifier le cours d'eau (en jaune), la terre (multicolore), l'effluent (traînée rouge) et l'usine (taches violettes).



Peu démonstratif au premier coup d'œil, ce document permettra peut-être de sauver des vies humaines. Il s'agit d'une thermographie infrarouge réalisée à l'initiative du Bureau américain des Mines, au-dessus de la ville de Scranton, en Pennsylvanie. Les traînées claires irrégulières (points chauds) correspondent à des remontées de gaz toxiques produits par la combustion souterraine de gisements de charbon.

US Geological Survey



distinguer des écarts de température d'un à deux degrés. Des appareils tels que le scanner Bendix signalent, par exemple, l'emplacement où était couché un animal, quelques dizaines de secondes après son départ, par enregistrement de la chaleur laissée sur le sol. La technique n'est pas sans difficultés. Un inventaire des daims et des cerfs tenté en 1967 aux Etats-Unis dans la réserve E.S. George, près de l'Université de Michigan, l'a bien montré. Un premier obstacle était constitué par la végétation. Un second par la température de certains éléments au sol qui, sous le soleil, accumulaient de la chaleur (rochers, automobiles). Pour un travail précis, une prairie de surface homogène et de température uniforme, inférieure à celle des animaux, eût été nécessaire. Finalement, les responsables de l'opération attendirent l'hiver. En janvier, alors

que la campagne était recouverte de neige et la température de -4°C , on parvint à dénombrer les animaux de façon précise.

Les appareils photo infrarouge, les radars ou les radiomètres ultrasensibles sont encore utilisés pour l'étude des surfaces d'eau, marines ou non. Ici encore, on se base souvent sur la réflexion de l'infrarouge par la chlorophylle, localisée dans les plantes et dans les pigments en suspension dans l'eau. On dresse ainsi des cartes des grandes masses d'eau océanique avec délimitation des zones riches en organismes intéressants. Cette technique a d'abord été essayée aux Etats-Unis, sur le lac du cratère Oregon, à une altitude de 2 000 mètres, en 1967.

D'autres études ont été exécutées sur l'embouchure de l'Hudson pour en connaître les conditions climatologiques particulières. Des cartes

Au-delà de la photographie pure, des détecteurs infrarouge à balayage sont maintenant opérationnels. L'image présentée ici a été obtenue de moins de 350 m d'altitude. On remarque, en bas, l'échelle de gris destinée à faciliter l'interprétation. La technique révèle avec une grande précision les réseaux hydrographiques. En A est marqué le tracé d'un pipe-line dont on pourrait aisément détecter les fuites.

Texas Instruments



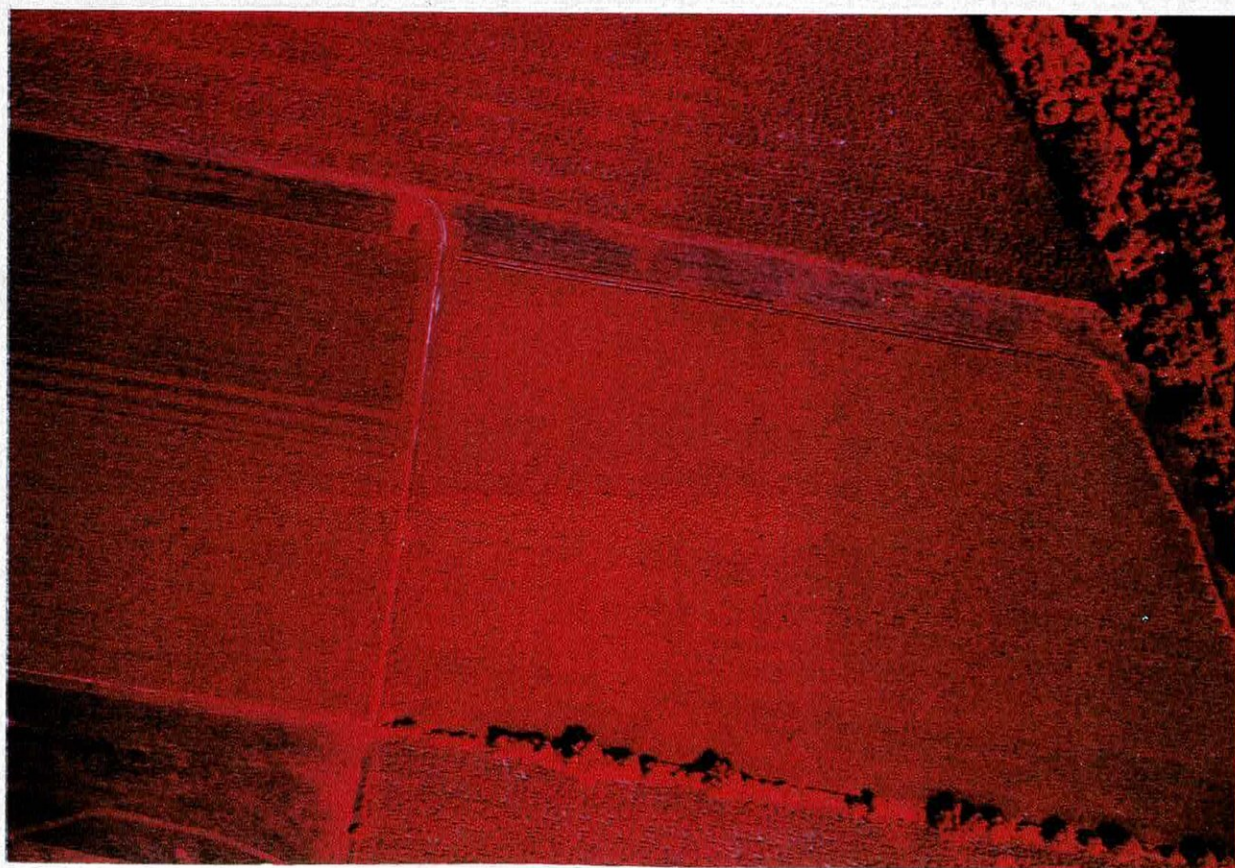
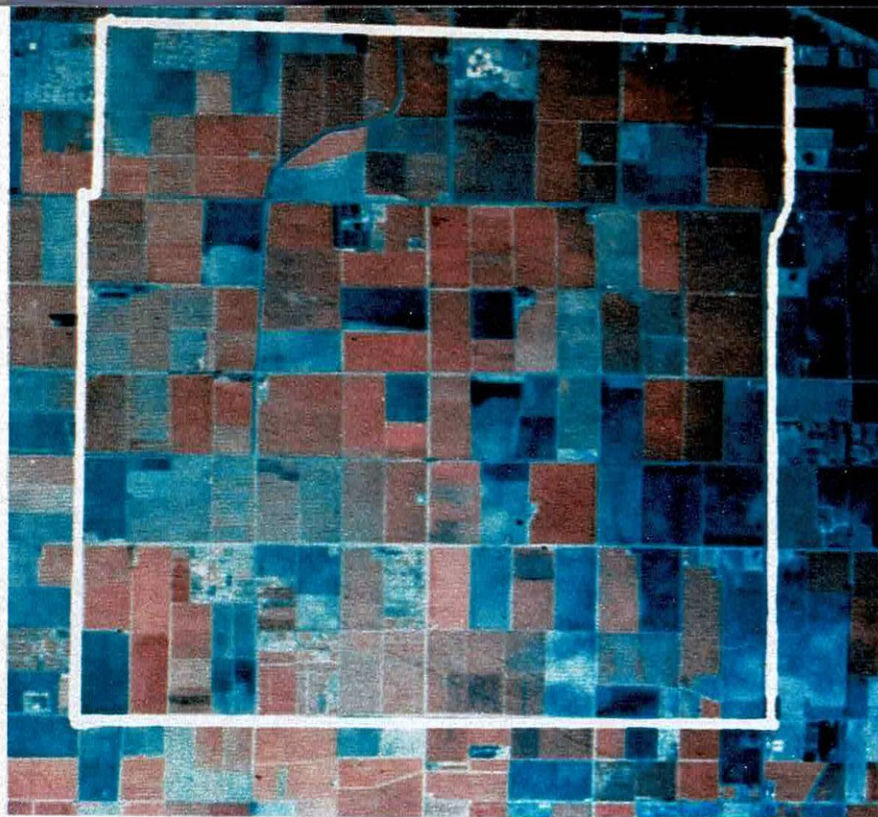
thermiques donnent les températures des divers points de la surface de l'eau.

La photo aérienne permet aussi d'explorer des plans d'eau en profondeur. Suggéré dès 1922, ce procédé fut très employé durant la dernière guerre pour la détection des sous-marins. En 1962, il fut mis à profit pour les recherches géologiques, notamment aux Bahamas (pour le compte de la NASA) avec des appareils Wild RC-8 montés sur avions et sur le satellite Gemini XII. Les vues d'avion étaient prises à 600 et à 7 500 m d'altitude ; celles du satellite à 160 km. Les photos aériennes permirent d'analyser les caractéristiques des fonds, de déterminer la densité des sédiments et les espèces végétales. Les photos spatiales donnèrent des vues plus générales, plus synthétiques, mais insuffisantes pour une interprétation détaillée. Parmi les autres applications de la prise de vue

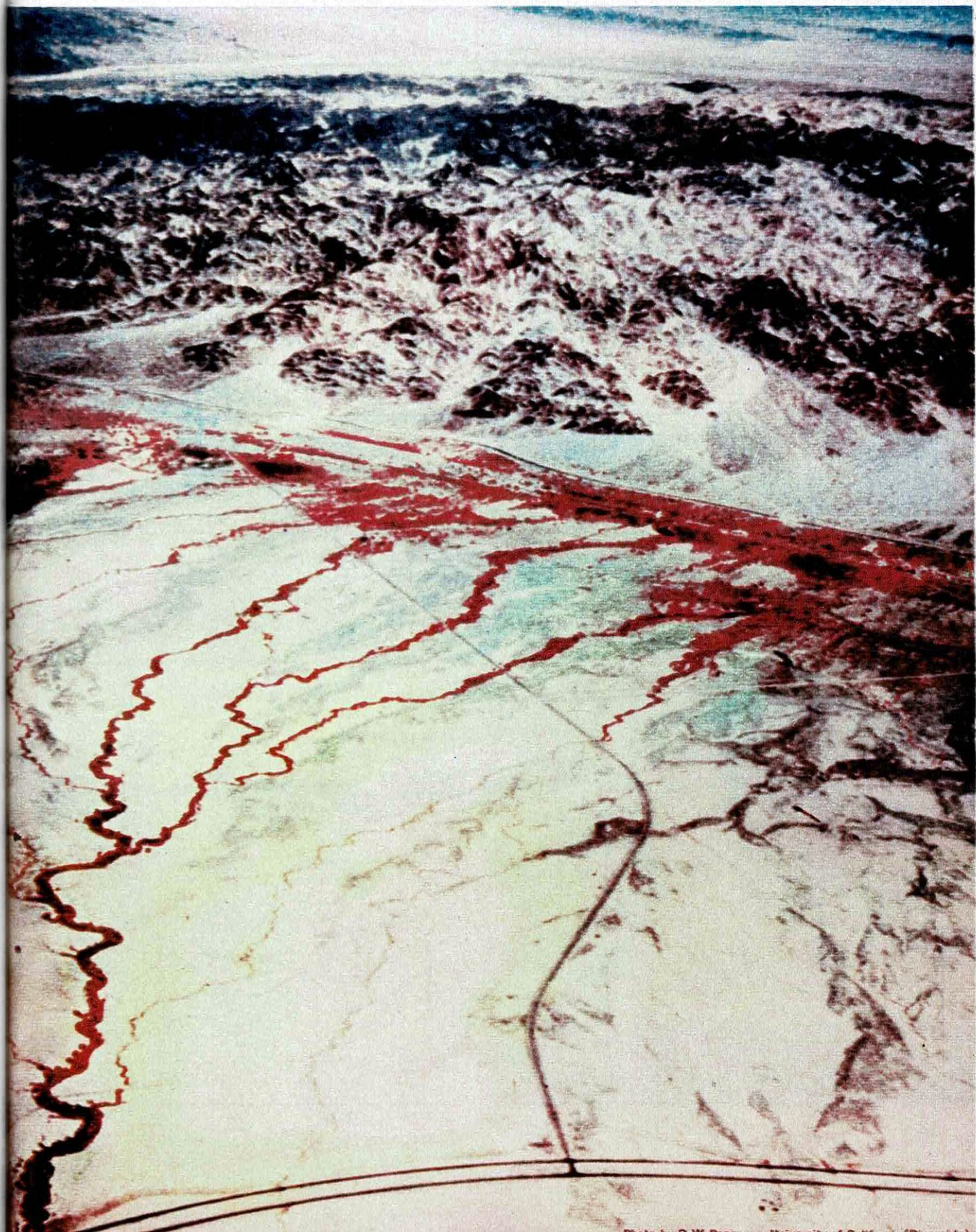
aérienne, on peut encore mentionner l'emploi, dès 1957-1959, de caméras multispectrales pour l'exploration des régions hydrothermales de la Nouvelle-Zélande. En 1965, un matériel similaire permettait, aux Etats-Unis, l'analyse, à partir de vues aériennes, de l'environnement végétal et géologique de la région du parc national de Yellowstone. Le radar, d'autre part, permet d'identifier des associations de sols.

Des détecteurs infrarouge sont employés pour dresser des cartes de températures des terres, pour déceler des nappes de pétrole ou encore pour localiser des bancs de poissons (qui font remonter à la surface des masses d'eau froide, apparentes sur les images infrarouge). En France, l'hiver dernier, la photo aérienne fut utilisée pour déceler les risques d'avalanches dans les Alpes.

Deux exemples d'utilisation expérimentale de la photo couleurs infrarouge à des fins agronomiques. Photographiées à 20 000 m d'altitude, les terres cultivées de la région de Mesa (Arizona), ci-contre, apparaissent en diverses teintes correspondant aux espèces végétales intéressées ou à l'état de leur croissance. Ci-dessous, dans l'Indiana, examen de cultures de maïs saines (coloration rouge) ou infestées par un parasite (coloration bleue).



Sur émulsion Kodak Infrared Aero, la photographie aérienne de la zone d'un canal (essentiel à la vie économique de la Californie) révèle, en rouge vif, les pertes d'eau. C'est en fait l'intensité de la végétation résultant d'une irrigation fortuite qui se trouve ainsi mise en évidence.



LES PROGRAMMES SPATIAUX ET LEURS LIMITES

Jusqu'à présent, la prise de vue spatiale n'a pas été systématiquement employée pour l'exploration des ressources terrestres.

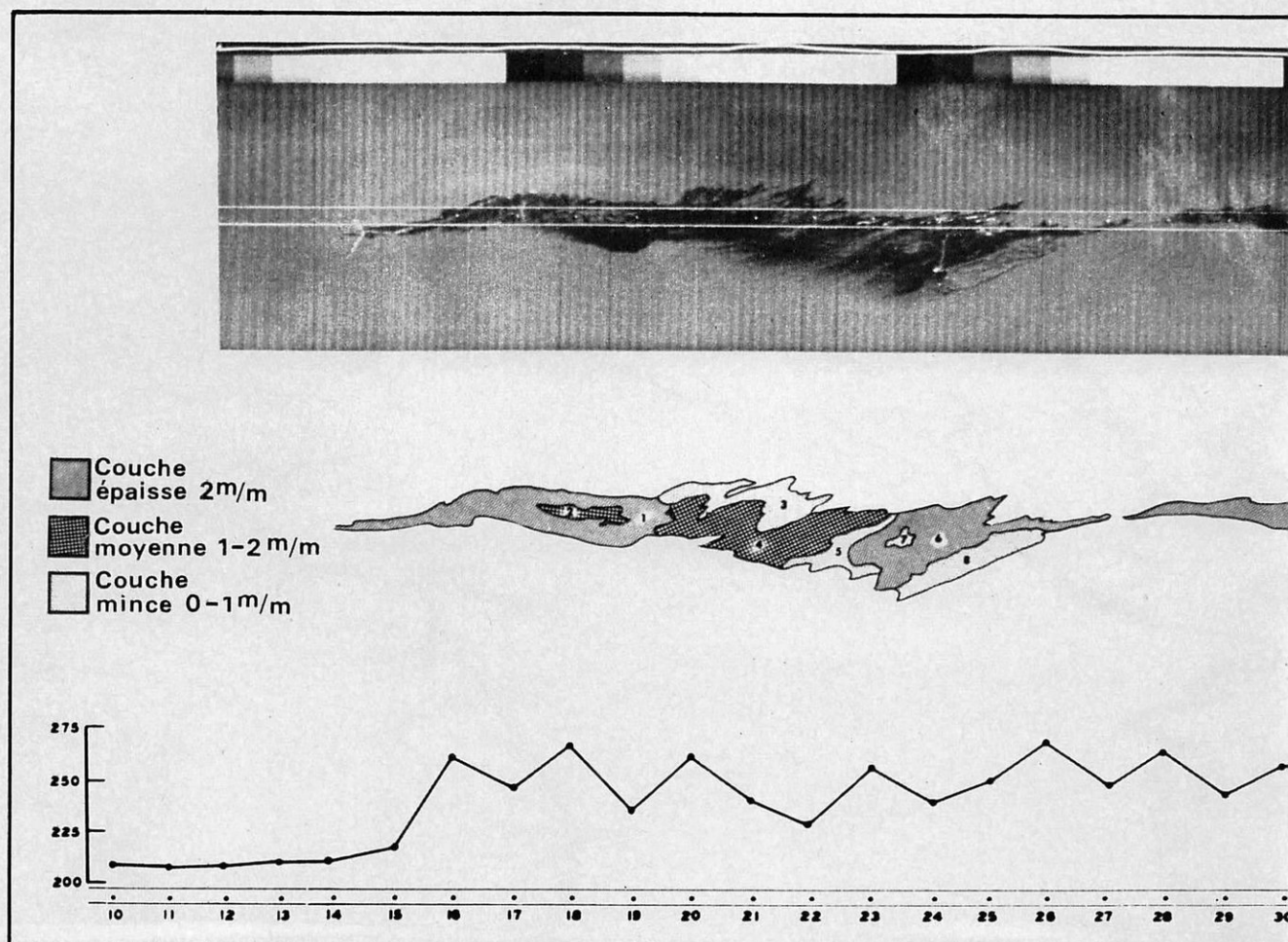
Dans divers domaines (géologie, recherche de gisements minéraux, agriculture, océanographie...), on a seulement conduit des programmes expérimentaux visant surtout à une évaluation des possibilités des matériels et des méthodes. A l'heure actuelle, on songe sérieusement à dresser par satellite un inventaire des richesses de la terre. Ainsi sont nés les programmes ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Le premier, ERTS-A, encore expérimental, sera lancé en mars 1972. Il sera suivi, 9 ou 12 mois plus tard, du satellite ERTS-B.

Le programme ERTS-A devrait aider à déterminer les possibilités de la prise de vues spatiale au service de l'agriculture (identification des espèces, détermination des conditions d'emploi des terres...), de la géologie, de l'hydrologie et de l'océanographie (classification des terres par caractères morphologiques, me-

sures des paramètres hydrologiques, analyse de côtes...). Le satellite sera doté de détecteurs travaillant dans quatre bandes spectrales et de trois caméras de télévision utilisant trois bandes spectrales : bleu-vert (0,5 à 0,6 microns) pour pénétrer l'eau ; rouge (0,6 à 0,7 microns) pour identifier les formes ; infra-rouge (0,7 à 0,8 microns) pour localiser les surfaces d'eau et analyser la santé des plantes. Le satellite va donc, cette fois, empiéter sérieusement sur des domaines qui, jusqu'ici, étaient surtout réservés à l'aviation. Si l'on songe que les programmes ERTS ne sont qu'un début et que la surveillance de notre planète verra son efficacité décuplée avec les stations orbitales actuellement en projet, quel rôle pourra encore jouer l'avion ?

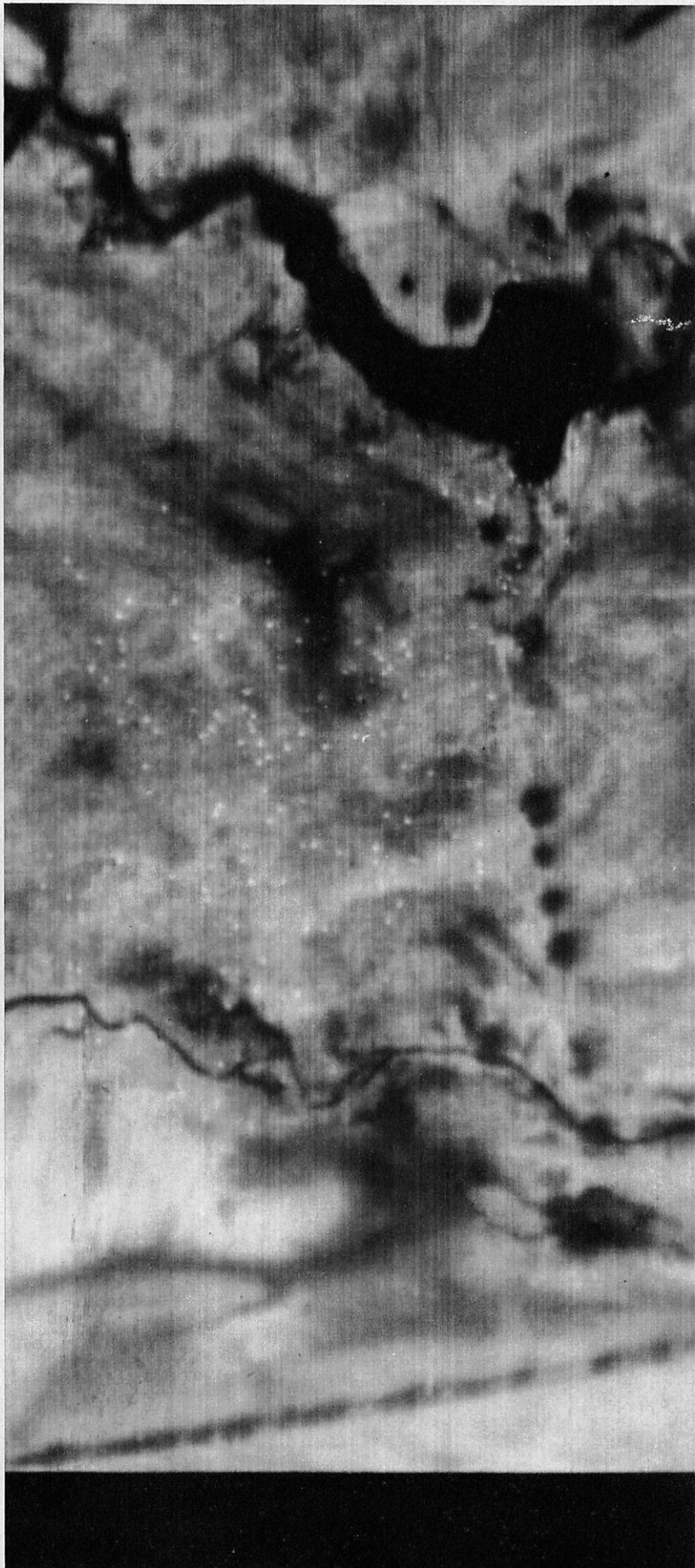
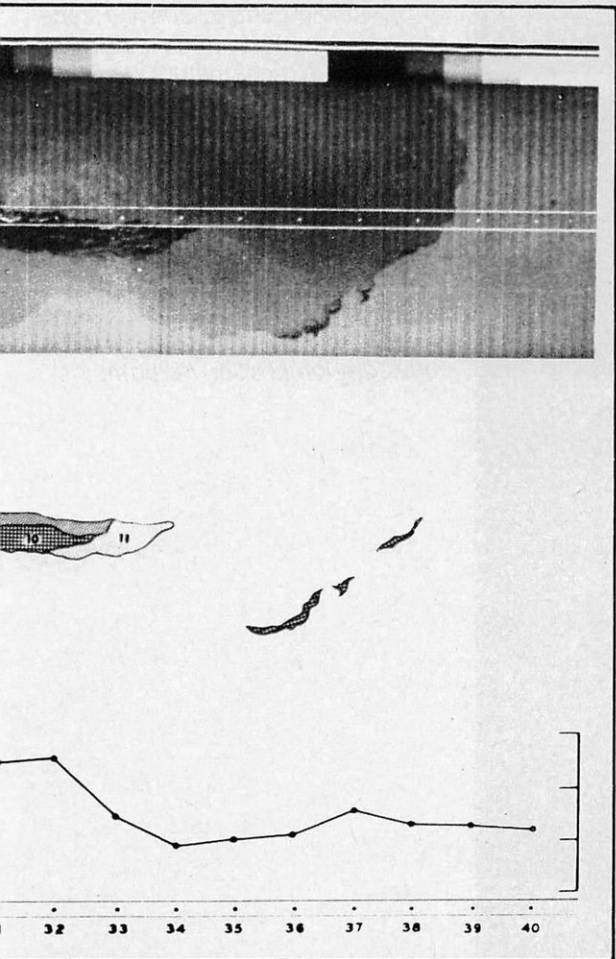
En fait, il est à peu près certain que ce rôle restera important et que la détection par avion connaîtra même un essor considérable.

