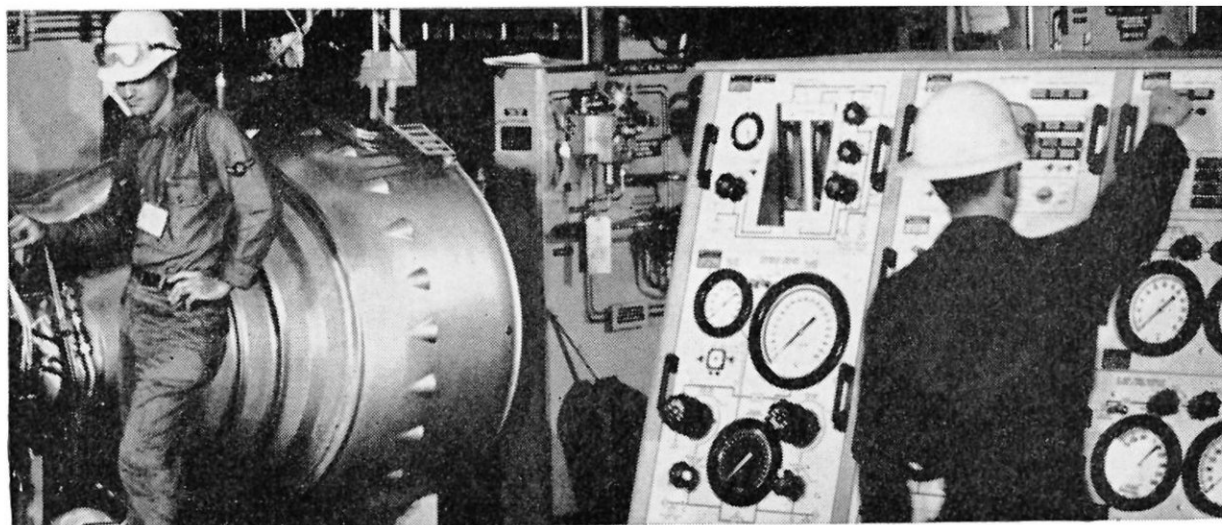


SCIENCE
VIE
et
ÉDITION TRIMESTRIELLE N° 78 4 F

AVIATION 67



NUMÉRO HORS SÉRIE



importance primordiale DES SEMI-CONDUCTEURS ET TRANSISTORS à l'ère de l'espace

En effet, les performances exigées des dispositifs électroniques qui équipent satellites et engins spatiaux sont incompatibles avec les possibilités restreintes des tubes classiques.

Seuls les semi-conducteurs et transistors se prêtent à la miniaturisation nécessaire, supportent en raison de leur faible inertie les efforts considérables dus à l'accélération lors du lancement de ces engins et possèdent la sensibilité voulue pour être commandés à des millions de kilomètres de distance.

C'est pourquoi il est plus rationnel de former des électroniciens en leur apprenant d'abord et surtout les techniques et applications des semi-conducteurs et transistors, et, en annexe, les principes et utilisations actuelles des tubes classiques.

C'est le but de notre cours : « SEMI-CONDUCTEURS, TRANSISTORS ET APPLICATIONS (SCT.O) ».

quelques
références

Des firmes comme :

S.O.M.E.S. (Sté d'Exploitation pour la mise en œuvre d'Engins Spatiaux)

C.I.T. (Cie Industrielle des Télécommunications)

S.N.E.C.M.A. (Sté Nationale d'Étude et de Construction de Moteurs Aéronautiques)

ont souscrit ce cours pour la formation de leurs techniciens.



Une documentation vous sera adressée, sans aucun engagement, sur demande à :

I.T.P. Service A1.69, rue de Chabrol, PARIS X^e, 770-81-14

BENELUX : **I. T. P.** Centre administratif — 5, Bellevue, **WEPION** (Namur)