Beaucoup moins coûteux, au point qu'il est couramment utilisé pour la mise au point des détecteurs destinés aux satellites, l'avion gardera aussi ses domaines propres, en particulier pour la reconnaissance et l'exploration à l'échelle de la région. D'ailleurs, les images



Compter les animaux d'un troupeau, de jour ou de nuit, de plusieurs centaines de mètres d'altitude, est au nombre des possibilités offertes par les dispositifs optiques à infrarouge (ici un appareil à balayage). La chaleur produite révèle les animaux sous forme de minuscules points blancs sur fond plus sombre.

En mars 1970, l'incendie d'une plate-forme de forage pétrolier dans le golfe du Mexique provoquait l'épanchement d'une énorme nappe de pétrole brut. Le déplacement de la nappe allait être suivi, de jour comme de nuit, grâce aux appareils embarqués à bord des avions de la firme Remote Sensing Inc., de Houston. On parvint ainsi à prévenir la pollution de certaines zones côtières. En haut, image obtenue à 3 500 m d'altitude avec un dispositif à balayage infrarouge. En bas, profil radiométrique obtenu sur 13,7 GHz de fréquence. Ces deux types de documents permirent l'établissement du diagramme au centre où est indiquée l'épaisseur de la nappe en ses divers points.

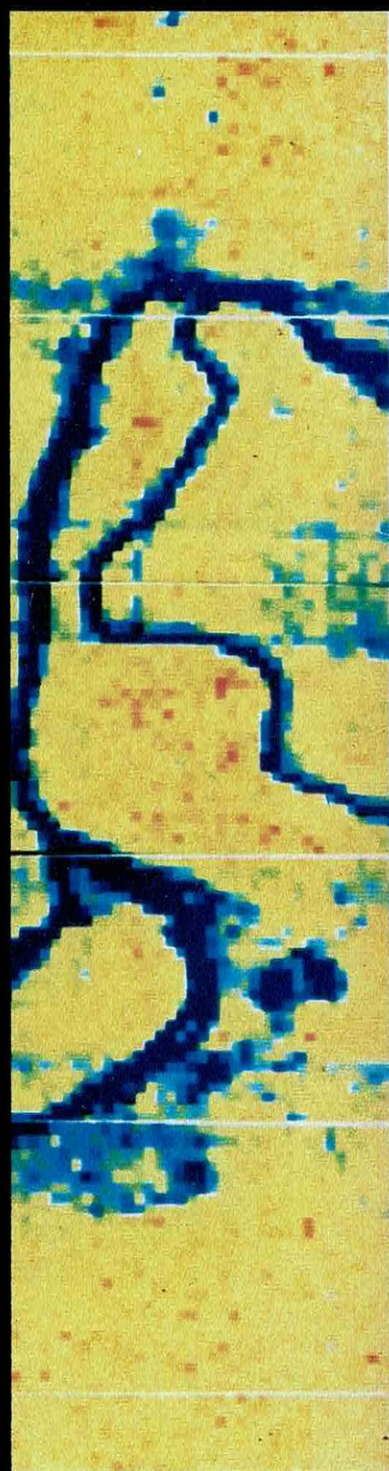
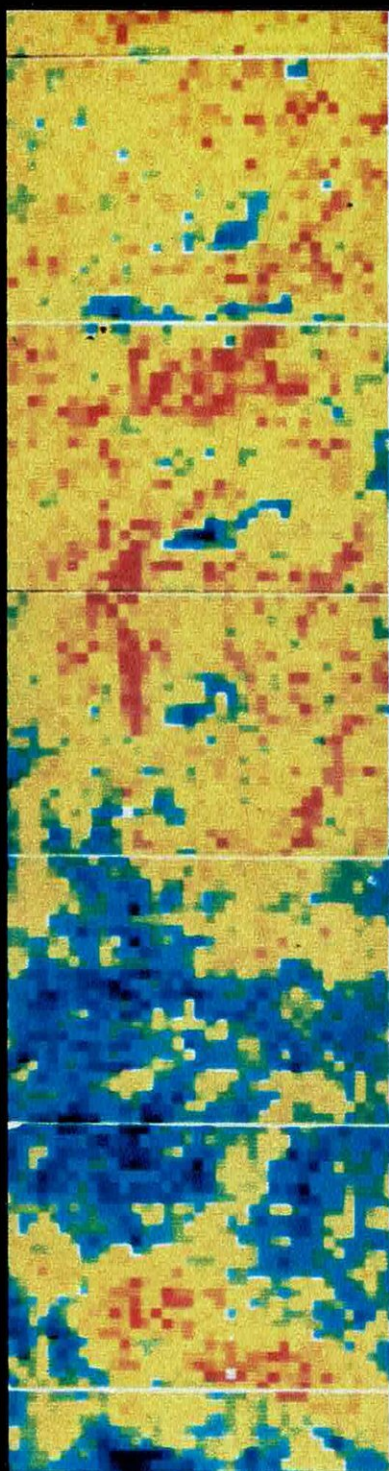
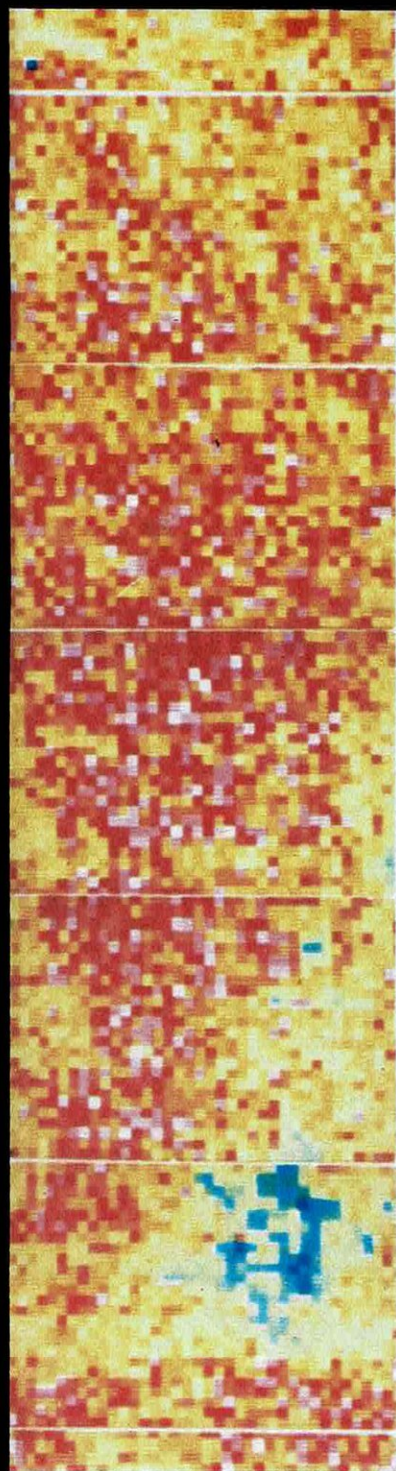


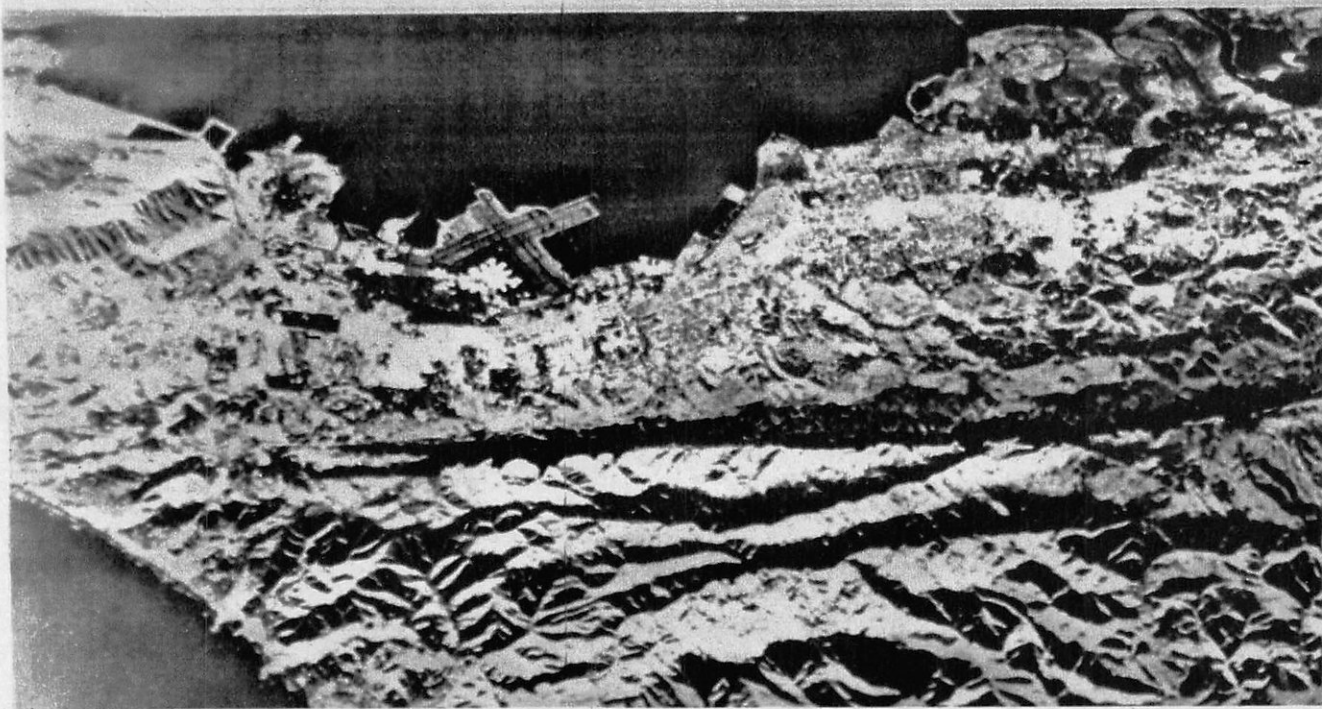
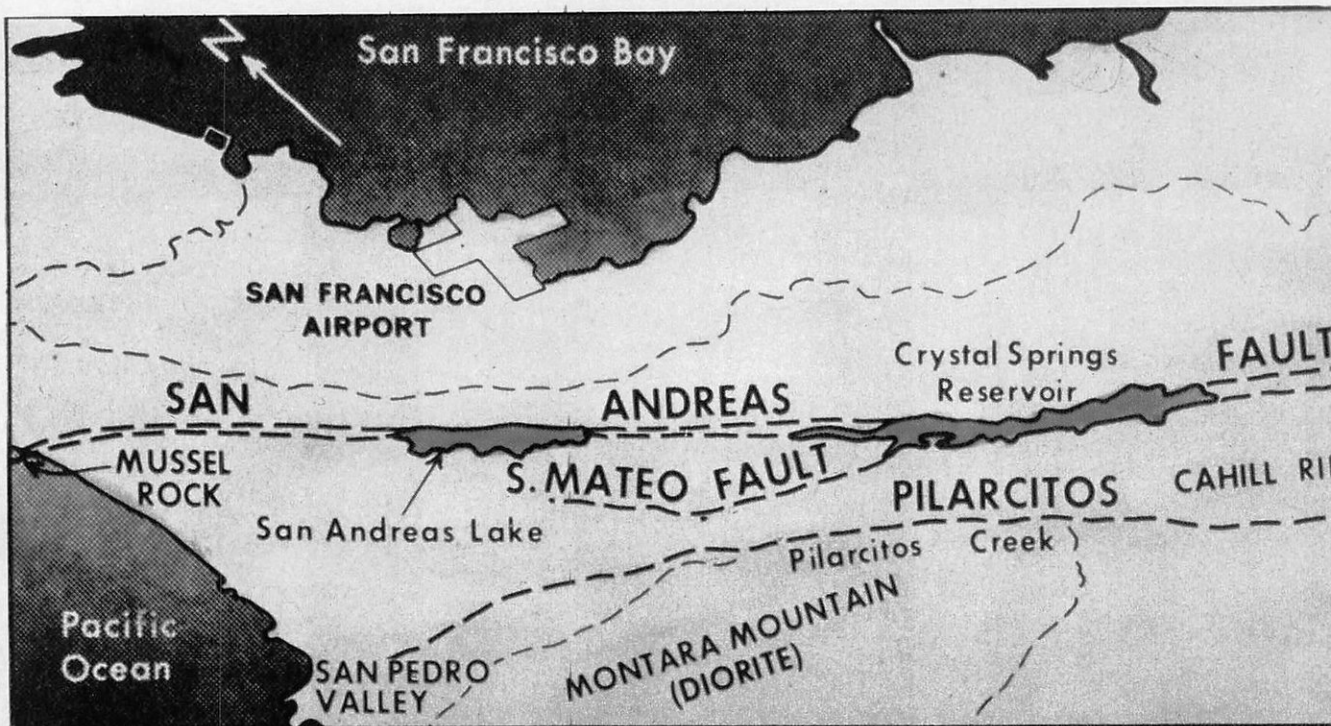


◀ Une opération « ressources terrestres » a été conduite en France à partir de juillet 1970 par le Centre National d'Études Spatiales, à bord d'un appareil Hurel-Dubois de l'Institut géographique national. C'est à cette occasion que furent réalisées les photos ci-contre, respectivement sur émulsion infrarouge couleurs « Aero » et classique. Cette dernière permet, on le voit, de beaucoup mieux individualiser les plans d'eau, rivières, etc.

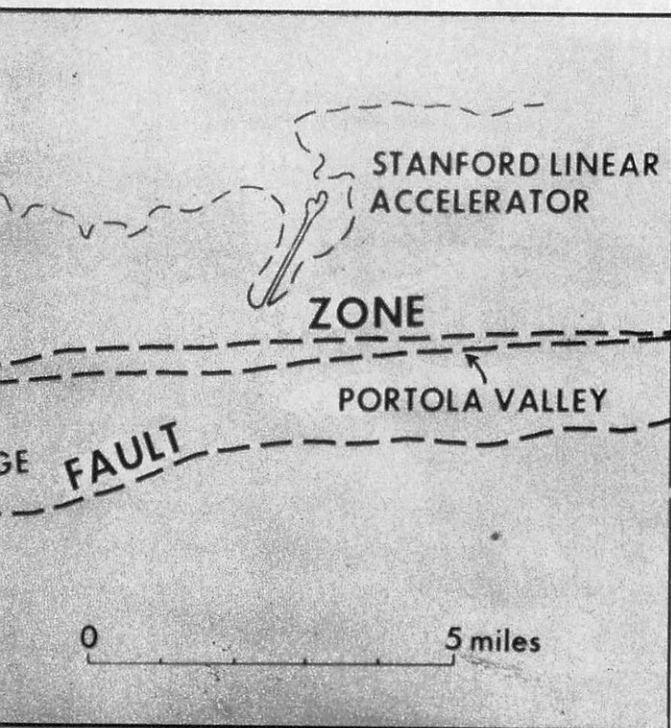


Trois régions des États-Unis examinées au radiomètre à balayage sur 1,55 cm de longueur d'onde, de 12 000 m d'altitude. La largeur de chaque bande est, au sol, de 15 km environ, la résolution de 500 x 500 m (correspondant à chacun des petits carrés de couleur). A droite, les confluent du Mississipi et de l'Illinois, et du Missouri et du Mississipi. L'eau, relativement froide, se traduit en bleu profond. Au centre, dans la zone du moyen-ouest américain, les champs fraîchement labourés apparaissent en bleu léger, les zones de végétation, nettement plus émissives, en jaune et en rouge. A gauche, une zone forestière du Kentucky en fin d'après midi: la chaleur accumulée dans le sol produit une émission intense (rouge et blanc). La zone « froide », en bas, correspond à une agglomération urbaine.





Le radar à balayage latéral fournit des images extrêmement précises des reliefs et de la topographie pouvant être mise à profit par les prospecteurs minéraliers et pétroliers. On voit ici (avec la carte permettant l'interprétation) la zone de la faille de Saint André en Californie, laquelle s'est, il y a quelques mois, rendue une fois de plus célèbre par un violent tremblement de terre.



Doc. NASA - Westinghouse

obtenues à faibles et moyennes altitudes sont généralement plus précises que les images spatiales. De plus, les satellites du genre ERTS posent des problèmes importants. Tout d'abord celui de l'interprétation et de l'utilisation de la masse de documents fournis. L'exploitation d'une image aérienne n'est possible, en effet, qu'avec un personnel hautement qualifié. Pratiquement, les intéressés doivent être non seulement spécialisés en photo-interprétation, mais aussi en géologie, agriculture, botanique, océanographie, etc.

Le travail à effectuer est toujours long et difficile. Si les spécialistes sont actuellement assez nombreux aux Etats-Unis, il n'en existe que très peu dans la plupart des autres pays et en particulier dans les pays en voie de développement.

Certes, on commence aujourd'hui à employer des matériels électroniques capables d'analyser automatiquement les documents fournis. Mais ces équipements restent coûteux et leur mise en place dans tous les pays intéressés ne peut être envisagée rapidement. Il en est ainsi de toute l'infrastructure qu'exige un satellite, tant pour le suivre et capter ses informations, que pour les acheminer, pour dépouiller et interpréter les documents recueillis.

Les responsables des programmes spatiaux sont parfaitement conscients de ces problèmes. Ils ne pourront être résolus que progressivement, au moyen d'une assistance financière et technologique. Dans le cadre des projets ERTS, cette aide sera assurée par des organismes spécialisés, américains et internationaux. Des stations-relais pour les satellites ERTS sont en voie de construction aux Indes et en Argentine. La formation des spécialistes est également à l'étude. Une expérience internationale mettant en jeu des avions a été prévue dans le cadre du projet ERTS-A, en collaboration avec le Mexique et le Brésil. Ce programme de détection aérienne familiarisera le personnel avec les procédés de prise de vues et d'analyse des informations.

Dans un avenir plus lointain, la collaboration avion-satellite ne pourra que se développer, les deux moyens étant au fond complémentaires. Le coût des opérations spatiales sera sans doute prohibitif pour tous les travaux de recherche à l'échelle de la région ou dans des domaines intéressant une entreprise privée ou une autorité locale.

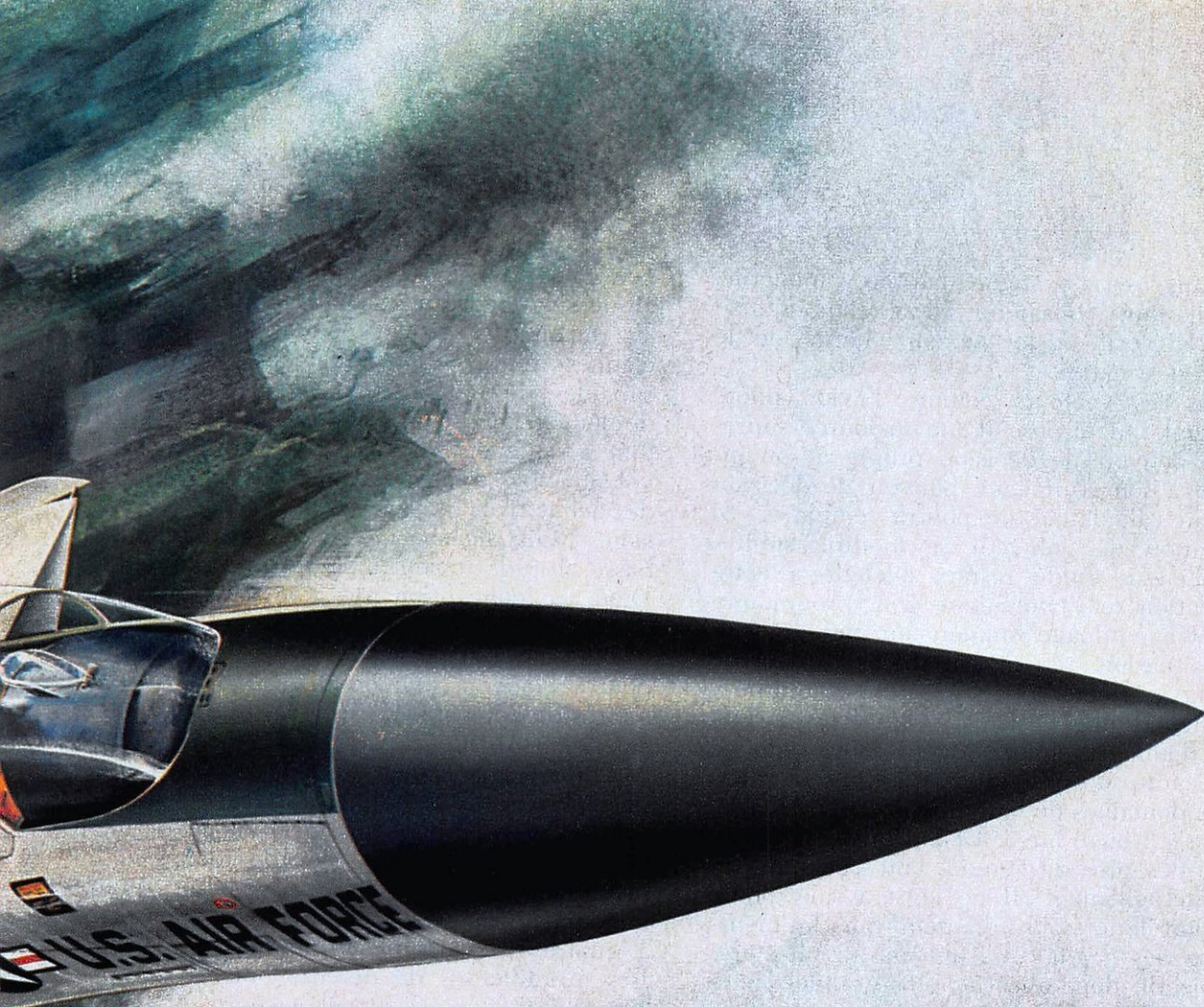
L'avion restera probablement indispensable, par ailleurs, pour la préparation des programmes spatiaux et, ensuite, pour les parachever. Les informations contenues dans les images spatiales devront, en effet, dans de nombreux cas, être précisées et complétées à l'échelon local par la prise de vues à basse ou moyenne altitude.

Roger BELLONE



Pour remplacer le Phantom II, l'US Air Force
a fait encore appel à McDonnell-Douglas.
Le F-15 devrait voler dans un an.
En version opérationnelle,
ses missiles air-air devraient
lui assurer la suprématie aérienne.

Carl Braver



AVIONS DE COMBAT

L'ÉLECTRONIQUE NE RÉSOUT PAS TOUT

Bien qu'elles disposent d'un arsenal de fusées intercontinentales et de charges nucléaires capables d'anéantir un pays entier en moins d'une demi-heure, les grandes puissances continuent de construire des avions de combat pilotés. A l'heure de l'électronique embarquée, le « coup d'œil » du pilote reste souvent indispensable.

Volant à près de 400 km/h et doté d'un armement puissant, l'hélicoptère de combat évolué est devenu réalité. En témoin le Sikorsky S-67 d'attaque au sol actuellement aux essais. La voilure fixe recevrait des engins air-sol.

Dans tout « système d'armes » moderne, il faut considérer deux composants : l'explosif et le vecteur chargé de le porter à destination.

De tous les vecteurs connus, l'avion piloté est le seul qui dispose d'une ressource suprême : le pouvoir de décision propre à son pilote (ou à son équipage), pouvoir de décision qu'aucun ordinateur ne pourra remplacer. Si la situation de l'objectif se modifie subitement, l'engin guidé restera aveugle à cette modification et poursuivra son programme initial. Un équipage humain, lui, peut redresser la situation, réussir la mission, ou même y renoncer pour rentrer à sa base, quitte à recommencer plus tard...

Il est d'ailleurs significatif de noter que si l'engin auto ou téléguidé est présent dans tous les domaines de l'attaque et de la défense, l'avion s'y trouve aussi. Et l'avion n'est pas la victime désignée de l'engin, tant s'en faut, du moins actuellement. Il ne le sera sans doute pas avant longtemps, d'autant que lui-même emporte des engins qu'il amène au plus près de l'objectif, donc avec les plus grandes chances de succès.

On assiste ainsi à une sorte de mariage de « raison » entre l'homme et la technique. Voyons donc quel est l'intérêt de l'avion piloté dans chacune des missions aériennes qui lui sont dévolues.

LE BOMBARDEMENT STRATEGIQUE

Il fit sa véritable apparition durant la dernière guerre. Ses progrès furent foudroyants. Pour détruire Cologne, il avait fallu faire survoler la ville, en tout, par 20 000 avions en raids successifs. Deux ans plus tard, un seul B-29 anéantissait Hiroshima...

La paix revenue, la bombe atomique remplaça les bombes classiques dans les soutes des bombardiers B-47, B-52 et B-58 américains, « Vulcan » et « Victor » anglais, « Badger » et « Bison » soviétiques, enfin « Mirage » IV français.

L'apparition des fusées intercontinentales n'avait en rien marqué la fin du bombardier stratégique piloté. Cependant, au fil des an-

nées, les données d'emploi de l'avion stratégique se sont trouvées bouleversées. En effet, les puissances se sont peu à peu dotées de chaînes de détection radar à longue portée capables de repérer tout avion s'approchant de leur territoire. Ces radars restent malgré tout absolument inopérants contre les avions volant à basse altitude, en raison du relief et des échos fixes qui modifient leur lobe d'émission. Mais lâcher une bombe atomique à basse altitude revient à se détruire soi-même... D'où la conception de nouveaux systèmes d'armes constitués d'un avion à long rayon d'action armé d'engins à charge nucléaire qu'il pourra lancer à une bonne centaine de kilomètres de l'objectif. C'est le cas du programme américain AMSA (Advanced Manned Strategic Aircraft) qui a abouti au B-1 de North American Rockwell, véritable « forteresse volante » style 1980. Comparé aux B-17 de la dernière guerre, le B-1, monstre de 165 tonnes, a un rayon d'action multiplié par 5. Les quatre moteurs à pistons de 1 600 ch ont fait place à quatre réacteurs de 14 tonnes de poussée. Les mitrailleuses de défense ont été remplacées par des engins air-air à courte et longue portée pouvant détruire tout avion ou missile assaillant. Les deux tonnes de bombes, enfin, ont été remplacées par 24 engins SRAM tirés à 160 km de l'objectif.

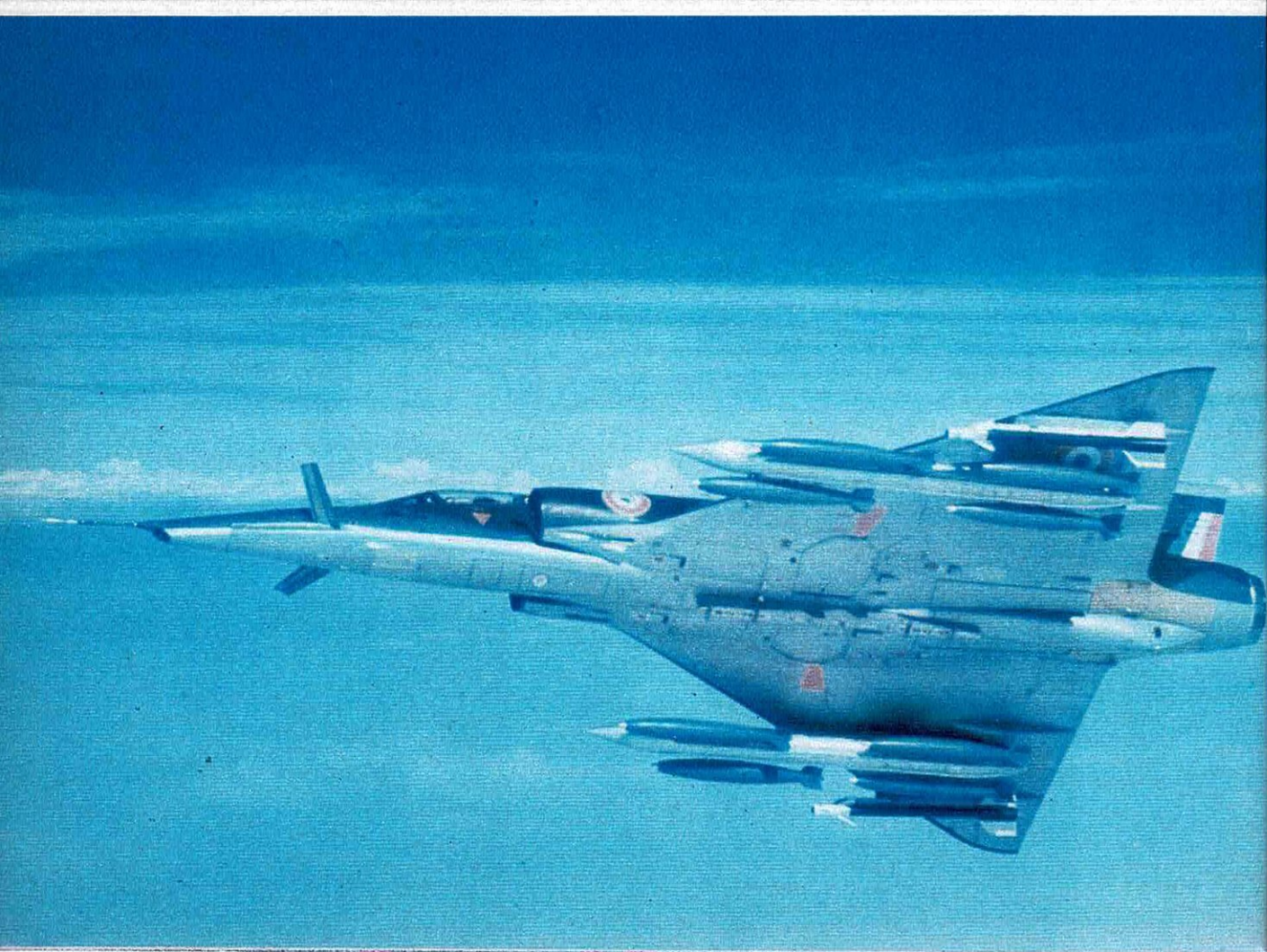
Les 24 engins, à tête nucléaire, fonceront sur l'objectif à plus de deux fois la vitesse du son pendant que le B-1 fera demi-tour.

Si tout se passe comme prévu, les premiers B-1 devraient entrer en escadre opérationnelle vers 1978.

La mission-type consistera à décoller du territoire américain, à grimper à haute altitude et, dès que la menace de détection par les radars adverses se précisera, à effectuer une plongée supersonique à basse altitude. Au besoin, le B-1 lancera un « leurre », sorte d'avion sans pilote doté de puissants répondeurs-radar capables de donner à l'ennemi l'impression qu'il est en présence du véritable bombardier. Ce moyen de diversion sera mis en œuvre, au moment voulu, par l'équipage et non par un ordinateur. C'est encore l'équipage (trois hommes) qui amènera le B-1 au plus près de la cible et décidera du lancement

A condition qu'il soit à décollage vertical, l'avion n'est pas dépassé pour les missions d'attaque au sol en appui rapproché. Le monoplace anglais Harrier est le seul de cette espèce. Il peut se passer de pistes bétonnées.





Une belle famille d'avions de combat : les « Mirage ». La version la plus économique, le M-5, ci-contre à gauche, est capable de missions d'interception et d'attaque au sol. Pour ce dernier type de mission, le Milan, ou Mirage à « moustaches », se révèle supérieur. Il emporte une forte charge militaire et reste extrêmement maniable (photo en bas de page). Le bombardement stratégique exige une grande capacité de combustible. Des accélérateurs à poudre aident le Mirage 4 A (ci-dessous) à décoller à pleine charge.



des missiles SRAM. En une seule mission, l'avion pourra s'attaquer à plusieurs objectifs. Comme on le voit, le B-1 sera un bombardier classique, équipé cependant des moyens les plus modernes de navigation, de défense et d'attaque. Bien sûr, les systèmes électroniques seront nombreux à bord, mais ils resteront au service de l'équipage qui conservera ainsi, durant toute la mission, son pouvoir de décision...

Dans tous les pays possédant une forte armée de l'air, de tels systèmes d'armes sont à l'étude. Le « Mirage IV » français en est déjà un exemple, modeste d'ailleurs, mais la stratégie française peut s'accommoder d'un rayon d'action relativement limité.

LA RECONNAISSANCE STRATEGIQUE

Ce type de mission est dérivé du précédent. Certes, les satellites de reconnaissance peuvent, en permanence, déceler et photographier les bases adverses, mais l'avion, là encore, apporte ses avantages propres. Il peut aller n'importe où, à la demande des états-majors et, précisément, pour vérifier les informations fournies par les satellites.

Cousin germain du bombardier, l'avion de reconnaissance stratégique présente sensible-

ment les mêmes caractéristiques. Ses caméras peuvent être plus indiscreètes que celles d'un satellite, d'ailleurs figé sur son orbite, de telle sorte que l'adversaire pourrait, sans trop de difficultés, s'en débarrasser. L'avion, lui, n'est jamais à la même place...

APPUI TACTIQUE ET PENETRATION

Ces aspects de l'activité des forces aériennes intéressent une zone de combat relativement réduite et non plus intercontinentale. Ces missions sont extrêmement multiples et réclament des avions à la fois rapides et maniables, capables aussi de se défendre seuls contre tout appareil venant contrarier leur mission. On a affaire, somme toute, aux performances et à l'armement près, aux « chasseurs-bombardiers » de la dernière guerre.

La pénétration en territoire adverse a pour but essentiel la destruction par surprise des installations militaires et industrielles, des concentrations de troupes ou de chars, des stocks de munitions ou, encore, des radars de détection.

L'avion d'attaque de ce genre doit être le plus autonome possible. Il ne doit pas se baser sur des ordres fournis du sol, donc facilement brouillables par l'adversaire. Il doit être muni



La Marine a elle aussi besoin d'avions évolués. Elle disposera sous peu du Jaguar pour l'attaque au sol et pour l'interception.

de systèmes de contre-mesures pour éviter d'être repéré par les radars au moment de l'attaque. Un système électronique doit d'ailleurs lui faire savoir qu'il a été détecté (illuminé) par les radars pour qu'il puisse agir en conséquence.

L'avion de pénétration idéal opérera avec ses propres moyens de navigation, d'approche à basse altitude, de tir ou de largage d'engins. Sa maniabilité au ras du sol sera totale. Il pourra, enfin, accomplir sa mission par mauvais temps.

Tout cela impose la présence à bord d'installations électroniques complexes : radar Doppler et plate-forme à inertie (pour la navigation), calculateur de tir ou de bombardement, mémoire électronique en cas de changement de cap afin de retrouver celui du retour, etc. Si bien qu'un avion de pénétration est une sorte de bombardier stratégique « aux courtes pattes », mais tout aussi redoutable. Avec une bombe atomique tactique, miniaturisée, il peut faire autant de dégâts qu'un « gros », d'autant plus qu'il est difficilement repérable.

En contrepartie, sa base de départ est relativement proche du territoire ennemi, donc vulnérable, et on a intérêt à disperser les avions au maximum, c'est-à-dire à multiplier les bases. La solution idéale est l'avion à décollage vertical que l'on peut dissimuler dans les clairières et qui, de toute façon, décolle de n'importe où. Le Harrier anglais est le seul de sa catégorie à avoir atteint le stade opérationnel. Son intérêt est tel que le Marine Corps américain en a commandé. Mais le Harrier reste relativement fragile en raison de sa complexité.

L'hélicoptère s'est mis de la partie dans le domaine de l'appui tactique. Le Lockheed « Cheyenne » et le Sikorsky S-67 américains, fortement armés, pourraient opérer à proximité immédiate du front, avec la possibilité de contourner les moindres obstacles, arbres

ou collines, tant pour attaquer que pour s'échapper. Le Puma (SA-330) français ferait également un excellent hélicoptère d'assaut. Nous ne sommes qu'au début de l'emploi de l'hélicoptère armé, mais cette nouvelle arme pourrait être tellement efficace, malgré sa fragilité relative (une simple balle dans la tête du rotor suffit à le descendre) que l'on songe à étudier des hélicoptères de chasse, précisément destinés à combattre, sur leur propre terrain et avec les mêmes qualités de manœuvrabilité, les hélicoptères d'appui tactique...

LA SUPERIORITE AERIENNE ET L'INTERCEPTION

Elles constituent, en fait, les missions de combat aérien proprement dit. On appelle encore parfois les avions correspondants des « chasseurs », comme au bon vieux temps.

Interdire son propre ciel aux attaques adverses, intercepter tout assaillant, suppose que l'on détienne des appareils très rapides, constamment disponibles et dotés de la vitesse ascensionnelle la plus forte possible. Le décollage, sur alerte, est instantané et l'avion d'interception doit pouvoir se trouver à 15 000 m en moins de trois minutes.

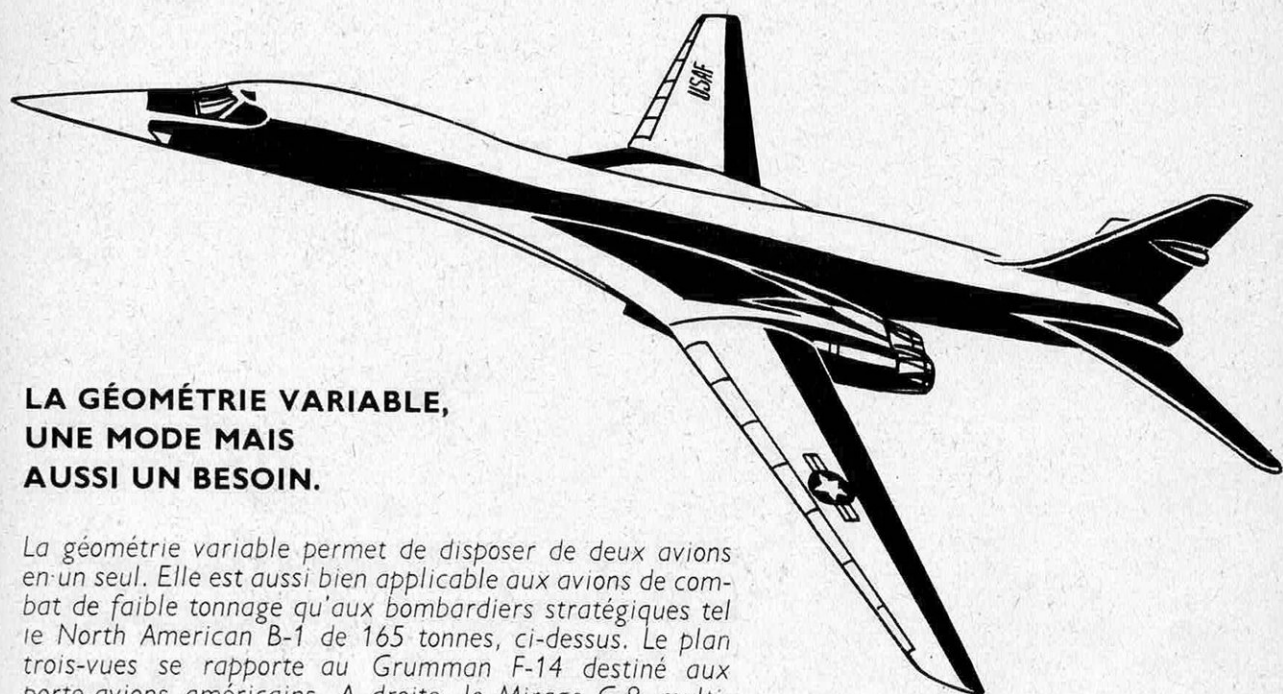
La plupart des appareils de supériorité aérienne disposent d'un armement mixte : engins air-air pour l'attaque des appareils à longue distance, et canons pour le combat rapproché. Ces derniers ne sont pas désuets. Lors de la guerre israélo-arabe « des Six jours », la plupart des Mig-21 abattus par les chasseurs israéliens l'ont été au canon de 30 mm...

Rien d'étonnant donc à ce que l'armement prévu pour les F-14 et F-15 américains soit lui aussi constitué d'engins et de canons. Ces deux appareils, dont le premier commence ses essais en vol, doivent remplacer le célèbre Phantom II, capable pourtant d'une vitesse de Mach 2,2 et plus.

COMBAT A VUE OU TOUS TEMPS ?

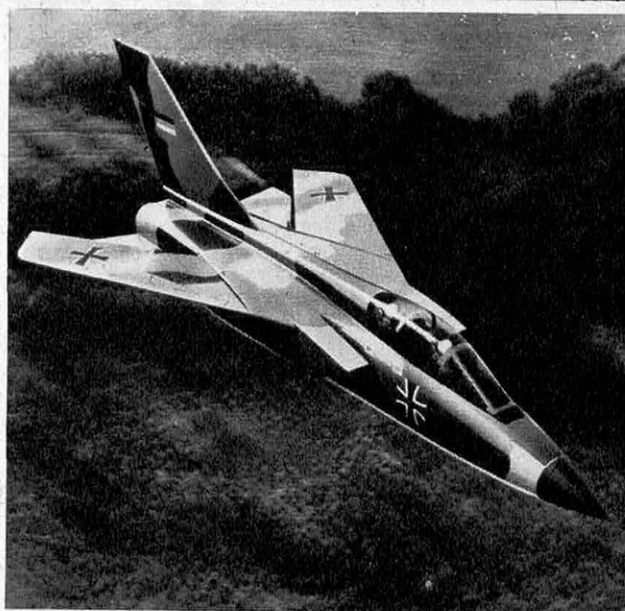
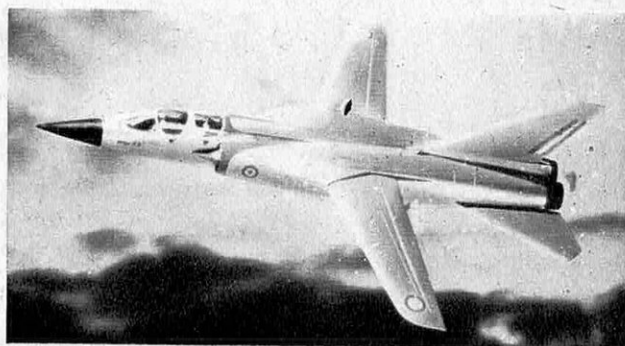
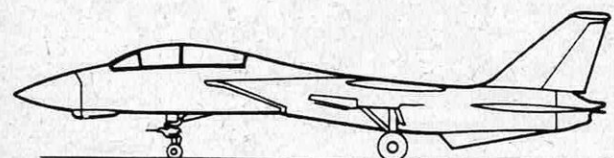
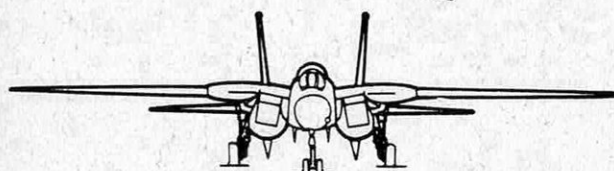
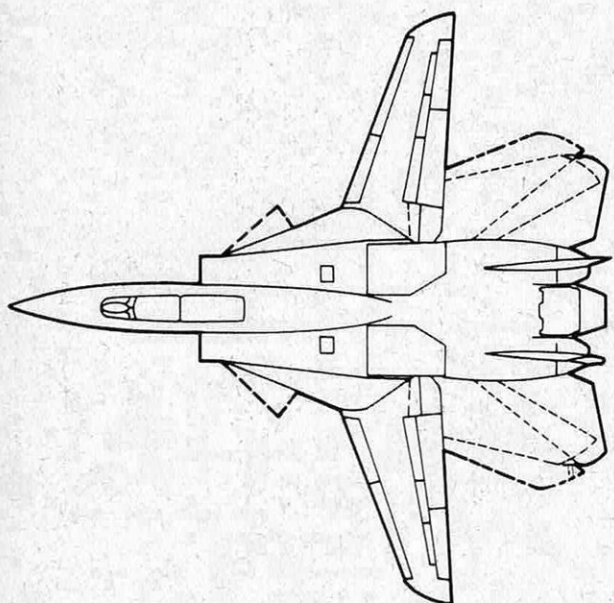
Avec les engins air-air à la portée de plusieurs kilomètres, deux avions peuvent combattre sans se voir, à condition que les radars au sol les aient dirigés convenablement, puis que les radars de bord aient pris le relais et « accroché » l'adversaire.

L'électronique de poursuite et de conduite de tir tend à faire du pilote une sorte de robot dont la tâche se borne à afficher des données, à exécuter les ordres venus du sol, puis ceux dictés par les calculateurs de bord. Ces derniers, finalement, déclenchent le tir des engins air-air autoguidés. Au moins, est-ce ainsi que,



**LA GÉOMÉTRIE VARIABLE,
UNE MODE MAIS
AUSSI UN BESOIN.**

La géométrie variable permet de disposer de deux avions en un seul. Elle est aussi bien applicable aux avions de combat de faible tonnage qu'aux bombardiers stratégiques tel le North American B-1 de 165 tonnes, ci-dessus. Le plan trois-vues se rapporte au Grumman F-14 destiné aux porte-avions américains. A droite, le Mirage G-8, multi-missions, et le projet Panavia 200 anglo-germano-italien.



théoriquement, les choses pourraient se passer. Dans la pratique, le combat aérien n'a pas encore atteint ce stade de quasi-automatisation. Prévenu à temps, l'avion attaqué peut, par exemple, esquiver l'engin qui lui était destiné. Il faut alors, soit abandonner le combat, soit en venir à la lutte à vue, au « dog-fight », combat tournoyant exécuté à des vitesses et sur des espaces considérables (les variations d'altitude peuvent aller de 15 000 m jusqu'au ras du sol).

Sur les théâtres d'opération que le monde connaît actuellement — nous pensons au Moyen-Orient et au Sud-Est asiatique — ce combat à vue fournit encore les meilleurs résultats. On s'est par exemple aperçu qu'au Moyen-Orient le temps était beau durant 95 % de l'année environ. Pourquoi alors s'encombrer d'une électronique délicate et coûteuse si les circonstances d'emploi restent si rares ?

C'est pourquoi, à côté des chasseurs « tous temps », très coûteux, on trouve des appareils beaucoup plus simples, bien qu'aussi rapides et efficaces au combat. Ainsi, le Mirage III C d'interception « tous temps » a donné naissance au Mirage M-5, beaucoup plus simple. Pour la même dépense, une armée de l'air peut alors disposer de trois fois plus d'avions...

GEOMETRIE VARIABLE ET POLYVALENCE

D'une manière générale, un avion de combat est étudié en vue d'une mission principale, l'interception par exemple, et d'une autre dite secondaire (appui tactique). Il peut en exister bien d'autres. Tel avion d'interception dispose, sous la voilure et sous le fuselage, de points d'accrochage qui peuvent pratiquement recevoir n'importe quelle charge externe. En interception comportant un temps de patrouille, ce seront des réservoirs supplémentaires largables et des engins air-air, ou encore des containers à canons ou à roquettes. Avec des bombes, des réservoirs de napalm, des lance-roquettes ou des engins air-sol, nous aurons affaire à un avion d'appui tactique. A la limite, avec de nouveaux réservoirs supplémentaires et une seule bombe atomique tactique, nous disposerons d'un avion de pénétration. Enfin, si l'on installe à bord un conteneur à équipement photo, l'avion sera devenu appareil de reconnaissance.

Cette polyvalence se développe de plus en plus, malgré les inévitables compromis. Un appareil conçu comme intercepteur ne saurait être l'avion d'appui tactique idéal, parce que les performances demandées ne sont pas les mêmes dans les deux cas.

Cependant, deux éléments très importants sont venus appuyer la recherche d'une polyvalence des avions de combat.

Tout d'abord, le réacteur supersonique double-flux a apporté ses grandes qualités de puissance et d'économie. En altitude, il permet des patrouilles de trois à cinq fois plus longues qu'un réacteur simple-flux. Ce dernier autorisera sans doute une vitesse de pointe plus élevée, mais sa consommation restreindra de beaucoup la durée d'intervention en supersonique. A basse altitude, le réacteur simple-flux devient tellement « gourmand » que le souci du pilote est plutôt de surveiller ses jauges que de rechercher l'adversaire. Le réacteur à double flux, lui, peut tripler le temps de vol à basse altitude.

Par ailleurs, la géométrie variable permet en quelque sorte de disposer de deux avions en un seul. Les ailes étant déployées, l'avion se trouve doté d'un grand rayon d'action dû à l'allongement de la voilure, et, ce qui n'est pas négligeable, de vitesses de décollage et d'atterrissage beaucoup plus basses. Ailes complètement repliées, l'avion devient un bolide de Mach 2,5 et, sans doute, plus encore d'ici quelques années.

Qu'on imagine le mariage de ces techniques, réacteur double-flux et aile à flèche variable, et voici l'avion de combat de demain. Avec le Mirage G et son successeur G-8, la France détient en ce domaine une avance technique incontestable, au moins en Europe occidentale. Les Américains l'ont précédée avec le F-111, au destin malheureux, puis avec le F-14 (et le gros B-1). L'Union soviétique dispose également d'appareils de cette formule. Vers 1980, il est probable que la plupart des avions de combat seront à géométrie variable. L'augmentation de puissance des réacteurs, simple ou double-flux, fera des vitesses trois fois supérieures à celle du son une sorte de routine.

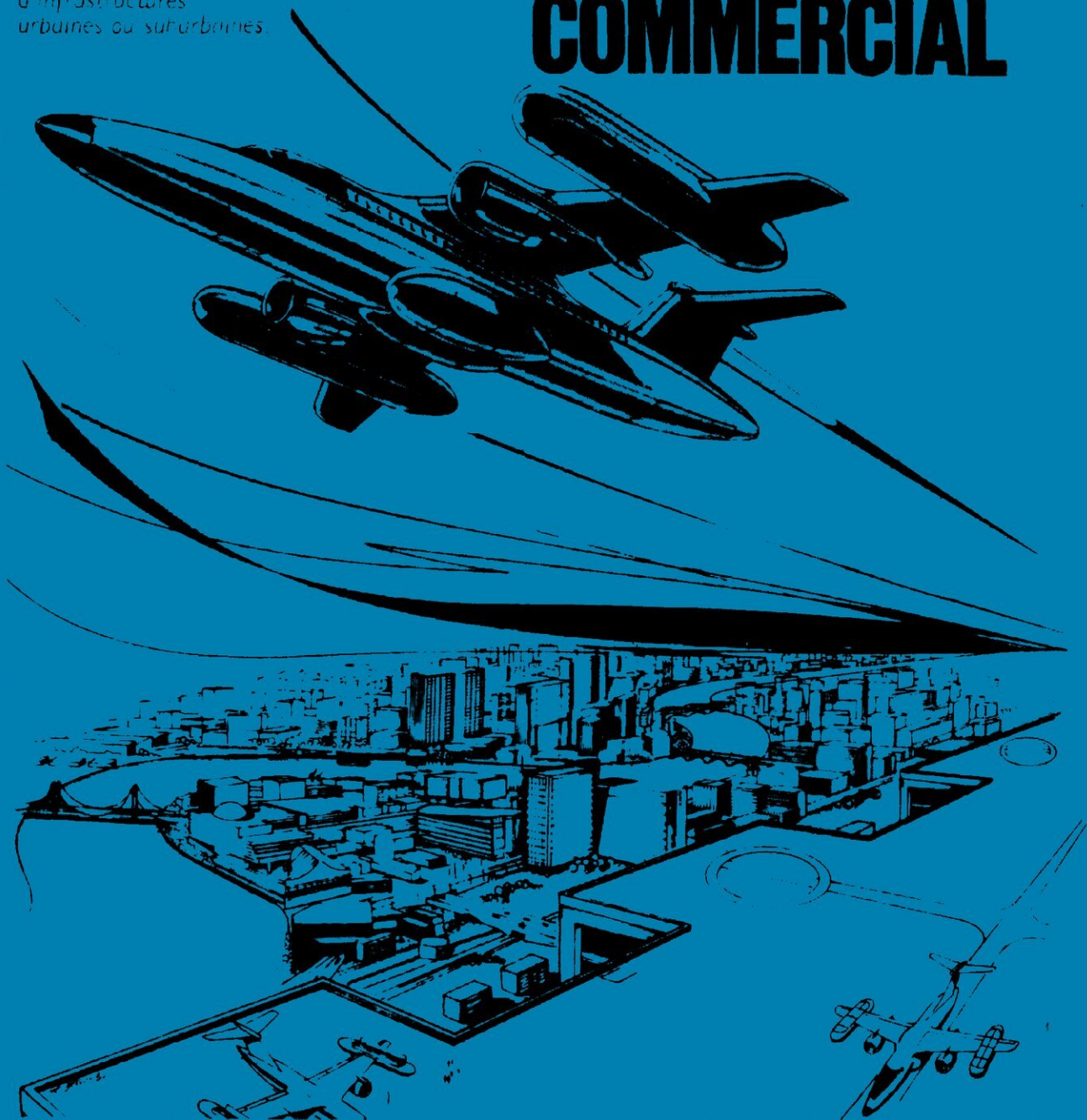
ATTENTION A L'ESCALADE !

Les engins, de plus en plus perfectionnés, et les avions, toujours plus rapides, peuvent tous emporter, ne l'oublions pas, un armement nucléaire. Un conflit, même local, peut amener un des belligérants en difficulté à utiliser une petite bombe atomique tactique pour redresser la situation. Ce qui appelle une réponse du même ordre, peut-être avec une bombe plus puissante. Pourquoi, alors, la fusée intercontinentale n'entrerait-elle pas dans la danse, ouvrant la course aux mégatonnes nucléaires ? Telle est la menace qu'une humanité raisonnable devrait conjurer.

Jacques GAMBU

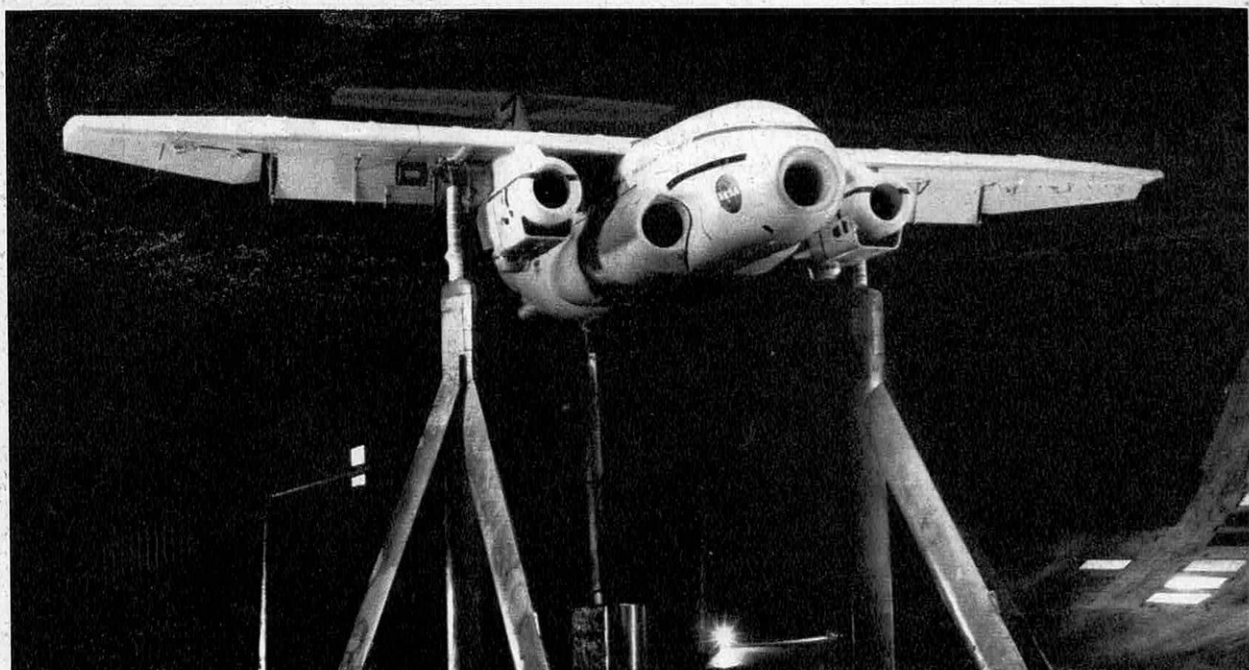
Les bureaux d'étude de la firme Dornier envisagent l'avenir avec un bel optimisme. Autour de leur projet de transport S VTOL DO-231, ils imaginent déjà divers types d'infrastructures urbaines ou suburbaines.

S/VTOL ET TRANSPORT COMMERCIAL



Science et Vie a souvent évoqué les travaux menés par de multiples bureaux d'études pour la mise au point d'appareils à décollage court ou vertical. Les machines expérimentées en vol à la suite de ces travaux étaient souvent très loin du stade opérationnel et leur tonnage parfois très réduit. Cette situation est en train de se modifier : depuis un an ou deux, les compagnies aériennes manifestent un intérêt certain pour le transport aérien ponctuel, avec des exigences précises du point de vue sécurité, économie et capacité. ►

Les difficultés du trafic aérien dans la zone des aéroports ont conduit les Américains, et en premier lieu la NASA, à s'intéresser à diverses formules de décollage court. Le principe du volet fluide augmentant la portance au bord de fuite est expérimenté en soufflerie (ci-dessous), avant de l'être en l'air. Le banc d'essais volant sera un transport C-8A Buffalo modifié.



Une victoire peut devenir encombrante. Le transport aérien, en raison même de son développement prodigieux depuis la fin de la guerre, illustre assez bien ce paradoxe. Aujourd'hui, en de nombreux points du globe, beaucoup d'aéroports atteignent le point de saturation, les responsables du contrôle aérien ne peuvent plus faire face à l'accroissement du trafic, les délais « terminaux » s'allongent démesurément...

Saturation de l'espace aérien et congestion des aéroports sont particulièrement sensibles aux Etats-Unis, dans la région dite du Corridor Nord-Est (entre Boston et Washington) ou dans le Corridor californien (San Francisco - Los Angeles), ainsi qu'au Japon. Les autorités nippones ont dû, dans le courant de l'année passée, demander aux compagnies japonaises de réduire leur trafic sur l'aéroport de Tokyo-Haneda, sous peine de multiplier les risques de collisions en vol. Aux Etats-Unis, le gouvernement fédéral agit dans le même sens, et cherche à favoriser des ententes entre les compagnies.

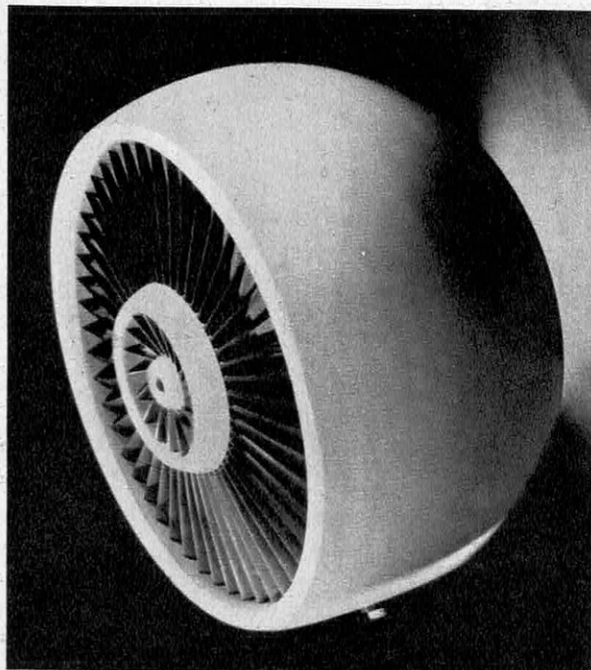
A ce niveau, celui des grands aéroports, on découvre que les exigences des « jets » classiques coïncident de moins en moins avec celles de l'accroissement du trafic.

On sait, par ailleurs, que, sur des distances

assez faibles, 400 ou 500 km, l'avion tend à perdre de son intérêt en raison des encombrements terrestres qui rendent chaque jour plus problématique la liaison ville-aéroport. Dans ces conditions, sur les courtes distances, l'avion a maintenant des concurrents non négligeables : trains ultra-rapides, turbotrans et bientôt aérotrains, qui tous ont ou auront le mérite d'effectuer des liaisons centre à centre. Pour conserver, voire développer ses positions, l'aviation commerciale devra faire en sorte que ses avions se posent et décollent à proximité immédiate des centres urbains. En ce qui concerne les lignes internationales, la solution n'est sans doute pas généralisable, mais il faut, au moins, prévoir des réseaux d'apport assez étoffés pour soustraire le passager aérien aux aléas des liaisons routières terminales.

Trouver l'espace nécessaire à l'implantation d'un aéroport de type classique aux limites d'une zone urbaine est de plus en plus difficile et coûte très cher. Le recours à des appareils à décollage court (STOL), voire vertical (VTOL) ou au moins ultracourt (S/VTOL), permettrait de réduire l'ampleur des infrastructures. Ces appareils, capables de décoller et d'atterrir beaucoup plus rapidement que des avions classiques, poseraient aussi beaucoup moins de problèmes quant à la congestion de l'espace aérien.

Le RB 202, réacteur de sustentation de technologie avancée, n'est encore connu qu'à l'état de maquette (ci-dessous). Il n'en a pas moins été retenu pour divers projets de transports S/VTOL britanniques ou allemands. Les performances annoncées sont fort alléchantes. Mais les récents ennuis de Rolls-Royce pourraient bien compromettre l'avenir du RB 202.



Le transport aérien de demain devrait donc faire largement appel à des appareils STOL ou S/VTOL de capacité au moins égale à celle d'un Boeing 707 actuel, et dont la vitesse serait aussi élevée. Seules les lignes d'apport justifieraient des performances et un nombre de sièges plus modestes.

Le problème du transport de masse « porte à porte » est à l'ordre du jour aux Etats-Unis, mais aussi en Grande-Bretagne et en Allemagne fédérale. Problème complexe, car il ne s'agit pas seulement de dessiner le STOL ou le VTOL idéal, mais bien de réaliser un système intégré de transport interville. Urbanisme, nuisances, calculs de rentabilité, sont en ce domaine aussi importants que la technique aéronautique pure.

SATISFAIRE LES BESOINS IMMEDIATS

C'est aux Etats-Unis que les études sont poussées le plus activement. Il est vrai que les Américains disposent déjà d'une certaine expérience des liaisons régionales ou d'apport par avions à décollage court. Des pistes STOL existent en bordure de quelques grands aéroports. Il y a loin, cependant, de la capacité d'un De Havilland Twin Otter ou d'un Britten-Norman Islander à celle d'un Boeing 707, et

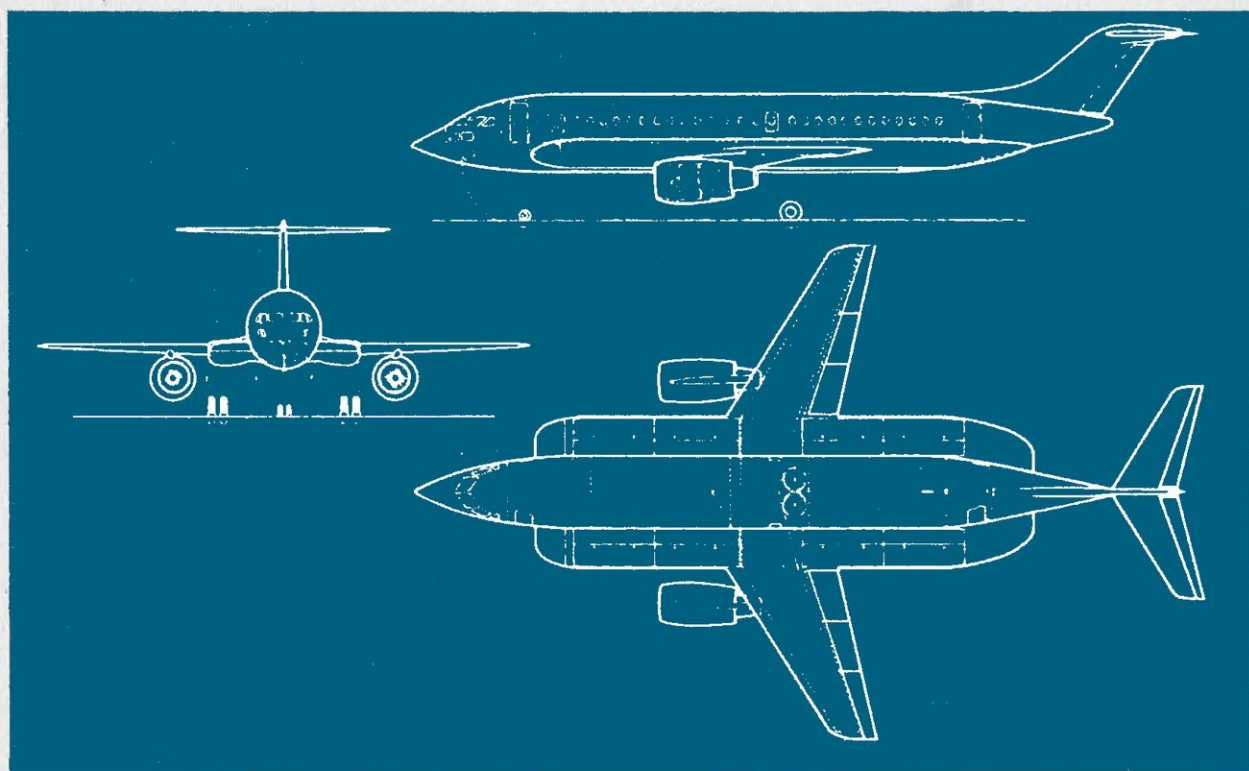
les vitesses ne peuvent non plus se comparer. Il existe aussi, aux U.S.A., quelques liaisons locales par hélicoptères. Disons tout de suite que les multiples défauts de ces machines, pourtant VTOL purs (vitesse réduite, bruit, coût, faible capacité), ne leur laissent pas grande chance pour le transport de masse « porte à porte » de l'avenir. Certains reportent leurs espoirs sur des formules de voilures tournantes « exotiques » : rotor escamotable en vol, transmissions évoluées, etc.

Pour le transport de masse « porte à porte », on mise donc à peu près exclusivement sur l'avion, un avion pour 80, 100 ou 150 passagers, à vitesse de croisière voisine de 800 km/h, dont le coût d'exploitation ne serait pas trop élevé par rapport à celui des « jets » actuels, et qui perturberait aussi peu que possible l'environnement urbain quant au bruit, aux émissions de fumées, etc. Le programme est vaste. Dans l'immédiat, certains besoins pourraient être satisfaits avec des matériels assez modestes. En août 1969, la compagnie Eastern Airlines a, par exemple, demandé aux constructeurs d'étudier un appareil de 150 places, à vitesse de croisière de 600 km/h, en les laissant libres du choix de la formule (décollage court ou ultra-court). La teneur des projets remis par Boeing, Lockheed, General Dynamics, McDonnell-Douglas, et même British Aircraft Corporation, n'a pas été révélée. Il est vrai qu'il s'agissait plutôt d'études préliminaires, pouvant aider à établir un cahier des charges définitif. Plus récemment encore, en août de l'année dernière, American Airlines s'est lancée dans la même voie. Elle a demandé à treize constructeurs, américains, canadiens et européens, des projets pour un transport STOL pouvant entrer en service dès 1974. La conception ne devrait, en aucun cas, faire appel à des techniques révolutionnaires. En matière de moteurs, la compagnie exige d'ailleurs des turbopropulseurs. La vitesse de croisière pourrait être inférieure à 450 km/h et la capacité descendre à 50 passagers.

DES STOL DE SECONDE GENERATION

De nombreux organismes sont, aux U.S.A., partie prenante dans le développement du

Le HS 141 est l'un des trois projets soumis par l'Howard-Siddeley à l'appréciation du ministère de la technologie. Il se caractérise par sa voilure en flèche en position basse. Les réacteurs de sustentation (des RB-202) sont implantés dans deux longues nacelles latérales, à la base du fuselage.



transport de masse « porte à porte ». En dehors des puissantes compagnies aériennes déjà citées, on peut mentionner le Département des transports, l'Agence fédérale de l'aéronautique (F.A.A.) la NASA, l'US Air Force...

La F.A.A. a déjà établi certaines recommandations quant aux caractéristiques générales des appareils à décollage court ou ultra-court d'utilisation commerciale. Pour la F.A.A., les pentes d'approche et de décollage d'un STOL doivent être comprises entre 7,5 et 9° (2,5 à 3° pour les avions classiques) et le décollage s'effectuer sur des distances de l'ordre de 500 m. Au chapitre S/VTOL, la F.A.A. insiste largement sur les problèmes de sécurité à l'atterrissage et au décollage, sur la puissance résiduelle indispensable en cas de panne d'une partie des moteurs. On peut s'attendre aussi que l'agence fédérale fixe des normes strictes pour le niveau de bruit (probablement de l'ordre de 100 dB à 300 m de la piste).

C'est dans ces limites que les constructeurs devront définir leurs appareils, plus particulièrement les formules évoluées susceptibles de répondre aux besoins des années 1975-1980.

Une des préoccupations de l'industrie américaine est d'intéresser simultanément civils et militaires, afin d'ouvrir un marché aussi vaste que possible aux modèles étudiés. L'US Air Force s'est en fait intéressée à beaucoup de formules STOL, S/VTOL ou VTOL au cours des années récentes. Elle a même lancé un concours de projets pour un appareil de transport d'assaut, le L.I.T. (Light Intratheater Transport), sans tout à fait en préciser la formule. La décision finale, qui interviendra vers le milieu de cette année, pourrait avoir des répercussions au plan des activités civiles. L'US Air Force semble disposée à retenir une solution proposée par Boeing et Ling-Temco-Vought. Il s'agit d'un appareil S/VTOL à hélices et voilure basculante. Dans ces conditions, les possibilités d'un programme conjoint civil-militaire risqueraient de s'estomper.

Le Département des transports et les compagnies aériennes sont, en effet, très réticents (au moins en deçà des années 80) à l'égard des S/VTOL ou des VTOL, dont ils ne voient pas la nécessité absolue et qui leur paraissent assez aventureux du point de vue de la technologie

Conçu pour de hautes vitesses subsoniques, le Hawker-Siddeley 133 serait doté d'une voilure en double delta de type Concorde. Comme dans le projet HS 141, les réacteurs de sustentation sont logés en nacelles le long du fuselage. Son promoteur le voit déjà (ci-dessous) en service régulier porte à porte...



et de la sécurité. La solution à hélices et voilure basculante n'est d'ailleurs pas très esthétique, et risque de rebuter le passager en puissance, si même elle ne l'effraie pas. Les responsables civils sont beaucoup plus favorables au principe voilure fixe - réacteurs double-flux, qui peut en même temps autoriser des vitesses élevées, de l'ordre de 900 km/h et plus. Il est vrai que l'hélice à grand diamètre aurait probablement pour elle un niveau de bruit plus faible.

UN PROGRAMME EXPERIMENTAL ?

La définition de l'appareil-type pour le service du Corridor Nord-Est, du Corridor Los Angeles-San Francisco ou de la zone du golfe du Mexique (entre Miami et Houston), au cours des années 75-80, n'est donc pas chose aisée. On doit, nous l'avons déjà signalé, tenir compte de multiples facteurs. La meilleure méthode semble de lancer un programme expérimental de transport STOL dans ces zones. C'est ce qu'envisagent American et Eastern Airlines, en accord avec les autorités fédérales qui leur apportent un important soutien financier. Lancer un tel programme suppose un avion adéquat. Malheureusement, il n'y en a guère. Le Bréguet 941, qui fit l'objet, en 1968-1969, d'une longue campagne d'évaluation aux Etats-Unis, n'est pas construit en série. En matière de plates-formes, point fort important, on doit noter l'idée d'American Airlines (d'ailleurs chargée de sa réalisation) d'un STOLport flottant (sur barges) qu'on pourrait déplacer à volonté.

DES SOLUTIONS AVANCEES

Certaines solutions avancées font l'objet d'études approfondies. C'est le cas de l'*augmentor wing concept* auquel s'intéresse le centre de recherche d'Ames de la NASA. Ce principe, d'origine canadienne (il fut défini, à l'origine, par De Havilland-Canada), consiste à accroître la portance d'une aile en formant au bord de fuite un « volet fluide ». De l'air prélevé sur un réacteur double-flux est expulsé par des fentes en arrière de l'aile et aspiré, en même temps qu'un supplément d'air ambiant, entre

deux volets superposés le long du bord de fuite. Ce principe pourrait doubler la portance au décollage et à l'atterrissage en donnant des possibilités de décollage court particulièrement spectaculaires. Un programme d'essai en vol sur un De Havilland Buffalo modifié doit s'amorcer au début de l'année prochaine.

Plus simple est le principe du soufflage externe des volets de courbure du bord de fuite par le flux des réacteurs. Il a été lui aussi retenu par la NASA, qui l'expérimente en soufflerie au Centre de recherches de Langley. Notons que ce principe, extrapolation de celui utilisé sur le Bréguet 941 français à turbopropulseurs, a été adopté par la Société Bertin pour son transport Aladin II en projet (voir p. 142-143). De l'autre côté de la frontière, les Canadiens ne restent pas inactifs. Forte de l'expérience acquise avec le petit CL-84 à voilure basculante, la firme Canadair a diffusé récemment son projet CL-246 pour 70 passagers. Il s'agit d'un quadriturbopropulseur STOL à aile haute, pivotant non pas à 90° comme celle du CL-84, mais à incidence variable (variation d'incidence de 30° au maximum). Le projet CL-246 n'est que le terme ultime d'un programme intégré de transport interville, avec, dans un premier temps, création de quelques plates-formes spécialisées et utilisation de DHC-6 Twin Otter de 20 places, puis de la version civile pour 48 passagers du DHC-7 Buffalo. Le programme comporterait la mise au point d'aides à la navigation spécialisées, l'étude de l'articulation du transport aérien ponctuel avec les autres modes de transport, etc.

LA SITUATION EN GRANDE-BRETAGNE

L'intérêt manifesté par le ministère anglais de la Technologie à l'égard du transport de masse « porte à porte » est dû principalement à la saturation du réseau routier. Cet intérêt n'est cependant pas exclusif : des systèmes terrestres plus ou moins révolutionnaires (A.P.T., Advanced Passenger Train ; Hovertrain) pourraient apporter assez rapidement des solutions au problème des relations interville. Ceci explique peut-être que l'on pense à peu près exclusivement, en matière de transport aérien, à des VTOL, dont on sait qu'ils ont peu de chances de prendre l'air avant 1980 ou 1985. Une autre raison de l'engouement relatif des Britanniques pour le décollage ultra-court est peut-être qu'ils disposeront bientôt, avec le RB-202 de Rolls-Royce, d'un réacteur de sustentation fort évolué. De forme très aplatie, ce double-flux donnera 3,6 tonnes de poussée dans sa version de base. Le taux de dilution de 10/1 correspondrait à un niveau de bruit

relativement très faible. Le rapport poussée/poids attendu est de 17.

Il est vrai que la récente débâcle financière de Rolls-Royce et sa nationalisation pourraient s'accompagner d'une révision de bon nombre de projets « avancés ». On peut dès lors s'interroger sur le sort du RB-202.

Dans la mesure où le programme serait maintenu, on pense développer des liaisons VTOL entre les villes principales, peut-être étendues, par-dessus la Manche, aux pays du continent. Ici encore, d'importants problèmes d'infrastructure se posent.

LES PROJETS DES CONSTRUCTEURS ANGLAIS

A la requête du ministère de la Technologie, Hawker-Siddeley et Westland ont proposé divers appareils. Les normes fixées par le ministère correspondaient à un avion d'une centaine de places, de vitesse de croisière au moins égale à 700 km/h.

Hawker-Siddeley a présenté trois projets avec réacteurs de propulsion et de sustentation séparés.

Dans le cas du HS-139, à aile haute, les réacteurs de sustentation sont installés dans des nacelles à mi-voilure.

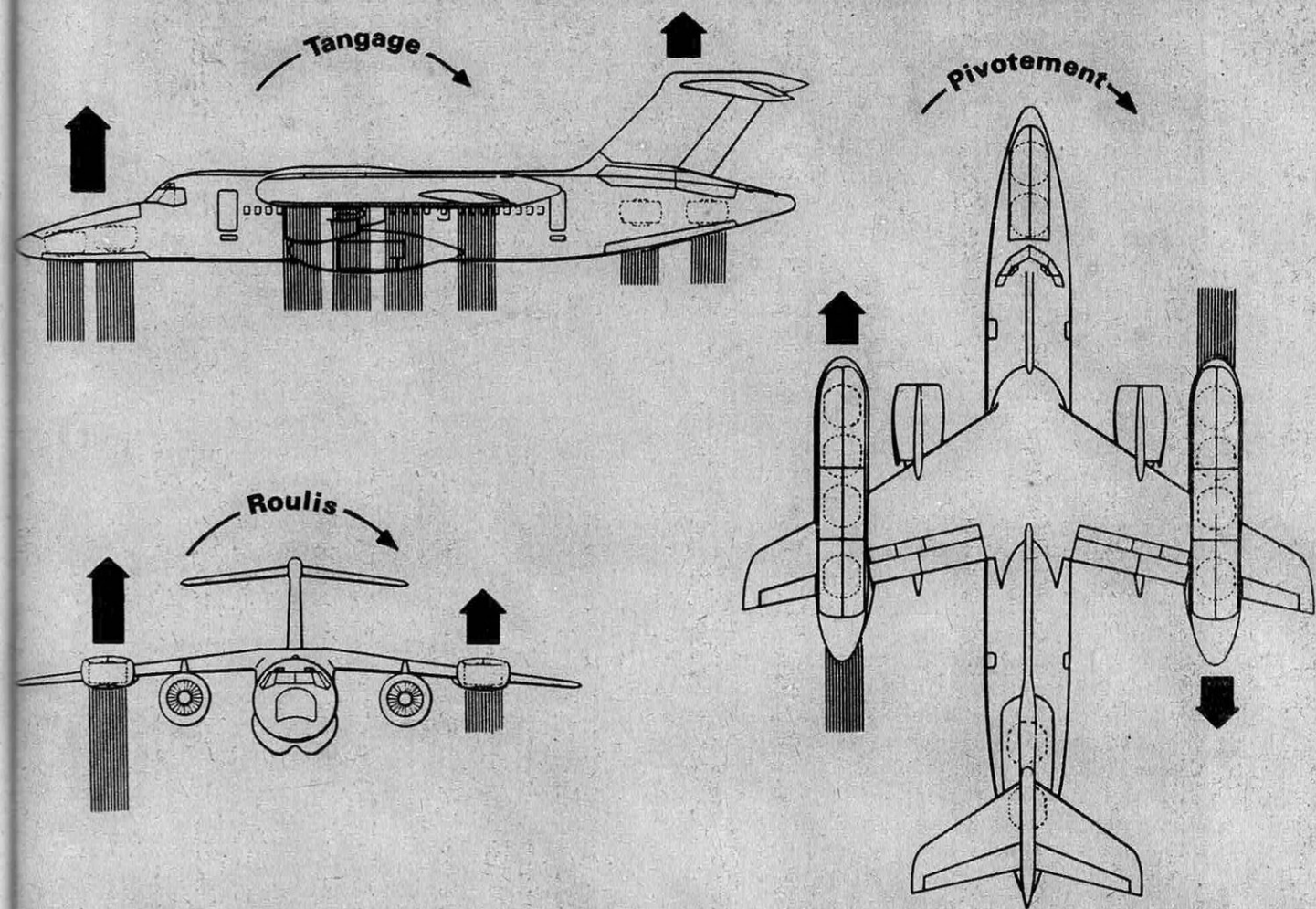
Les réacteurs de sustentation du HS-141 sont noyés dans l'emplanture de la voilure. Celle-ci, à position basse, permettrait des vitesses subsoniques élevées.

Le HS-133 présente une aile en ogive un peu du type Concorde, configuration favorable pour une vitesse de croisière élevée en même temps que pour une bonne portance à basse vitesse. Cette dernière compense la pénalité en poids apportée par les réacteurs de sustentation. Comme pour le HS-141, le système de sustentation est à la base de la voilure. Les propulseurs sont installés au-dessus de la voilure, à l'arrière, donc protégés contre l'ingestion de débris et de gaz chauds provenant de l'effluent des réacteurs de sustentation.

Dans les trois cas, le RB-202 pourrait être choisi pour la fonction de sustentation, une version avancée du Rolls-Royce Trent, de 9 tonnes de poussée, étant utilisée pour la propulsion.

Le projet Westland, à voilure haute basculante, fait appel à quatre turbines Rolls-Royce RB-411 (dérivées du M-45 franco-britannique). Groupées par deux, ces turbines entraîneraient, de chaque côté, une hélice à grand diamètre. Un système d'interconnexion assurerait une rotation équilibrée des hélices en cas de panne d'une des turbines. La vitesse de croisière du projet Westland est de 750 km/h avec, grâce aux hélices, un niveau de bruit remarquablement bas.

Cette série de dessins (relatifs au projet Dornier 231) illustre assez bien les problèmes de contrôle en vol stationnaire posés aux appareils à décollage vertical ou ultracourt. Sur le DO-231, le contrôle en tangage sera assuré par poussée différentielle des réacteurs de sustentation de la pointe avant et de la pointe arrière. Le contrôle en roulis fait appel aux réacteurs à poussée verticale implantés en nacelles à mi-longueur de la voilure. La déviation du jet de ces mêmes moteurs permet le pivotement de l'appareil dans le plan vertical.



La contribution britannique ne s'arrête pas là. Il faut évoquer encore la firme Dowty Rotol, qui met actuellement au point une soufflante à pas variable pour réacteurs double-flux. Cette soufflante donnerait un faible niveau de bruit au décollage et à l'atterrissage. Dowty Rotol s'intéresse aussi aux fibres de carbone, qu'elle veut employer dans la réalisation d'hélices à très grand diamètre, à vitesse faible en bout

de pales, donc à niveau de bruit réduit. Des « convertibles » pourraient en bénéficier.

LA R.F.A. AUSSI PREFERE LES S/VTOL

La République fédérale allemande s'est depuis longtemps signalée par les travaux de ses techniciens de l'aérospatiale dans le domaine

du décollage court ou vertical. Cet intérêt est probablement lié à l'exiguïté du territoire national. Les autorités militaires et civiles coopèrent étroitement à la définition d'avions de transport « porte à porte ». Ces derniers sont, comme en Angleterre, des VTOL ou S/VTOL, accessoirement des STOL.

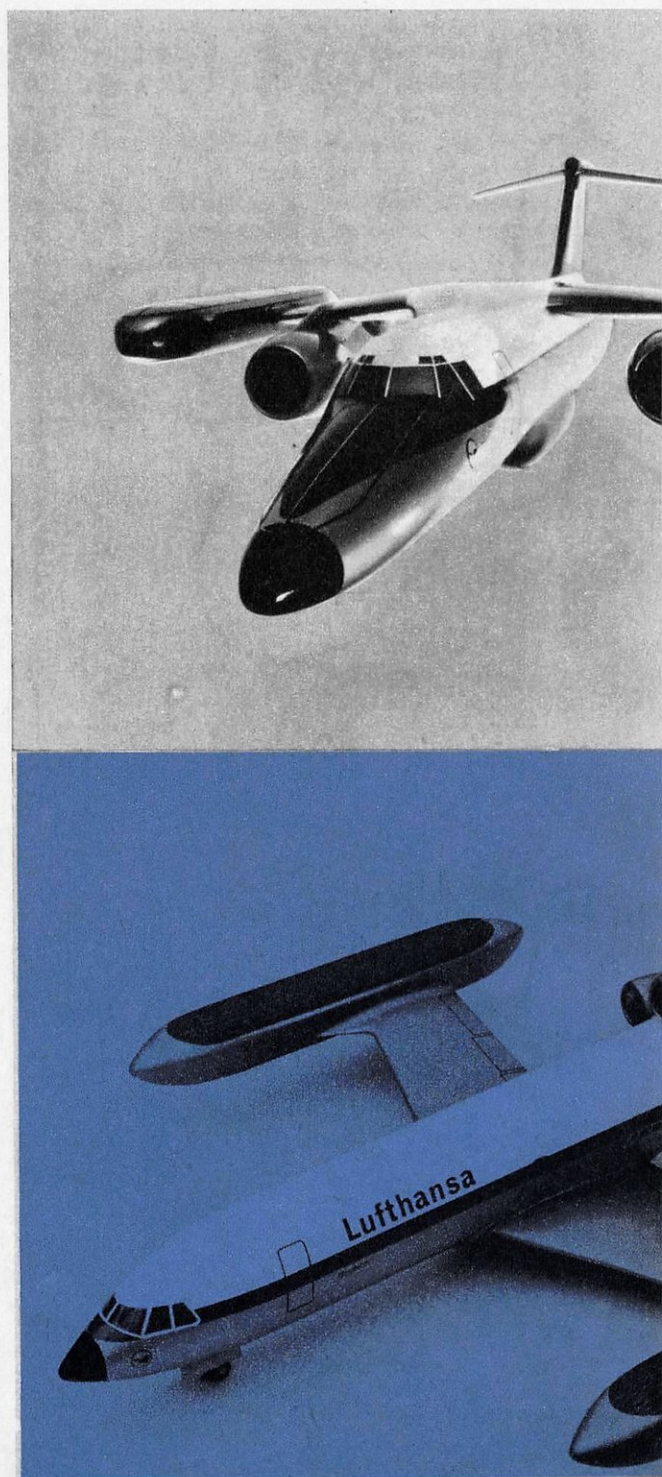
En mai 1969, un appel d'offres conjoint lancé par le ministère de la Défense et par la compagnie Lufthansa demandait aux industriels un projet d'avion S/VTOL pour 80 à 100 passagers (pouvant fonctionner en STOL en version militaire). La vitesse devait dépasser 700 km/h en croisière, le niveau de bruit au décollage ne pouvant excéder 95 dB à 500 m.

Les solutions choisies par les constructeurs sont extrêmement diverses et l'ensemble tend à constituer un véritable maquis.

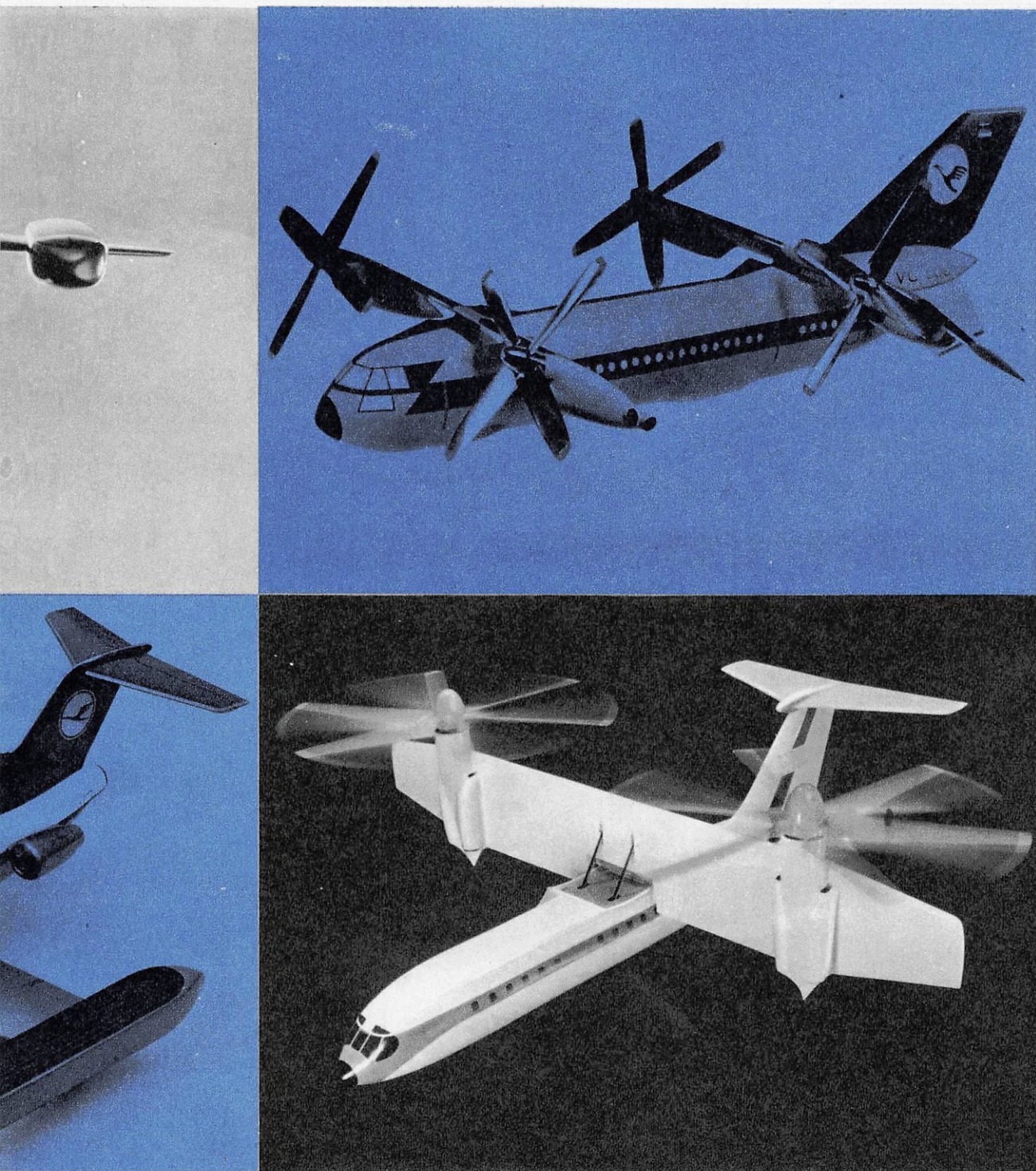
Dornier, avec son Do-231, présente un héritier du prototype Do-131, vieux de quelques années. Étudié pour 900 km/h en croisière, avec réacteurs de propulsion et de sustentation séparés, le Do-231 est doté de douze réacteurs de sustentation (huit distribués dans des nacelles implantées aux deux tiers de la voilure, deux noyés dans le fuselage au niveau de la pointe avant et deux dans la pointe arrière). Cette disposition a été adoptée pour assurer dans les meilleures conditions le contrôle en vol stationnaire. Quant au système de propulsion, il est constitué de deux réacteurs Rolls-Royce RB-220, de près de 11 tonnes de poussée, disposés sous la voilure.

Hamburger, pour le HFB-600, a retenu une installation motrice fort complexe, mais autorisant des vitesses de croisière très élevées (1 000 km/h). Dans ce cas, il est fait appel à de simples générateurs de gaz General Electric GE1/101 J entraînant des soufflantes à air (comme dans l'étrange prototype Ryan XV-5A de la NASA). Les soufflantes donneraient une vitesse d'éjection particulièrement faible et un niveau de bruit réduit.

Avec les projets VC-180 et 181 de V.F.W. (Vereinigte Flugtechnische Werke), on est ramené à des solutions moins « exotiques ». Il s'agit à nouveau d'appareils à propulsion et sustentation par réacteurs double-flux séparés.

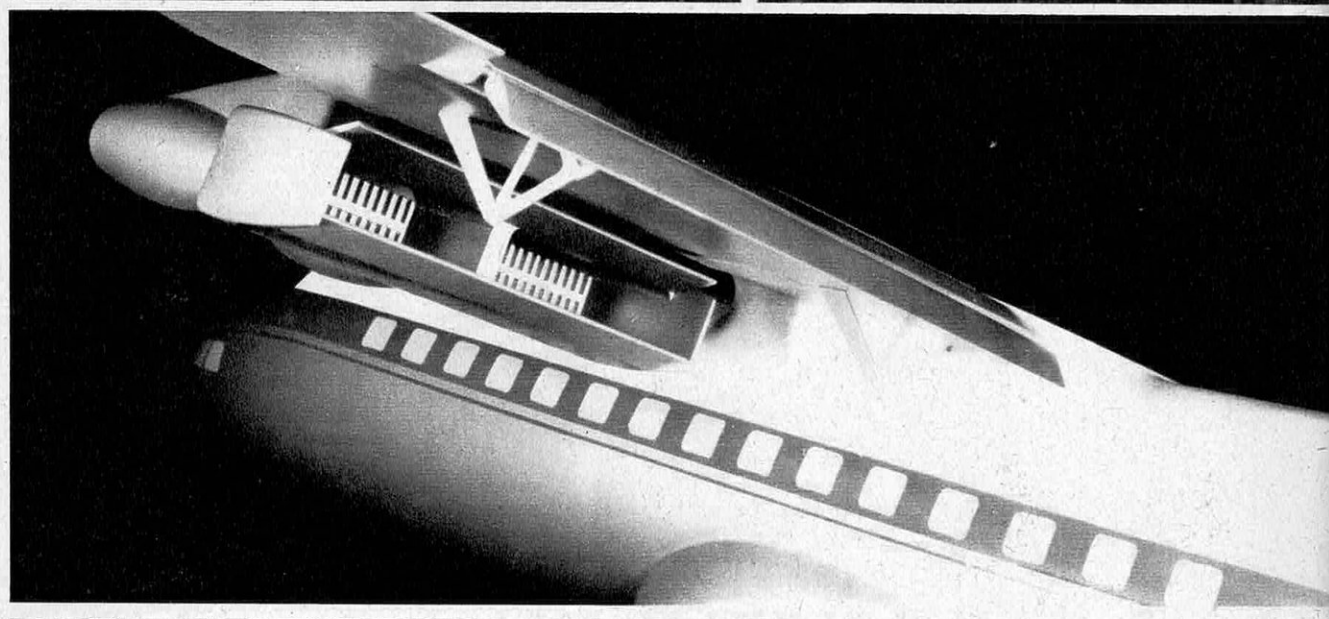
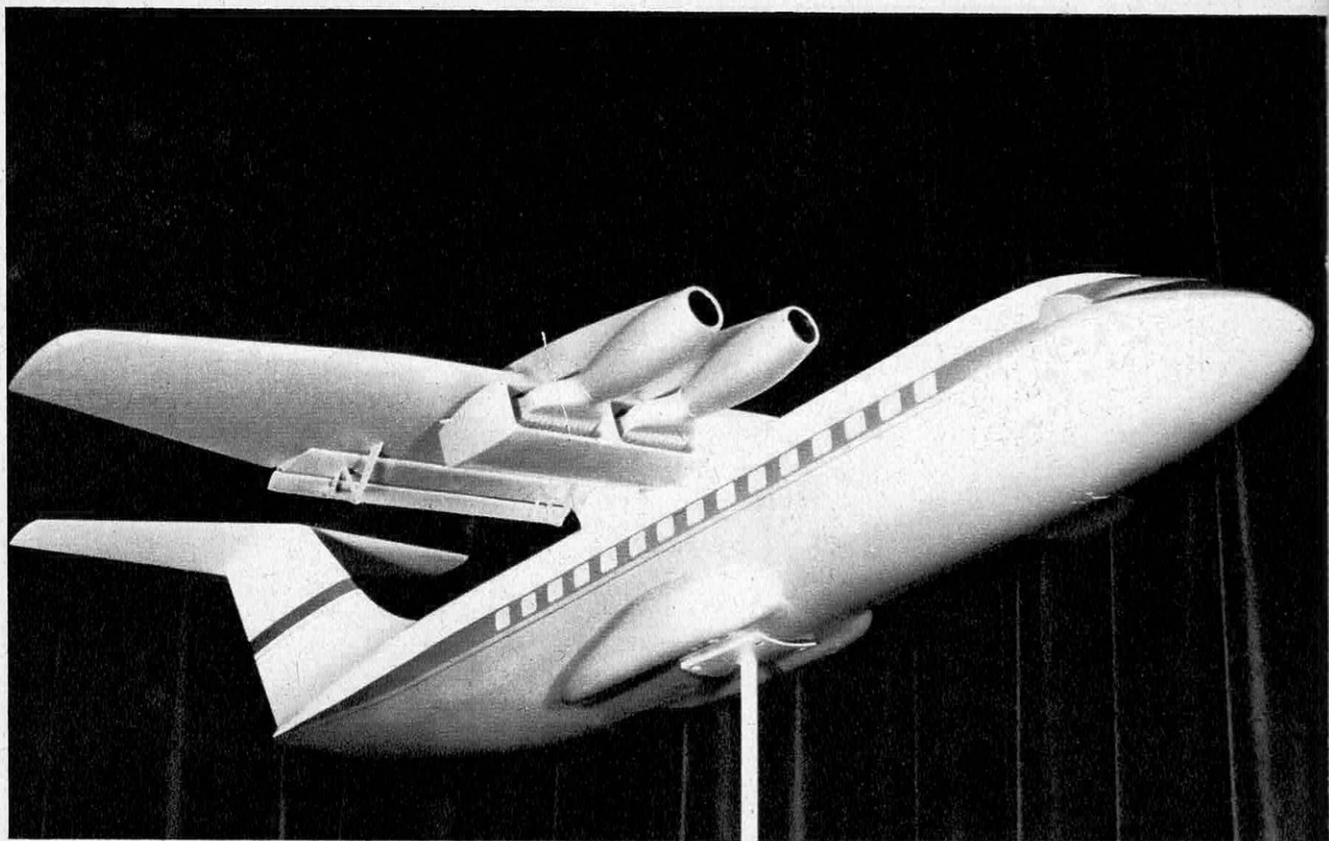


En matière de transport S/VTOL de l'avenir, la palme de l'activité cérébrale revient, sans conteste, aux bureaux d'études des constructeurs allemands. En réponse à un appel d'offres commun des militaires et de la compagnie Lufthansa, plusieurs constructeurs ont, au cours des derniers mois, rendu un nombre imposant de projets faisant appel à des solutions techniques diverses: réacteurs de propulsion associés à des réacteurs de sustentation (toujours des Rolls-Royce RB 202); turbines à gaz entraînant des soufflantes de sustentation; convertibles à voilure basculante avec moteurs à hélice grand

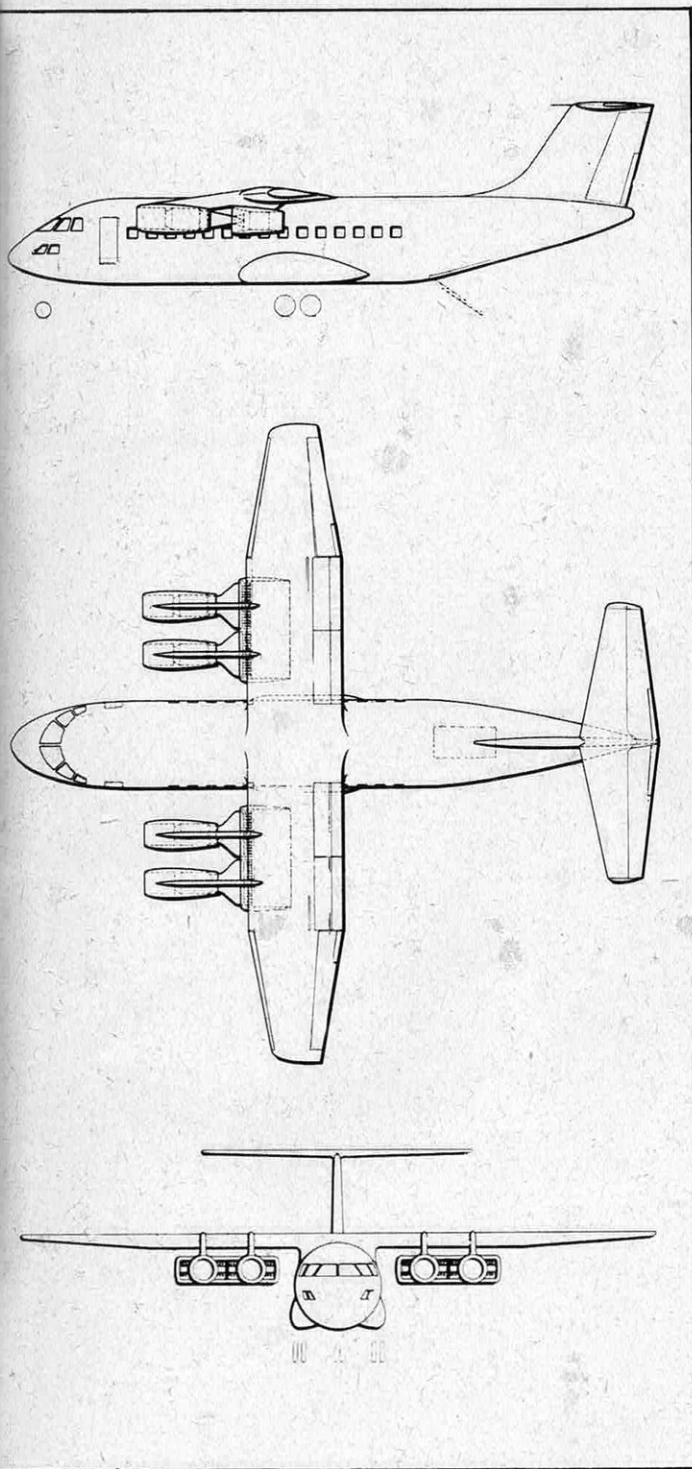


diamètre. La première série est représentée, par exemple, par les projets DO-231 de Dornier (en haut à gauche) ou VC-180 de VFW-Fokker (ci-dessus à gauche). Le VC-180 comporterait trois réacteurs de croisière à l'arrière du fuselage (participant aussi au contrôle en vol stationnaire) et 10 réacteurs de sustentation implantés par cinq dans des nacelles en bout de voilure. Avec 100 passagers, le VC-180 croiserait à 800 km/h. Le DO-231, déjà évoqué dans ces pages, aurait deux réacteurs de propulsion de 11 tonnes de poussée unitaire et 12 réacteurs de sustentation. Sa vitesse commerciale atteindrait

900 km/h. Moins esthétique, le VC-500 (en haut à droite) aurait peut-être le mérite d'être moins bruyant. Avec ses deux voilures basculantes en tandem et ses quatre propulseurs à hélices, il emporterait 80 à 100 passagers à 700 km/h. On peut en rapprocher le Westland WG-22 (ci-dessus). Ce projet britannique, moins complexe que son homologue allemand, n'aurait qu'une seule voilure basculante et deux propulseurs à hélices grand diamètre. Les appareils à hélices nécessitent une interconnexion droite et gauche pour palier les risques de panne unilatérale au décollage et à l'atterrissage.



Proposé à l'automne dernier par la Société Bertin, le transport STOL pour lignes d'apport Aladin II fait appel à une technologie originale. Il s'agit du soufflage des volets de courbures par l'effluent fortement refroidi de réacteurs double-flux (des M-45 H). En arrière des réacteurs, des trompes étalent le jet en le refroidissant par aspiration d'air extérieur. Ce système permettrait en même temps une nette réduction du bruit au décollage et à l'atterrissage.



Le VC-180 dispose de réacteurs de sustentation disposés dans des nacelles en bout de voilure, et de trois propulseurs à l'arrière du fuselage. L'appareil pourrait atteindre 900 km/h en croisière. Quant au VC-181, on a placé ses réacteurs de sustentation plus près de l'axe de l'appareil, à la base du fuselage (dans lequel ils seraient escamotables en vol de croisière).

Parmi les projets allemands, on trouve encore

deux convertibles à hélices et voilure basculante.

Le VC-500, de V.F.W., est une sorte de monstre à double voilure haute en tandem. Sa vitesse de croisière ne dépasserait pas 700 km/h. La cabine est prévue pour 80 ou 100 passagers selon la version.

Quant au Bo-140, de Messerschmidt-Bölkow, il est proche du projet Westland que nous avons décrit plus haut. Quatre turbopropulseurs General Electric de 11 400 kg de poussée, avec système d'interconnexion droite et gauche, entraîneraient chacun une hélice de 8,24 m.

L'APPORT FRANÇAIS

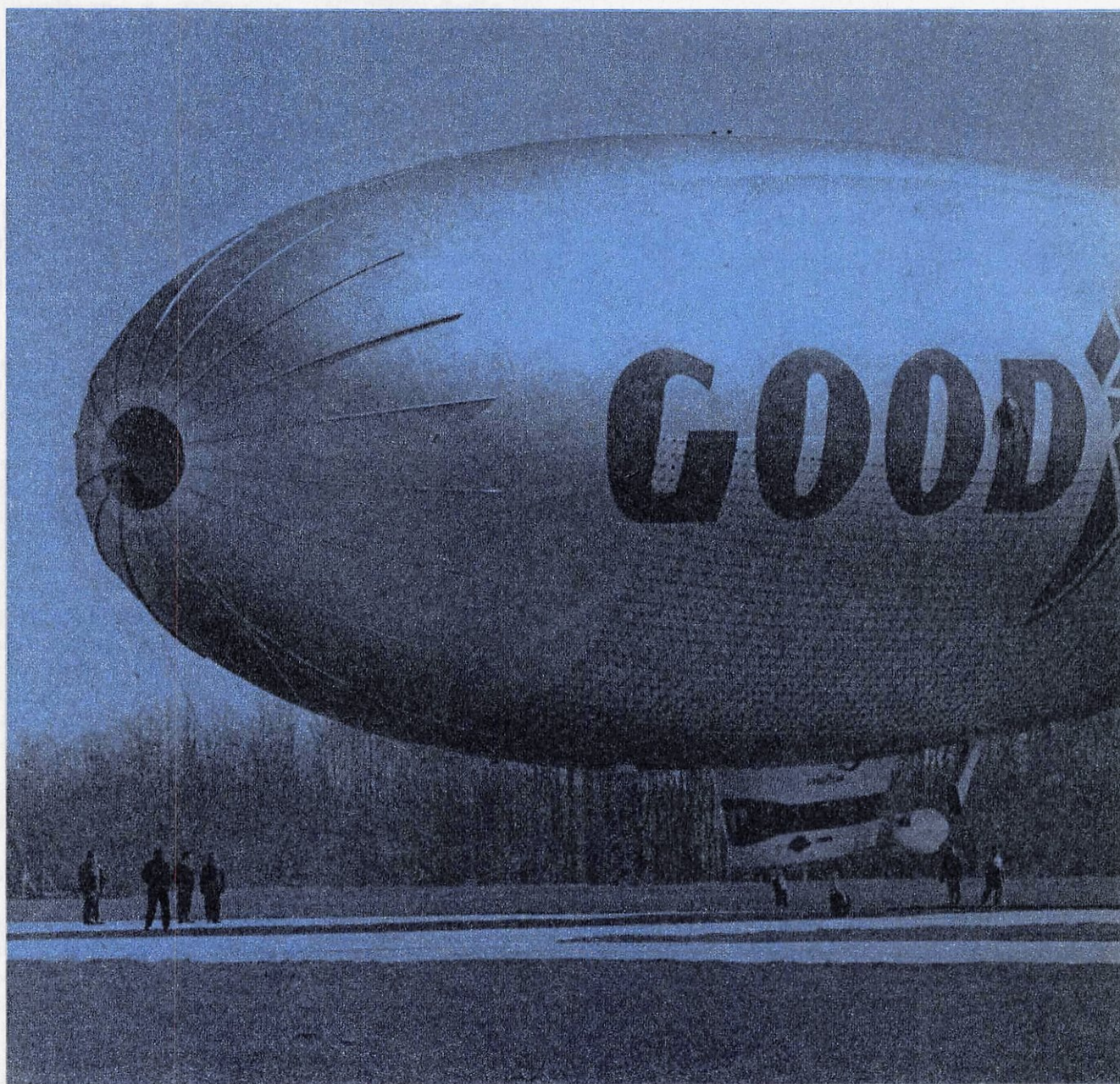
On n'assiste pas, en France, à une activité aussi fiévreuse des bureaux d'étude. Les besoins y sont moins urgents, encore que l'appareil à décollage court reste, pour l'avenir, en concurrence avec des moyens terrestres évolués tels que le turbotrain (pour des liaisons à moyenne distance comme Paris-Lyon). Quoi qu'il en soit, il ne faut pas oublier que le Bréguet 941, à voilure soufflée, reste l'archétype de l'appareil à décollage court d'un certain tonnage. Les enseignements qu'il a apportés, en particulier aux constructeurs et aux services officiels américains, sont certainement très importants.

Il y a quelques mois, la formule de voilure soufflée a connu un nouveau développement avec le projet Aladin II de la société Bertin. Destiné à des étapes courtes, et surtout aux lignes d'apport, l'appareil, à voilure haute, serait équipé de quatre réacteurs double-flux M-45 H. A l'arrière de chacun des propulseurs est montée une trompe aspirant un excédent d'air extérieur. L'effluent, très fortement refroidi, est étalé par la trompe et dirigé sur des volets de courbure utilisés au décollage et à l'atterrissage. La portance s'en trouverait très améliorée, avec, aussi, un niveau sonore très faible résultant de la double dilution des gaz chauds. La nacelle des réacteurs ferait d'ailleurs l'objet d'un traitement acoustique particulier.

En France encore, on s'est beaucoup intéressé aux systèmes de navigation susceptibles d'être utilisés à bord des appareils de transport « porte à porte ». Il s'agira, pour ces appareils, de pratiquer une navigation très souple, affranchie, autant que possible, des aides de radio-navigation classiques imposant des itinéraires trop rigides. Navigation à inertie, navigation de zone (du genre Decca), devront à plus ou moins longue échéance se généraliser à bord, si on veut que l'avion à décollage court ou ultra-court rende tous les services que l'on attend de lui.

Serge CAUDRON

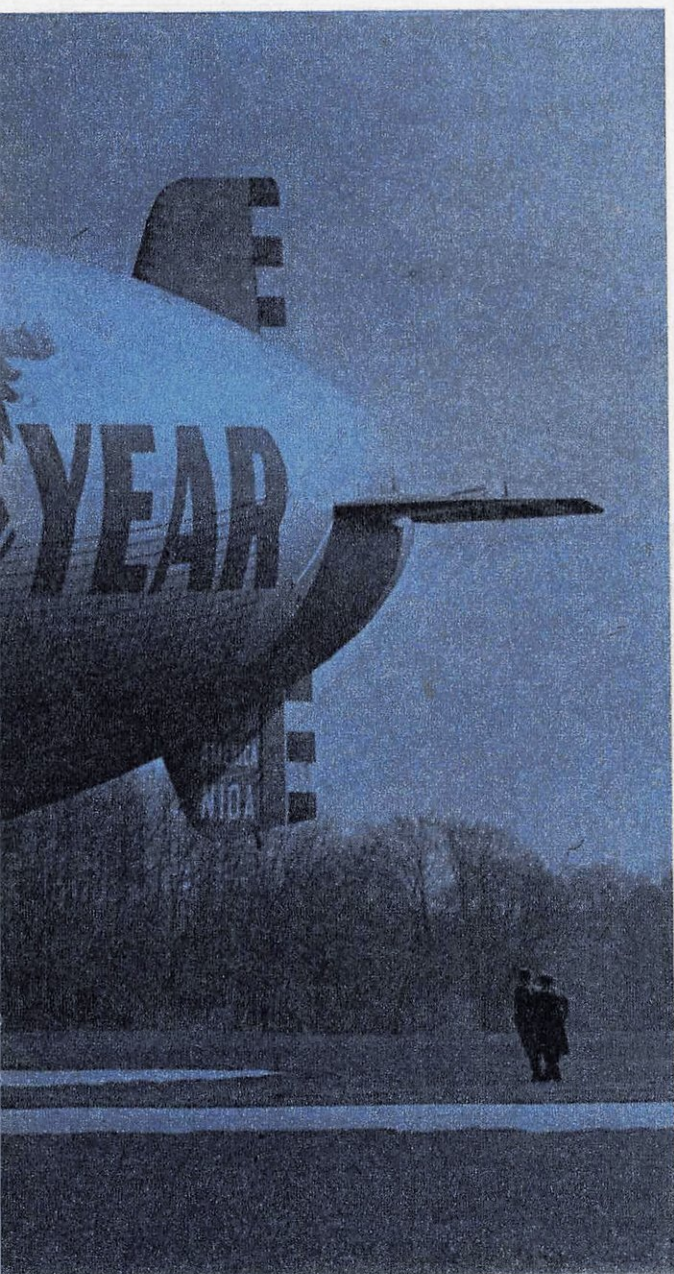
Le dirigeable renaît



S'il est une firme qui croit au dirigeable, c'est bien la Goodyear Corporation. Elle n'a jamais cessé de le faire, l'America. Indépendamment du marché très limité actuellement offert, la Goodyear maintient

Depuis à peu près cinq ans, on reparle du dirigeable. Ce n'est pas pur effet de l'imagination des chroniqueurs. En divers pays, le plus léger que l'air est l'objet de recherches importantes. Aux Etats-Unis, en U.R.S.S., en Allemagne Fédérale, en Grande-Bretagne, en Autriche, en Grèce, des bureaux d'étude se sont créés, parfois avec le soutien officiel. Plusieurs firmes, même, ont entamé la construction de matériels d'essai, voire d'exploitation. On n'investit pas d'importants capitaux industriels dans le seul but d'enrichir les collections des musées de l'Air...

a-t-il de ses cendres ?



d'en construire. En témoigne ce « blimp » publicitaire en son sein une équipe de chercheurs spécialisés.

Depuis la seconde guerre mondiale, l'aéronautique semblait bien près de porter le deuil de cinq types de machines : cerf-volant, ballon « sphérique », autogyre, hydravion, dirigeable... La sélection ne condamne-t-elle pas les engins coupables de deux tares majeures : la désuétude technique et la rentabilité incertaine ?

Certes, pour ne parler que de lui, le dirigeable des années trente avait laissé de bien fâcheux souvenirs. Des accidents tragiques avaient clos la carrière des « barils de poudre » transatlantiques. Pourtant, depuis le premier vol en circuit fermé de Renard et Krebs, en 1884, les fanatiques du plus léger que l'air n'ont jamais désarmé. Et l'éventail des possibilités techniques s'est aujourd'hui considérablement élargi : gaz sustentateur ininflammable, tissus plastiques, matériaux de structure évolués, groupes motopropulseurs de types nouveaux, tout cela aurait pu faire frémir d'aise feu le comte Zeppelin. Rien d'étonnant à ce que l'idée germât, dans quelques cervelles contemporaines, de réveiller l'ancêtre en l'habillant de neuf.

Les premières rumeurs vinrent probablement d'U.R.S.S. Dans les années soixante, une campagne se développa dans la presse spécialisée. Les organes politiques prirent le relais. Eugène Loguinov, ministre de l'Aviation civile, réclamait un dirigeable pour les lignes de l'Aeroflot.

Un rapport sur la mise en valeur de la Sibérie, présenté par d'éminents chercheurs du centre scientifique de Novossibirsk, allait accélérer le mouvement. On y lisait, par exemple, « *ni l'avion ni l'hélicoptère ne peuvent assurer aux entreprises de construction, aux équipes de géologues, aux brigades de forage, un moyen de transport comparable au dirigeable. Lui seul est capable d'effectuer des liaisons rentables entre les centres de production et les régions isolées, les pays de marécages et de gel éternel, qui représentent près de la moitié du territoire de l'U.R.S.S.* »...

C'est alors que le ministère de l'Industrie et du Commerce chargea l'ingénieur en chef Feodor Asbery de promouvoir un grand « rigide » à moteur nucléaire. Cinq machines furent mises en chantier.

Les bonnes idées fusent toujours de conserve. A la même époque, on parla, aux Etats-Unis, du professeur Morse et de son projet de dirigeable à moteur nucléaire. Sa silhouette avait autant d'affinité avec celle conçue par Feodor Asbery que le Tu-144 avec Concorde. Tout cela est dans l'ordre des choses. Des ressemblances de ce genre sont beaucoup plus le fait d'ordinateurs travaillant en parallèle que de l'activité d'hypothétiques James Bond.

Puis entra en scène John R. Fitzpatrick. Cet ancien officier de l'U.S. Navy, vice-président et ingénieur en chef de l'Aeron Corporation, dévoila son projet Aeron III « Triballon », en construction au Mercer Country Airport, dans le New Jersey. Cette machine volante d'un type nouveau annonce une nouvelle génération de plus légers que l'air.

UN AVION GONFLE A L'HELIUM

Le nom de John R. Fitzpatrick était déjà associé à plusieurs records d'endurance en avion et en « blimp » (les petits dirigeables porteurs de radars d'alerte avancée, en service dans l'U.S. Navy au cours des années d'après-guerre). De là à imaginer qu'un ballon puisse affecter la forme d'un avion ou qu'un avion soit gonflé à l'hélium, il n'y avait qu'un pas... puis une longue marche vers la matérialisation.

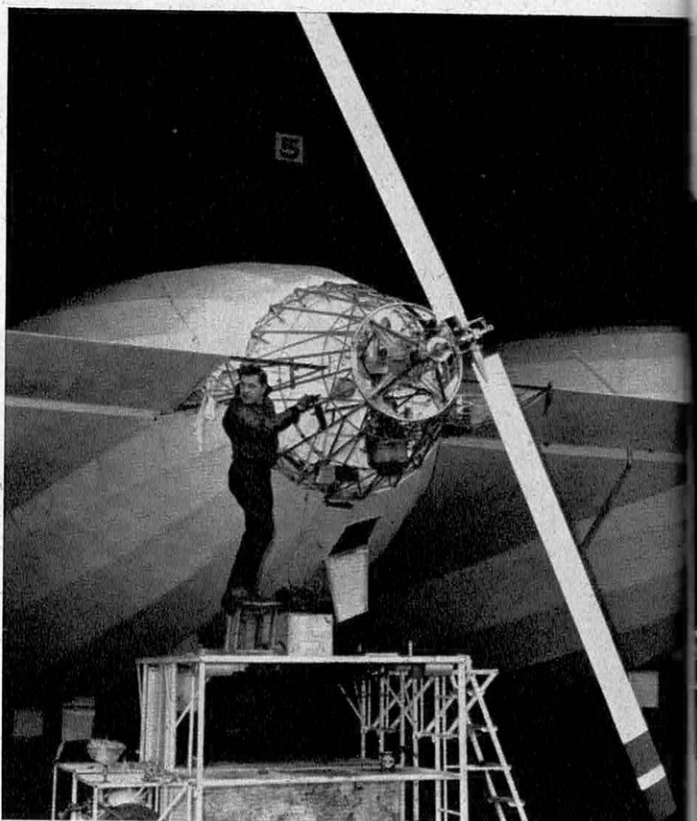
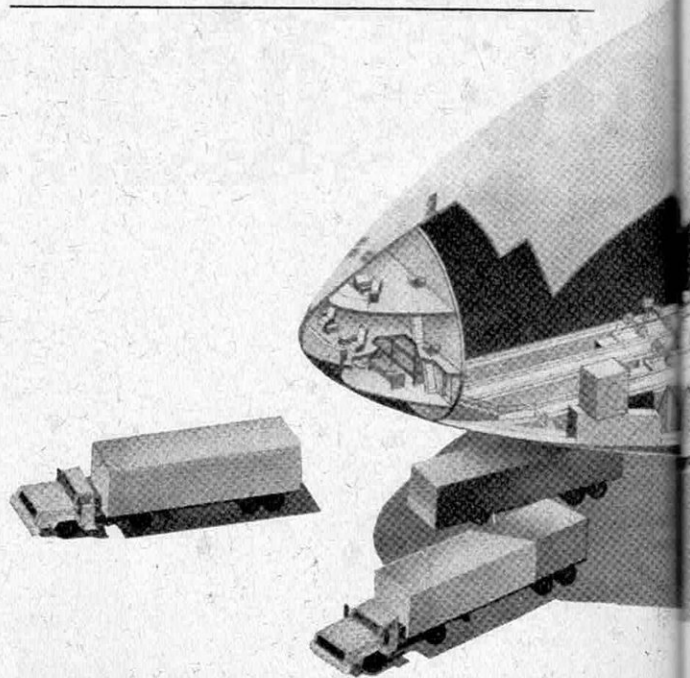
L'Aeron III résulte de l'association de trois « rigides » à hélium, en parallèle, réunis par des moignons de voilure à profil porteur, également gonflés à l'hélium. La longueur est de près de 26 mètres, la largeur de 17, le poids à vide de 1 270 kg, la capacité de 1 200 m³. Les performances attendues sont : vitesse maximum 110 km/h, plafond 2 500 m, autonomie 4 heures.

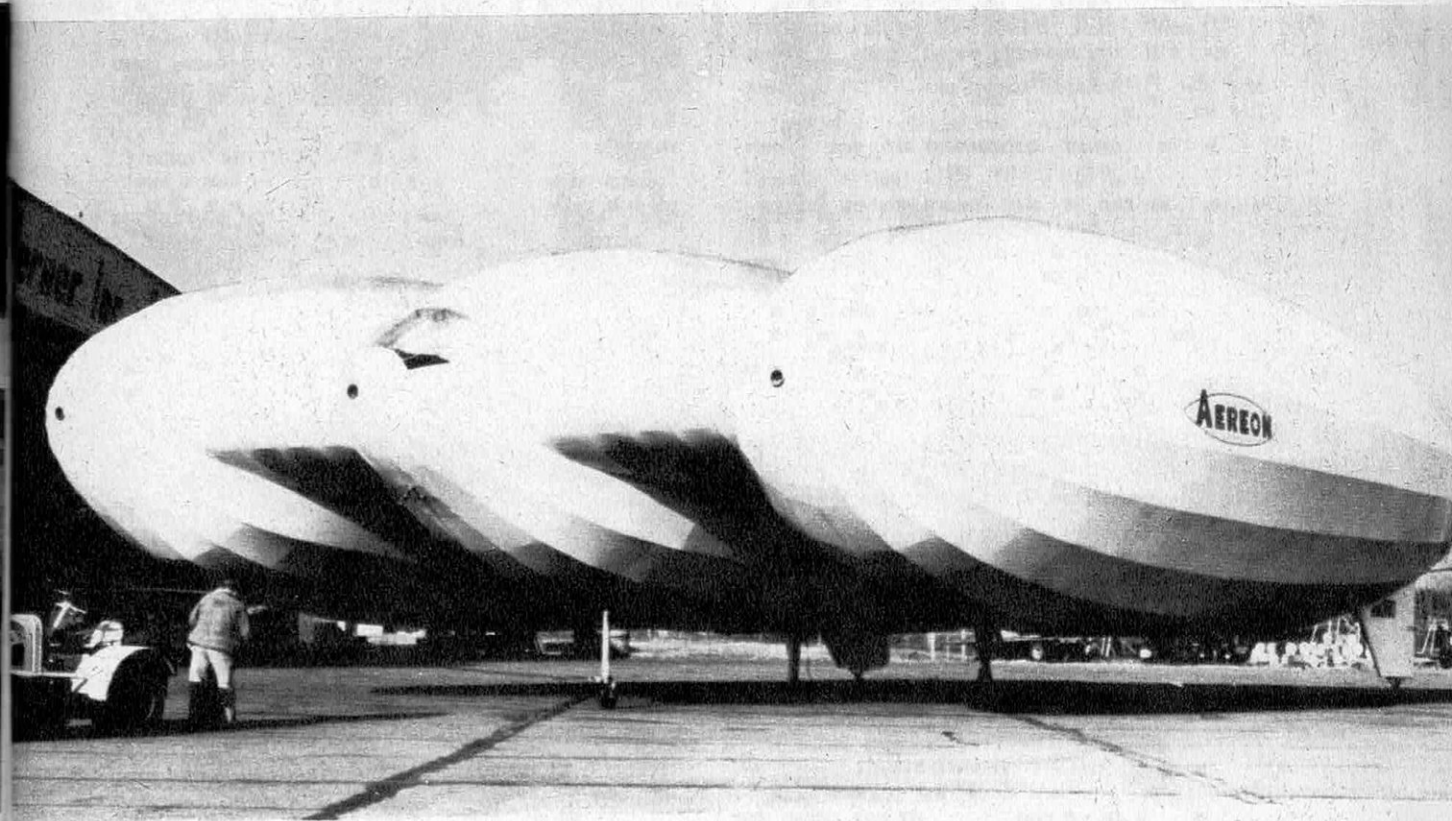
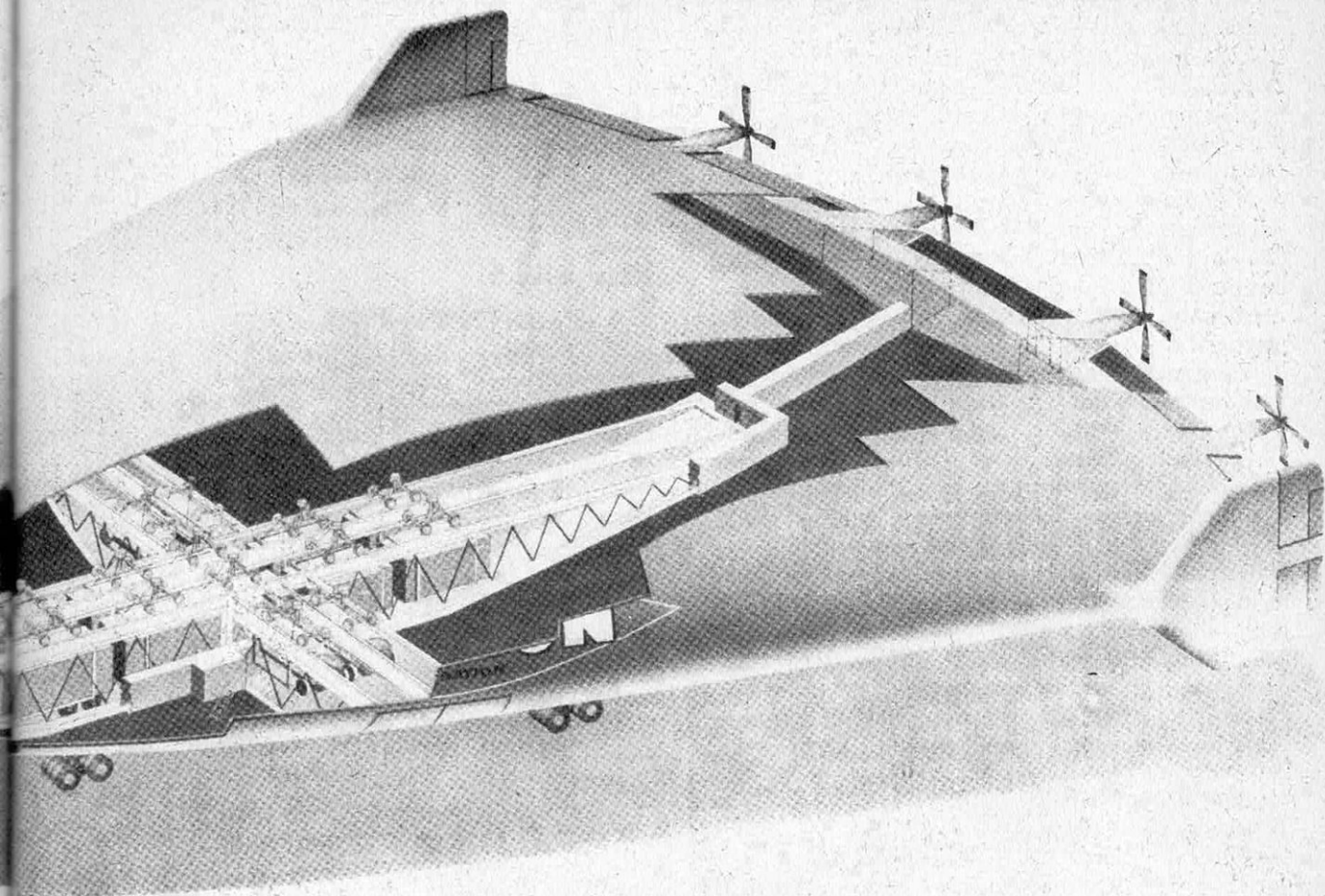
Le mode de construction confère une grande rigidité pour un faible poids. La structure est à base d'aluminium, avec quelques éléments en acier aux points de concentration des efforts. L'enveloppe est double : « peau » interne en nylon, « peau » externe en plastique Tedlar.

Chacune des trois coques renferme six ballonnets à hélium, et les moignons, deux.

Une turbine Solar « Titan » de 72 ch à vitesse constante (4 000 tr/mn) entraîne un rotor de 6,20 m de diamètre. Ce rotor à deux pales (vitesse périphérique limitée à 155 m/s) est assujéti à un système de variation de pas collectif et cyclique, comme sur un hélicoptère. En variation collective, il sert aussi bien

Le projet Aeron 340 (ci-dessous) consacre la fusion entre avion et dirigeable amorcée avec le prototype Triballon. L'Aeron Corporation est très discrète sur cette machine (dans le domaine du plus léger que l'air aucune découverte n'est protégée par un brevet). En bas de page, le Triballon, maquette volante actuellement en essais. Il emprunte à l'hélicoptère son rotor, disposé à l'arrière.





d'aérofrein en vol que d'inverseur de puissance à l'atterrissage. La variation cyclique assure le contrôle en tangage et en lacet aux basses vitesses et en vol stationnaire.

Le système motopropulseur et la cabine (pour l'équipage de deux ingénieurs-pilotes) sont intégrés à la coque ventrale. Le poste de pilotage dispose d'un « manche » et des pédales classiques à bord des avions, plus un levier de pas collectif de la voilure tournante.

Les commandes de type avion agissent, en particulier, sur des gouvernes de profondeur-gauchissement (élevons) et de direction.

Les élevons sont au bord de fuite des moignons de voilure. La gouverne est faite de deux plans verticaux, solidaires des roulettes de queue, ce qui donne à la machine une bonne assise au sol. La roue avant émerge de la coque ventrale à l'extrémité d'une jambe de longueur variable commandée par le pilote. L'ensemble du train est escamotable.

Le pilote règle la force ascensionnelle en réchauffant l'hélium à l'aide de calories libérées par le moteur. Ce « thermolift » remplace avantageusement le système classique soupape d'échappement-lest, qui grève la charge utile au décollage.

DES AVANTAGES CAPITAUX

Le recours à l'hélium écarte, à bord de l'Aeron III, tout danger d'incendie et d'explosion des enveloppes. Mais, par rapport aux autres projets actuels, la machine présente au moins deux avantages. Elle offre une prise au vent, surtout au vent de travers, très faible. A volume égal, un monocoque y serait deux à trois fois plus sensible.

Elle est parfaitement autonome au sol. Tous les autres dirigeables sont tributaires d'une équipe de manœuvres au décollage et à l'atterrissage. L'Aeron III, lui, transporte son mât d'amarrage, solidaire de la roue avant. Ce mât, qui peut s'ancrer n'importe où, permet à la machine de s'orienter dans le lit du vent. L'Aeron Corporation estime qu'elle pourrait dès à présent mettre en chantier une grande « aile volante » à l'hélium, l'Aeron 340. Celle-ci serait l'aboutissement logique du « Tribal-lon » actuel. L'Aeron 340 aurait 120 m de long et 21 de diamètre. Il serait mû par quatre turbopropulseurs ou moteurs diesel de 1 000 ch. L'ensemble serait légèrement plus lourd que l'air afin de pouvoir peser au sol (l'installation motrice pourrait suffire à compenser cet excédent de poids). La charge utile de l'aile volante atteindrait 120 t et sa vitesse maximale 250 km/h.

Si le prototype Aeron III a été étudié et construit sans aide extérieure, il ne saurait en être de même de l'Aeron 340. Les dollars fédéraux

se font attendre, et l'Aeron Corporation s'efforce de trouver de l'aide hors des Etats-Unis. L'appui de sociétés françaises a déjà été sollicité.

Notons qu'un homologue de l'Aeron III existe en U.R.S.S. La presse soviétique en a parlé, sans en donner de description.

LES VILLES VOLANTES

L'expérience de l'Aeron III cherche, pour la première fois, à combiner sur une même machine portance statique et portance dynamique. Elle n'a pas cependant fléchi les irréductibles, américain et soviétique, Francis Morse et Feodor Asbery. Eux en restent au paquebot volant avec, éventuellement, moteur nucléaire. Le monocoque américain est destiné au trafic transocéanique. Long de plus de 300 m et doté d'une capacité de 350 000 m³, il transporterait 400 passagers à 150 km/h.

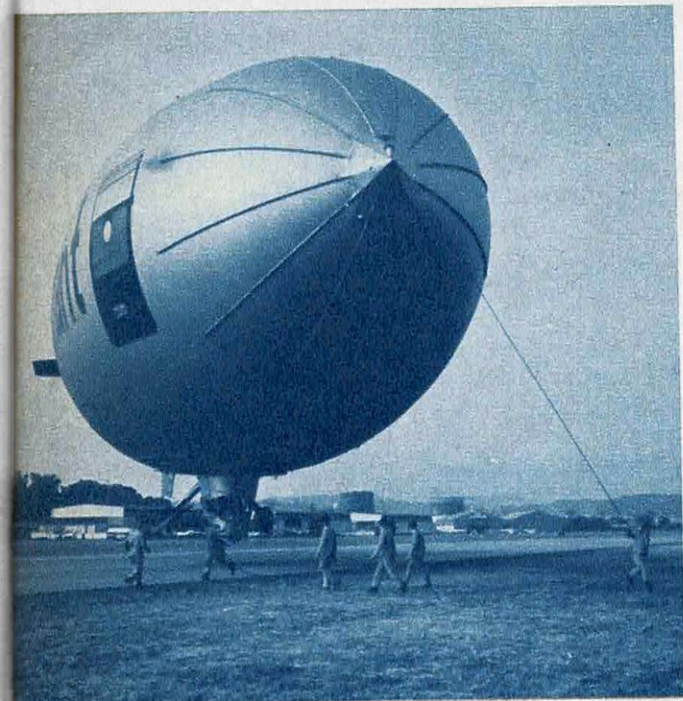
Pratt et Whitney et General Electric ont construit il y a quelques années des réacteurs nucléaires destinés à des avions (projet rapidement abandonné). Le professeur Morse a retenu un modèle à échelle réduite du Pratt et Whitney W-200-MW. Ce moteur utilise un combustible céramique et est refroidi au lithium. La chaleur recueillie serait utilisée, selon une technique tenue secrète, par trois moteurs fixés à l'arrière du dirigeable : une turbine à gaz et deux turbomoteurs. Les hélices montées à l'extrémité arrière pourraient aspirer l'épaisse couche limite en arrière du maître couple, d'où réduction de la traînée globale. A vitesse donnée, une moindre puissance serait requise par rapport à des moteurs montés en nacelles.

Pour un engin de 350 t de pouvoir sustentateur brut, nécessitant une puissance motrice de 6 000 ch, le poids du réacteur nucléaire, y compris le bouclier anti-radiations, n'excéderait pas 54 t.

Les dimensions d'un tel dirigeable facilitent d'ailleurs la protection des passagers et de l'équipage. Trois ponts, larges comme ceux d'un navire, abriteraient, loin du réacteur, les quatre cents passagers dans des cabines luxueusement aménagées. Dansant ou dinant, en plein air, ou presque, sous un vaste dôme de plastique, les passagers pourraient, grâce à... 2 kilos d'uranium, faire un tour du monde sans escale.

L'engin projeté en U.R.S.S. par Feodor Asbery semble, lui aussi, échappé de l'imagination de Jules Verne.

L'appareil aurait 296 m de long, 52 m de diamètre, et ses 340 000 m³ d'hélium lui octroieraient 340 t de force ascensionnelle. Le gaz sustentateur serait enfermé dans dix-sept cellules en plastique Mylar (six fois plus léger



Une équipe nombreuse est indispensable lors des opérations d'amarrage et de décollage du « dirigeable de papa ». Fixé par le nez à son mât, l'engin ne repose au sol que grâce à un lest additionnel. Quelquefois les sacs de sable ne suffisent pas...

que la voile gommée des Zeppelin et résistant mieux au choc qu'une enveloppe métallique de même épaisseur). La coque extérieure est prévue en alliages d'aluminium et de titane. Croisant à 150 km/h, ce mastodonte offrirait 150 000 m³ de volume utile. La propulsion ferait appel à une seule turbine de 6 000 ch, couplée à deux grandes hélices co-axiales et contrarotatives.

En version cargo, le dirigeable pourrait transporter en moins de 40 heures, de Moscou à Vladivostok, trois turbines de centrales hydro-électriques et leurs accessoires.

En version passagers, quatre cents à six cents personnes et leurs bagages trouveraient place à bord. Au sommet du dirigeable est prévu un pont-promenade surmonté d'une verrière. A bord, on trouverait un cinéma, deux restaurants, une salle de concert... Des ascenseurs desserviraient 15 étages superposés.

Selon Feodor Asbery, le port d'attache du dirigeable serait aquatique. Equipé de flotteurs escamotables, l'engin serait ancré à proximité du rivage et desservi par bacs et vedettes. En version cargo, il pourrait se poser sur un plan d'eau aménagé tout près d'un complexe industriel.

La possibilité d'un transport ponctuel, sans aménagements au sol particuliers, et la vitesse relativement élevée peuvent permettre au dirigeable d'occuper une place intéressante à côté des navires de surface et des grands « jets ».

DES PROBLEMES CRUCIAUX

Les « villes volantes » en projet, américain et soviétique, présentent deux inconvénients majeurs. Du fait de leurs dimensions et pour une vitesse de croisière peu supérieure à celle des Zeppelin de jadis, elles offriront une prise au vent beaucoup plus forte. Au sol, elles ne seront ni autonomes, ni manœuvrables.

Les servitudes d'amarrage, les manœuvres d'envol et d'atterrissage, posent un problème particulièrement grave. Au parking, l'engin, dont l'hélium coûte 25 F le mètre cube, ne sera pas dégonflé. Même partiellement lesté de sacs de sable, il bondira littéralement sur place en cas de vent fort ou de turbulences. Son maintien dans le lit du vent exige d'ailleurs un pylône ancré profondément dans le sol.

Pour l'envol, les manœuvres sont fort délicates. Des dizaines de « préposés » doivent tenir le dirigeable en laisse au moyen de longues cordes. D'autres se chargent de libérer l'engin de son mât d'amarrage, d'autres de le délivrer de son lest.

A demi libéré, le dirigeable affronte la partie la plus dure. Le pilote ne peut encore intervenir au moteur et les gouvernes sont ineffi-

caces à vitesse nulle ou faible. Il faut donc déplacer le ballon à la force des poignets et le pointer contre le vent dans l'attente du « lâchez tout », au moment où les moteurs sont lancés plein gaz.

L'approche et l'amarrage sont une autre épreuve de force. Aucun freinage aérodynamique n'est applicable. Il faut attendre que le dirigeable veuille bien stopper, à nouveau tenu « en laisse » par les équipes au sol...

Lorsque le vent dépasse 25 km/h, les manœuvres sont vouées à l'échec, si ce n'est à la catastrophe pour le personnel au sol.

Goodyear Corporation, d'une part, Metallwerke Friedrichshafen, d'autre part, ont, il est vrai, trouvé une solution pour leurs petits « rigides » publicitaires. Les quatre propulseurs fixés en nacelles seront pivotants (comme sur certains avions expérimentaux à décollage vertical), ce qui fournit des possibilités de manœuvres près du sol.

Il n'en est pas de même à bord des dirigeables nucléaires en projet. Aux moteurs arrière, il faudrait adjoindre des soufflantes ou des moteurs supplémentaires pour le contrôle d'assiette et le vol stationnaire.

Quels que soient les raffinements techniques applicables sur les paquebots de l'air de la nouvelle génération, aboutira-t-on jamais à autre chose qu'à ressusciter le vieux Zeppelin ? Certes, le dirigeable 1975 serait, grâce à l'hélium, rendu ininflammable, et les nouvelles techniques de construction lui permettraient de résister aux efforts aérodynamiques qui coûtèrent la vie à maints de ses prédécesseurs. Cela suffira-t-il à annuler les inconvénients des dirigeables de conception classique ?

UNE QUESTION DE RENTABILITE

Si les ingénieurs connaissent le prix d'un prototype, s'ils ont établi le devis de sa construction, aucune étude de rentabilité n'a été, à notre connaissance, conduite en Occident par une compagnie aérienne ayant pignon sur rue. Les compagnies, c'est un fait, semblent boudier le plus léger que l'air. Elles ne sont pas seules.

En France, le défenseur du plus léger que l'air, aussi sérieux soit-il, passe, dans les cabinets ministériels, les organismes de recherche ou chez les industriels de pointe, pour un aimable fumiste. Cet état de choses est moins net aux Etats-Unis, où la sécurité a longtemps reposé sur une flotte de « blimps » d'alerte radar avancée. En U.R.S.S., la rentabilité est affaire d'appréciation gouvernementale, d'où l'encouragement donné à des expériences impensables en Occident.

Quant à l'Allemagne, elle conserve la nostalgie d'un maître génial, le comte Zeppelin, dont le tort principal fut de gonfler ses ballons à l'hydrogène. Mais les crédits font cruellement défaut à ses adeptes.

Il est à noter que si l'on dénombre les volontaires postulant une place à bord des rares dirigeables (publicitaires) en circulation dans le monde occidental, le préjugé contre l'antique « baril de poudre » semble bien avoir disparu. Le divorce reste tout de même total entre les promoteurs du plus léger que l'air et les compagnies de navigation. Au point qu'il ne faut plus compter sur elles pour assurer l'avenir du dirigeable. Celui-ci dépendra de nouvelles catégories d'exploitants.

L'état des recherches sur le dirigeable en 1971

Aux U.S.A., la Marine stocke des « blimps » construits par **Goodyear** (la plupart des cadres du département intéressé de la firme américaine sont d'origine allemande et plus ou moins transfuges de la société Zeppelin). Les plus grands, 123 m de longueur, furent un moment destinés au transport d'étages de fusées. Une version à deux coques accolées a été envisagée. Les « blimps », à l'origine détecteurs de sous-marins et de missiles intercontinentaux, ont été construits à quelque 300 exemplaires. Trois « blimps » pu-

blicitaires sont aussi en service, le *Mayflower*, le *Columbia* et l'*America*.

Sur commande des U.S. Air Force Cambridge Laboratories, Goodyear a conçu deux *Dynastar* à propulsion nucléaire, à trois et à cinq lobes.

A Princetown, New Jersey, l'**Aeron Corporation** a construit deux « Triballon » expérimentaux, qu'un film en couleurs a montré roulant au sol. La firme étudie aussi l'aile volante Aeron 340.

Un département de **Litton Industries**, à New York, a élaboré pour l'U.S. Air Force des programmes portant sur le guidage électronique des plus légers que l'air.

Le **groupe Henry Irwin**, de New York, lié à diverses firmes d'Allemagne Fédérale, a soumis

au Département d'Etat le projet d'un « Graf Zeppelin » de 300 m, équipé de moteurs General Electric.

La **Claude C. Glatte Company**, de Glendale (Californie), a proposé le SMD-100 à turbine Allison 5 000 ch. Ce « tout cargo » en aluminium pourrait transporter des engins spatiaux. Sa longueur atteindrait 174 m, la charge utile 129 t. Une version à réacteur nucléaire SNAP II est également étudiée.

Francis Morse, professeur de technologie spatiale à l'Université de Boston, a terminé les plans d'un dirigeable de 400 places à propulsion nucléaire.

En U.R.S.S., les études sont nombreuses. Elles portent sur : un combiné ballon-hélicoptère ; un train de dirigeables de trans-



L'hélium, qui confère au dirigeable une sécurité totale en cas d'incendie, lui permet de survoler les villes à basse altitude. C'est à la cité de l'avenir que s'intégreront les nouvelles machines, beaucoup moins bruyantes que les plus lourds que l'air.

D'ailleurs, les particularités du dirigeable le classent tout à fait en marge des matériels volants traditionnels. Ce n'est pas un oiseau de haut vol : vers 1 500 m d'altitude, il s'essouffle. Les basses couches de l'atmosphère, vers 30-500 m, lui conviennent mieux. Des engins de 40 à 80 t croisant à 120 km/h à quelques centaines de mètres d'altitude... n'y a-t-il pas là de quoi faire rêver automobilistes et transporteurs routiers ?

Sans doute est-ce à leur intention que Good-

year prépare un monocoque ovoïde à portance dynamique, baptisé *Dynastar*. Quatre propulseurs orientables le doteraient d'une large autonomie de manœuvre au sol.

C'est dans le sillage de telles recherches qu'il faut situer l'avenir possible d'un mode de transport trop longtemps négligé. Aeron III ou Goodyear Dynastar, le dirigeable n'est pas mort, il hiberne.

Jean VIDAL

port de fret ; un appareil à ailes extensibles gonflables ; une « montgolfière » souple (ingé-V. Mikhalev), qui utiliserait pour la sustentation la poussée des gaz produits par les turbines ; le « rigide » à propulsion nucléaire (300 m de long) de Feodor Asbery. Cinq machines sont en construction : le LL-1, dirigeable souple à moteur 130 ch (2 hommes d'équipage), pour la recherche scientifique ; le Novosibirsk 1, « souple », à deux moteurs, pour la prospection pétrolière et le repérage des bancs de poissons dans l'Arctique (3 hommes d'équipage ; 2 t de charge) ; le Novosibirsk II semi-rigide à deux moteurs, 30 t de charge, huit hommes d'équipage ; le « Forestier de Lénine » semi-rigide de 50 m, à deux moteurs et quatre

hommes d'équipage, essentiellement destiné à la photographie aérienne (l'Eriok III, réplique de l'Aeron III américain, servira aux essais en vol).

Le bureau d'études des dirigeables, à Léninegrad, procède aux essais d'un modèle réduit entièrement métallique de 12 m de long. Cette machine préfigure le TSM-100, de charge utile 100 t. Par ailleurs, quelques unités sont en service, dont « l'Oural » de l'ingénieur Dimitri Bimbat.

L'Allemagne Fédérale étudie, avec l'ingénieur F. Stodte, de Nuremberg, le ST-V1, à fond plat et soufflante de sustentation. Deux autres projets sont à l'étude : le DLS-100, dirigeable à vapeur système Papst, et l'Olympia Zeppelin D-OZ-132 (30 000 m³) de Gérard Offman. Quant à la Metallwerke Friedrichs-

hafen GMB, héritière de Zeppelin, elle s'est spécialisée dans la construction de « blimps » à vocation publicitaire. Un dirigeable de dimensions importantes est aussi à l'étude.

En Autriche, l'ALV-1 de 400 000 m³, à propulsion nucléaire, a été étudié par l'ingénieur Von Veresse.

La Grande-Bretagne s'est signalée à l'attention à la fin de l'année dernière avec la création de **Cargo Airships**, filiale de Manchester Liners (compagnie maritime promotrice du transport par containers sur l'Atlantique nord). Cargo Airships est chargée d'une étude approfondie des possibilités d'utilisation du dirigeable.

En Grèce, différents armateurs procèdent à des études analogues.

L'avion cheval de trait

Dans l'esprit de beaucoup de gens, l'avion ne sert qu'à faire la guerre, à transporter des passagers ou à promener le dimanche quelques favoris. Pourtant, l'avion, comme l'hélicoptère, plus tard venu, sont au service des hommes de mille autres manières. L'aviation de travail est une réalité et de très nombreuses sociétés spécialisées se sont créées, surtout depuis la dernière guerre.

On a pu dénombrer plus de deux cents applications de l'avion et de l'hélicoptère sans rapport avec le transport classique, le tourisme ou la guerre. Ces activités, très diverses, ont été regroupées sous le terme de « travail aérien » qui exprime bien le caractère utilitaire des missions effectuées. De fait, lorsque cela est nécessaire, l'avion et l'hélicoptère sont de rudes travailleurs.

Sans passer en revue la totalité de ces activités, il est possible d'évoquer quelques types de missions très caractéristiques.

L'AVION AGRICOLE

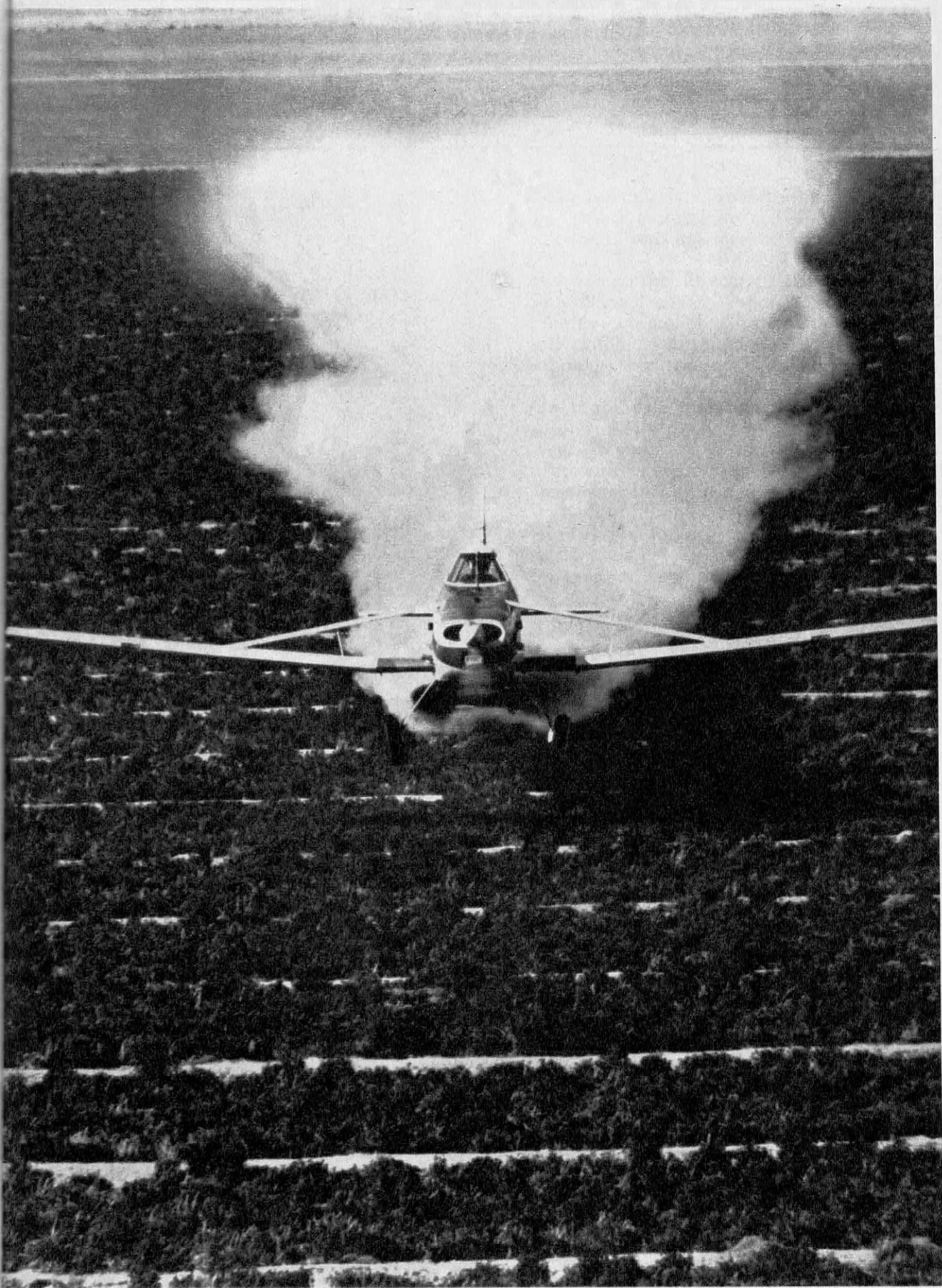
Peu de gens savent qu'il existe dans le monde plus de 15 000 avions agricoles en activité. Comme en beaucoup d'autres domaines, l'exemple est venu des Etats-Unis. Les premiers avions agricoles furent souvent des appareils transformés de façon plus ou moins heureuse. Du Piper « Cub » ou du vieux biplan de surplus, on est arrivé à des avions étudiés spécialement pour ce genre d'application.

Outre le développement des besoins, on peut invoquer plusieurs raisons à cette évolution. D'abord, les produits pulvérisés par

avion sont le plus souvent corrosifs et les structures classiques leur résistaient mal. D'où, pour le matériel volant, un vieillissement précoce et des risques de rupture en vol. Ensuite, les conditions de travail des avions agricoles sont extrêmement dangereuses. Il faut songer à la sécurité du pilote, en même temps qu'à la longévité du matériel.

L'avion agricole effectue exactement les mêmes travaux que le cultivateur, aux labours près. Il se charge des semailles, de l'épandage d'engrais, de la protection des plants par pulvérisation d'insecticides... Ces tâches doivent s'exécuter au plus près du terrain. Le travail agricole est, en pratique, un véritable carrousel fait de rase-mottes suivis de dégagements rapides, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la trémie contenant le produit soit vide. Il faut alors se poser, le plus près possible, bien entendu, de la surface à traiter, pour un nouveau chargement. Puis le « cirque » recommence...

Si le terrain est trop encaissé, trop petit, ou coupé de haies, l'hélicoptère entre en jeu. En raison des conditions particulières à ce genre de travail, il y a bien sûr de la casse. Au moins les appareils modernes permettent-ils au pilote de s'en tirer. Le plus souvent d'ailleurs, les accidents surviennent



L'avion (comme aussi l'hélicoptère) apporte une aide inestimable dans la lutte contre les incendies de forêts. Ici, un Canadair de la Protection Civile attaque un foyer sur lequel cinq tonnes d'eau seront déversées en quelques secondes seulement.

sur d'immenses espaces parfaitement plats. C'est un peu le cas de l'automobiliste qui roule à grande vitesse sur une autoroute rectiligne.

Un autre aspect du travail agricole est la protection des récoltes contre les attaques de certains fléaux essentiellement mobiles. C'est le cas, par exemple, des cultures des régions tropicales ravagées en quelques heures par un vol de sauterelles...

L'avion de travail intervient alors pour détecter l'arrivée des « fauves à élytres », puis pour les attaquer au sol ou lors de leurs déplacements. Cette dernière tactique est la plus efficace, mais aussi la plus dangereuse. Elle consiste à foncer dans le nuage de sauterelles. L'hécatombe est alors formidable, les récoltes sauvées, mais le pare-brise, complètement opacifié d'une bouillie de victimes, rend problématique le retour au terrain et plus encore l'atterrissage.

L'AVION PHOTOGRAPHE

La photographie aérienne est une forme de travail aérien très efficace en de multiples domaines. Sans parler des découvertes qu'elle a permis en recherche archéologique, la photo aérienne sert à dresser des cartes extrêmement précises des régions survolées.

En France, l'Institut Géographique National entretient une flotte aérienne dotée de caméras verticales de haute qualité, capables de balayer tout un territoire en peu de temps. Il suffit que le temps soit beau. Des missions de dix heures à haute altitude (environ 10 000 m) sont alors possibles. L'IGN bénéficie d'une telle réputation que ses avions vont souvent travailler loin de la France...

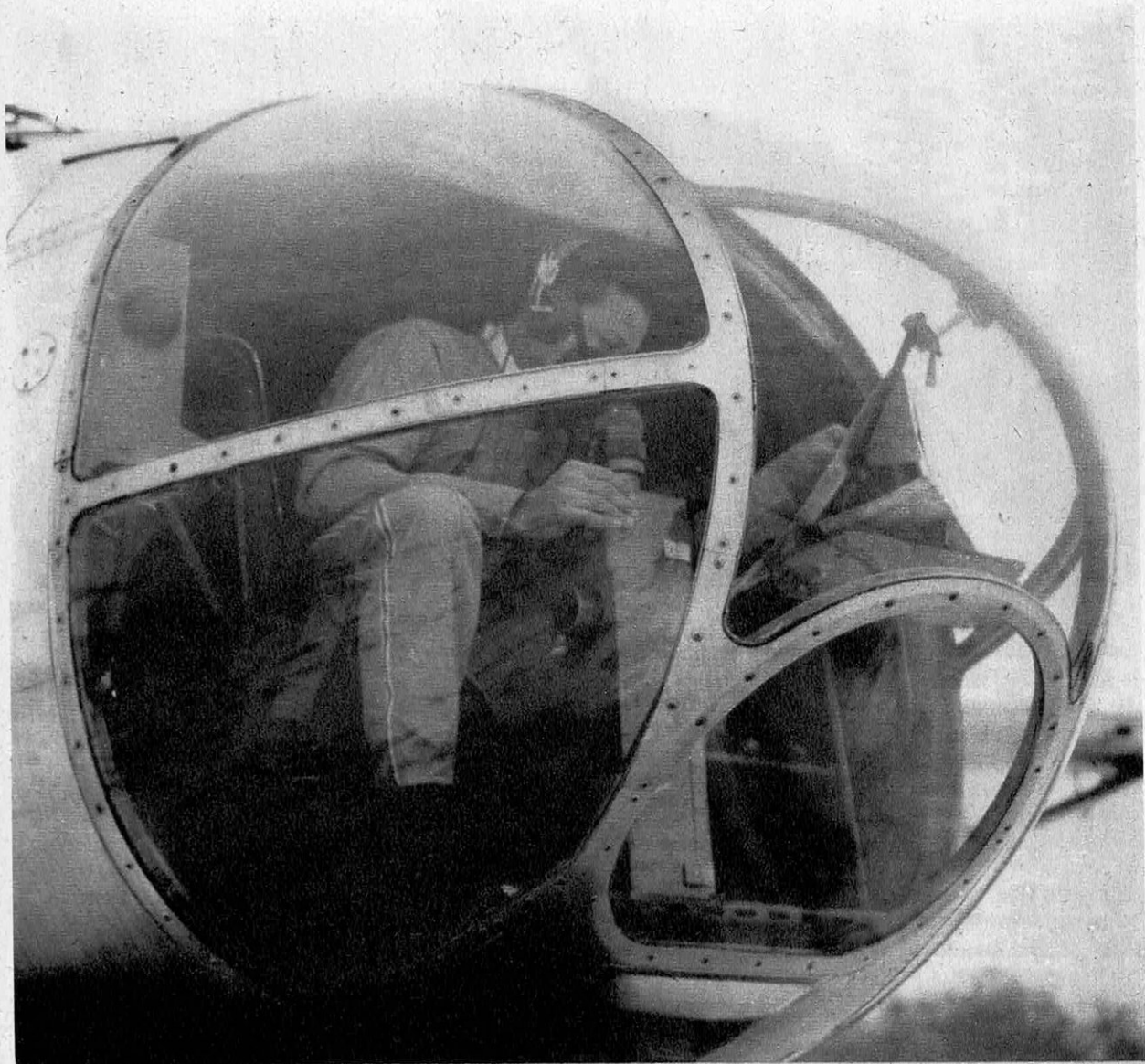
Quel que soit le travail qui reste à faire pour l'interprétation des photos et leur recouplement avant qu'une carte puisse être établie, le rôle de l'avion est ici essentiel.

LES BOMBARDIERS A EAU

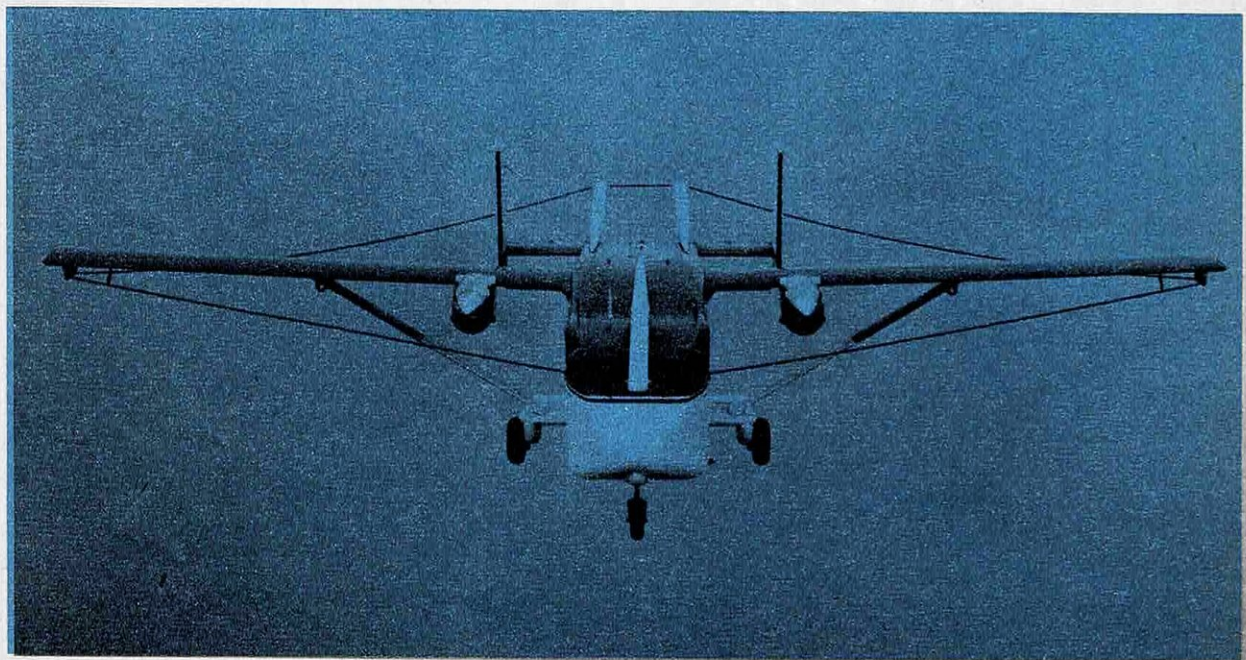
Chaque été, dans les régions méditerranéennes, l'affaire est à l'ordre du jour. Un



Par beau temps, l'avion photographe peut littéralement balayer des régions entières et rapporter des vues qu'aucun autre moyen ne permet d'obtenir. L'Institut Géographique National dispose à cet effet de Hurel-Dubois HD 34 d'une autonomie de 10 heures.



Un avion, tel ce Short Skyvan spécialement équipé, pourra, en survolant une région donnée, détecter toute perturbation du champ magnétique terrestre. Ainsi pourra être décelée la présence jusque-là insoupçonnée de gisements métallifères ou pétroliers.



peu partout des foyers d'incendie se développent. Au sol, il est souvent très difficile de les localiser, de connaître leur développement et, enfin, de les maîtriser. Le « bombardier à eau » apporte ici un précieux concours. Pour peu que les liaisons radio avec le sol soient maintenues, il peut rendre d'immenses services. Le bombardement des foyers d'incendie présente, comme le travail agricole, de grands dangers, surtout en terrain tourmenté. Les équipages de la protection civile française connaissent, il est vrai, parfaitement leur métier.

En fait, lorsqu'il le faut, de tels avions sont appelés à l'aide un peu partout dans le monde. La mission consiste à décoller sur alerte, les pleins d'eau faits, à attaquer le sinistre puis à retourner vers la mer ou un plan d'eau convenable, afin de refaire le plein. Pour cela, le fond de l'appareil amphibie présente une écope qui, en quelques dizaines de secondes, remplit les soutes à eau. Dans le même temps, l'appareil s'alourdit de quelques tonnes dont il s'allègera en deux secondes au-dessus du foyer d'incendie. Le largage se fait parfois dans des conditions difficiles et il aide alors grandement l'avion à se dégager, au ras d'une colline.

MILLE TRAVAUX DIVERS

La chasse aux moustiques a permis, grâce à l'avion notamment, l'épuration de la côte Languedoc-Roussillon. Sans elle, l'implantation en cours d'énormes complexes touristiques aurait été impensable.

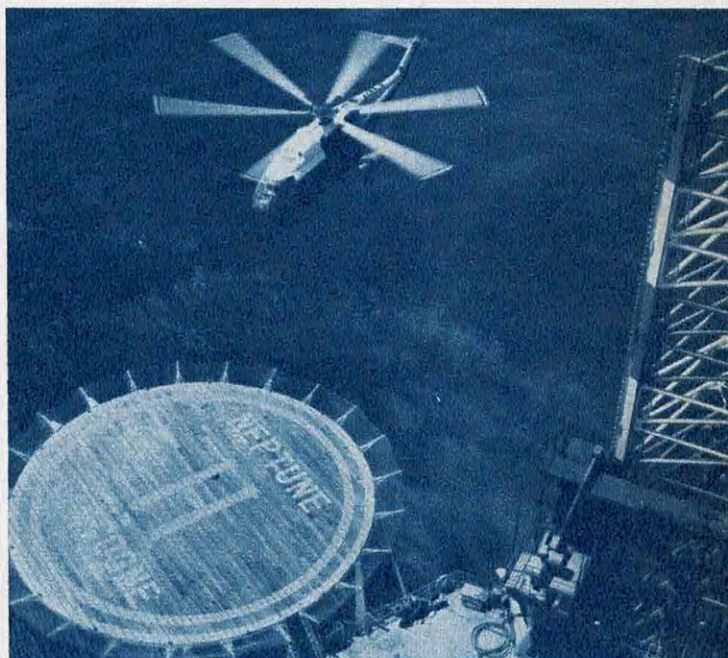
La lutte contre les champignons parasites, en agriculture ou sylviculture, est surtout l'affaire de l'hélicoptère. En vol stationnaire, le souffle du rotor facilite la pénétration des pesticides dans l'organisme végétal à combattre.

La publicité aérienne va du remorquage de panneaux au-dessus des villes, ou en été le long des plages, à l'émission de fumées, véritable écriture dans le ciel (lorsque celui-ci est exempt de nuages et que le vent est faible).

La recherche minière fait appel à des avions ou des hélicoptères, lesquels peuvent traîner derrière eux des magnétomètres qui décèlent les modifications du champ magnétique terrestre, souvent caractéristiques d'un gisement de minerais ou d'une nappe de pétrole. A propos de pétrole, pensons aux plateformes de prospection installées au large des côtes. L'hélicoptère apporte à ces « isolés » le ravitaillement en matériel, transporte

Les capacités propres de l'hélicoptère (vol stationnaire en particulier) sont mises à profit dans de nombreux cas. Ci-dessous, un Super Frelon récupère un autre hélicoptère accidenté en haute montagne au cours d'une mission périlleuse.

Les stations de forage pétrolier en mer se font de plus en plus nombreuses. Le ravitaillement de ces stations dépend de très nombreuses rotations d'hélicoptères. C'est pourquoi les plates-formes de conception récente disposent toutes d'un héliport.



hommes et techniciens de relève, et procède aux inévitables évacuations médicales.

La surveillance des pipe-lines ou des lignes de force électrique utilise des avions légers à faible vitesse ou des hélicoptères.

Dans les ports, avions et hélicoptères effectuent d'importantes missions de détection d'ensablement (estuaires ou chenaux). Dans certaines conditions d'éclairage, le relèvement des fonds marins est facile. Il prépare le travail des dragues.

Dans le Grand Nord, la chasse des animaux à fourrure est grandement facilitée par l'observation aérienne. Celle-ci permet de suivre les animaux et d'aller tendre des pièges avec plus de chances de succès.

En période de vacances, la Protection civile française dispose d'hélicoptères qui survolent régulièrement les côtes. Ainsi peut-on détecter un nageur imprudent ou, quand le temps vient à se gâter, un bateau de plaisance éloigné.

Le sauvetage en montagne est devenu monnaie courante et permet, lui aussi, de sauver de nombreux imprudents. L'avion et l'hélicoptère se partagent ce travail, le second cédant la place au premier lorsque le simple atterrissage sur la neige est possible. L'avion

est aussi fort intéressant dès qu'il s'agit de déposer des skieurs confirmés au plus haut des champs de neige.

La médecine ne manque pas de faire appel à l'avion et à l'hélicoptère. L'évacuation rapide des blessés de la route est en France une des activités essentielles de la Gendarmerie et de la Protection civile. Dans les grands espaces du continent australien, le médecin se rend auprès de ses patients en avion. Le cas échéant, l'évacuation vers les hôpitaux des grandes villes emprunte la même voie.

En montagne, lorsqu'il s'agit de construire un refuge ou de faire courir une ligne de force électrique, l'hélicoptère apporte son concours. Matériaux de construction, béton préparé dans la vallée, tout arrive à pied d'œuvre dans le minimum de temps. Il y a encore une quinzaine d'années, des jours, voire des semaines, étaient nécessaires pour le même travail de transport.

Cette revue trop succincte des travaux dont l'avion ou l'hélicoptère se chargent quotidiennement montre, au moins, que la destruction n'est pas le seul domaine où le vol ait permis des progrès décisifs...

Jacques GAMBU

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 (1970). Prix F 7,50.

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 éd. 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 transsonique et en supersonique. Précisions sur les notions d'altitude et de vitesse. Les équations du vol. Considérations sur l'équation de sustentation. Calcul des performances (principe des diverses méthodes). Puissances utilisables et nécessaires. Poussée utilisable et nécessaire (précisions sur les définitions). Caractéristiques du vol en palier. Avions à hélices. Aérodynes à réaction. Étude du virage. Le vol sans moteur. Les accélérations longitudinales. La montée à vitesse pratiquement constante. La montée à vitesse variable. Décollage et atterrissage. Distance franchissable. Autonomie. Exemples de problèmes d'optimisation d'avions de transport. Notions élémentaires sur la stabilité et la maniabilité. Les phénomènes limitant les performances. **Annexe:** La propulsion par l'hélice. Méthode graphique d'exploitation de l'équation de sustentation. Recherche d'une loi de montée optimum. Quelques remarques sur les

performances des véhicules hypersoniques terrestres. Exercices de calculs des performances. Aabaques et tableaux numériques. 468 p. 16 x 25, 344 fig., 17 planches, relié, 2^e éd. 1969 ... F 169,00

MÉCANIQUE DU VOL. Les qualités de vol des avions et des engins. — Lecomte P. — Définitions et équations générales. L'équilibre longitudinal. Stabilité dynamique longitudinale. Le mouvement longitudinal: Comportement gouverne libre. La compensation. Synthèses et exigences. L'équilibre transversal. Stabilité dynamique transversale. Le mouvement transversal: Comportement gouverne libres. La compensation. Synthèses et exigences. Les petits mouvements: Séparation des mouvements. Mouvement longitudinal et mouvement transversal: Étude des petits mouvements autour du vol rectiligne. Les méthodes harmoniques. La représentation vectorielle. Le décrochage. La virille. Les problèmes liés à la vitesse. Compensation. Aérodorsion. L'influence de nombre de Mach et de la vitesse de roulis sur les qualités de vol. Remarques sur le cas des engins. 400 p. 19 x 28, 280 fig., relié toile, 1962 F 103,00

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 éd., 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. Hydravion. Principaux instruments de bord. 358 p. 14 x 22, 324 fig., 3^e éd. 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 36,00

CONSTRUCTION-MOTEURS

FABRICATION DES AVIONS ET MISSILES. Guibert M.P. — Le plan de fabrication: Établissement, représentation et exploitation. Généralités sur l'outillage. La fabrication des pièces détachées: Traçage, perçage, mise au contour. Formage. Profilage, cintrage. Forgeage, filage, fonderie. Fraisage à longue course. États de surface. Usinage par écinclage et par ultrasons: usinage chimique. Traitement. **L'assemblage:** Rivetage. Soudage. Collage. Nids d'abeilles. Matériaux composites et plastiques. Le montage des ensembles. Cadencement des opérations. Outillages d'assemblage. **L'aménagement et le montage final:** Équipement des ensembles. Chaînes de montage final; atelier de piste. L'interchangeabilité. Le contrôle technique. Les fabrications spéciales. **L'évolution des fabrications aéronautiques:** Évolution due aux matériaux et demi-produits; évolution de l'outillage, des pro-

cédés, des machines. Évolution de la technique avion; mur de la chaleur. Avions hypersoniques. Fabrication des missiles. 848 p. 19 x 27, 693 fig., relié toile. 1960 F 131,00

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 autoproducteurs 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 46,20

ÉLÉMENTS DE CALCUL DE CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE. — Guillemin P.

Technique. 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. Poutres 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 39,00

LE TURBORÉACTEUR ET AUTRES MOTEURS A RÉACTION. Kalin 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, statoréacteurs, 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. Propulsion 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, nombre fig., 2^e édit., relié, 1952 F 66,00

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 1221-Djinn. Hélicoptère Sud-Aviation 3210-Super-Frelon. Aperçu sur quelques hélicoptères étrangers. 208 p. 16 x 24, 109 fig., 1963 F 25,00

PILOTAGE - NAVIGATION

MANUEL DU BREVET DE PILOTE PRIVÉ D'AVION.

Tome I Le voyage aérien (Livres 1, 2, 3). Belliard R., Forgeat R. et Hémond A. — **Météorologie:** La nature de l'atmosphère. Le vent. Les nuages et les précipitations. Les masses d'air; les fronts et les systèmes nuageux. Les phénomènes météorologiques et la sécurité du vol. Assistance 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., 5^e édit. revue et mise à jour, 1970 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 compoteur. 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 radionavigation:** 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, 1970 F 38,30

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, 3^e édit. 1969 F 27,75

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 33,00

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 20,00

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). — Séribian 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, 1968 F 10,00

LA RADIONAVIGATION (Préparation au brevet. Perfectionnement du pilote privé d'avion). — Séribian B. — **Les aides radio-électriques et leur utilisation:** Classification. La radiogoniométrie. Le virage standard. Le V.O.R.: les émetteurs, le récepteur, utilisation. La radio-compas 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, 1969 F 15,15

VOL A VOILE. Jacquet G. — **Éléments de technologie:** Fuselage, ailes, empenages et gouvernes, commandes, atterrisseurs, 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 véliole 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 26,70

RÉGLEMENTATION DE LA CIRCULATION AÉRIENNE à l'usage des candidats aux Brevets du Personnel Navigant de l'Aéronautique Civile. Fleckiakoska 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, 1971 F 28,00

LA MÉTÉOROLOGIE DU NAVIGANT. Viaut 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 Viaut 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. **Hostilités et paix (de 1914 à 1945).** Beauvois H. — La première guerre aérienne (1914-1918). Les applications civiles. L'aviation militaire. 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 135,00

L'AVIATION ET SON HISTOIRE. Joseph A. Préface et adaptation de Noetinger J. — Le miracle des ailes: de l'Antiquité au XVIII^e siècle. Le ballon: du XVIII^e à la fin du XIX^e siècle; de la Montgolfière aux premiers Zeppelins. L'apprentissage: le XIX^e siècle et les toutes premières années du XX^e siècle. Le bon départ. 1903-1914. Première guerre mondiale: 1914-1918. Les années Vingt. Les années Trente. Deuxième guerre mondiale. Triomphe allié: 1942-1945. L'après-guerre. Index de 1 500 mots. 416 p. 21,5 x 28,5. 500 illustr. dont 145 en couleurs, relié pleine toile. 1964 F 85,00

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. 1968 F 52,50

DICTIONNAIRE DE L'AÉRONAUTIQUE en six langues: français, anglais, espagnol, italien, portugais et allemand, préparé et classé d'après l'ordre alphabétique des mots anglais. Dorian A.-F. et Osenton J. — Ce dictionnaire polyglotte comprend non seulement tous les termes directement applicables à l'aéronautique, tels ceux de l'aérodynamique, de la technologie des turbines et des moteurs à explosion ou des cellules d'avions, de la navigation aérienne, etc., mais également le vocabulaire utilisé dans les sciences connexes telles que les radio-communications, la météorologie, l'électronique, la mécanique appliquée et les mathématiques. 850 p. 16 x 25. Relié toile, 1964 F 135,00

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.

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.



INTRODUCTION AU PILOTAGE

280 pages, 200 figures

26,70 F



NAVIGATION AÉRIENNE à l'usage du pilote privé

280 pages, cartes en couleurs,
150 figures

38,30 F



VOL A VOILE

238 pages, 151 figures

26,70 F

3 ouvrages agréés par le S. F. A.

Éditions AMPHORA : 14, rue de l'Odéon - Paris-6^e

Frais de port 12 % en sus

**POUR TOUS VOS DÉPLACEMENTS D'AFFAIRES OU D'AGRÉMENT
ÉCONOMISEZ TEMPS ET ARGENT EN CHOISISANT LE HR 100/200**



- Moteur Lycoming 200 ch à injection.
- Hélice Hartzell à pas variable automatique.
- Charge utile : 500 kg.
- Plafond pratique : 5 100 m.
- Vitesse de croisière meilleure altitude, 8 000 feet, 274 km/h.
- Autonomie avec réservoir supplémentaire avec réserve 1 h, 3 000 km.
- Présentation sans engagement sur le terrain de votre choix.

AVIONS PIERRE ROBIN - Aérodrome de DIJON-DAROIS

Adresse courrier B.P. 38 - 21 - DIJON - Tél. : 16 (80) 35-40-40 - Télex : 35 818



AEROSPATIALE
AEROSPATIALE
AEROSPATIALE
AEROSPATIALE
AEROSPATIALE
AEROSPATIALE

CONCORDE

Conçu et réalisé par
AEROSPATIALE et **BRITISH AIRCRAFT CORPORATION**
Quadriréacteur de transport MACH 2 d'une technologie de pointe

**1^{re} ENTREPRISE AEROSPATIALE DU MARCHE
COMMUN - EFFECTIF : 42 000 PERSONNES**

37, BOUL. DE MONTMORENCY, PARIS 16^e - 224.84.00

A 300 B construit par **AEROSPATIALE** en coopération avec
**DEUTSCHE AIRBUS - HAWKER SIDDELEY - FOKKER /
V.F.W.**

- Le biréacteur de la nouvelle génération
- Fuselage de grandes dimensions
- Moteurs d'une technologie très évoluée, à haut taux de dilution
- Conteneurs de fret interchangeables avec ceux du Boeing 747, du Douglas DC 10 et du Lockheed 1011.