CANADA : Institut **TECCART** — 3155, rue Hochelaga — **MONTREAL 4**

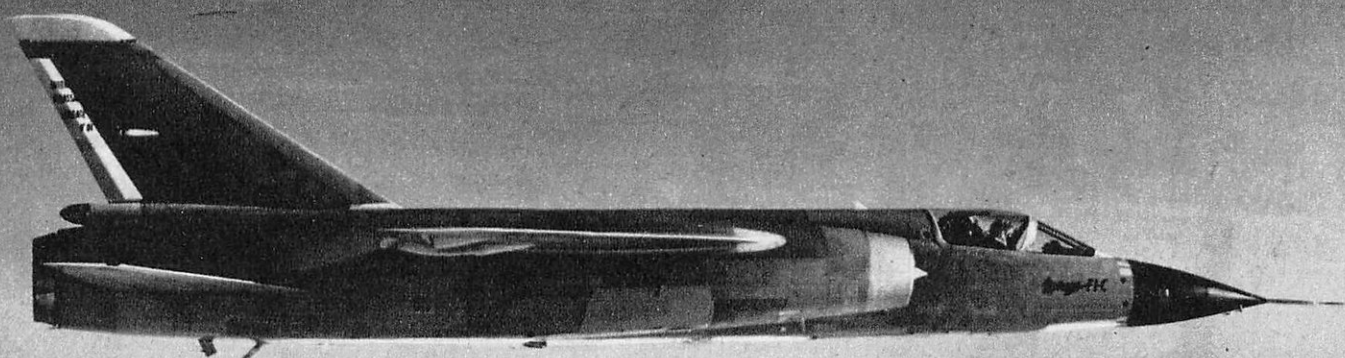
1967

ENFIN!!!

un nouvel avion

100% français

cellule, réacteur, équipements



MIRAGE F.1

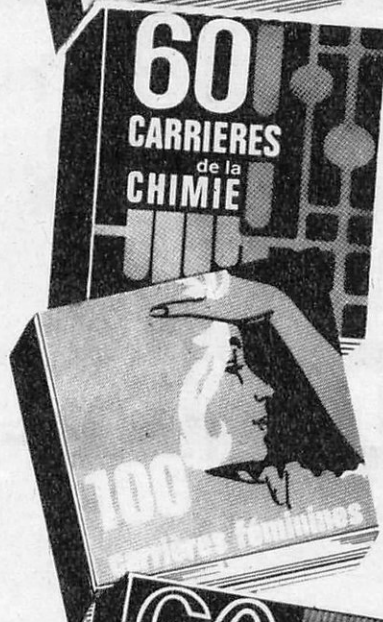


Candidats à une carrière d'avenir...



qu'attendez-vous pour :

L'UN DE CES
GUIDES DE
170 PAGES EST
GRATUIT
POUR VOUS



- 1 choisir une carrière et déterminer celle qui, tenant compte de votre caractère, vous apportera l'aisance financière et l'agrément de vivre ?
- 2 obtenir rapidement de l'avancement et acquérir, encore jeune, une situation enviable ?
- 3 vous assurer une situation stable et bien rémunérée ?
- 4 apprendre un métier nouveau si celui que vous exercez ne vous plaît pas ?

UNIECO (Union Internationale d'Ecoles par Correspondance) a été créée d'abord pour vous orienter, ensuite pour vous enseigner par correspondance le métier qui répond à votre ambition et qui convient à votre tempérament. Pour vous orienter dans la vie, pour vous apprendre un métier, pour améliorer vos connaissances, pour obtenir un avancement rapide, pour gagner plus, faites appel aux Services d'orientation et d'enseignement d'UNIECO qui ont déjà porté jusqu'au succès des milliers d'hommes et de femmes en Europe. Dans tous les cas, c'est réellement UNIECO l'organisation la mieux placée dont l'expérience est la plus renommée qui saura rapidement vous conduire vers LA carrière rémunératrice et considérée que vous enviez.

70 CARRIERES COMMERCIALES

Technicien du commerce extérieur - Technicien en étude de marché - Adjoint et chefs des relations publiques - Courtier publicitaire - Conseiller ou chef de publicité - sous-ingénieur commercial - Ingénieur directeur commercial - Ingénieur technico commercial - Attaché de presse - Journaliste - Documentaliste etc...

90 CARRIERES INDUSTRIELLES

Agent de planning - Analyste du travail - Dessinateur industriel - Dessinateur (calqueur - en construction mécanique - en construction métallique - en bâtiment et travaux publics - béton armé - en chauffage central) - Electricien - Esthéticien industriel - Agent et chef de bureau d'études - Moniteur auto-école - etc...

60 CARRIERES DE LA CHIMIE

Chimiste et aide chimiste - Laborantin industriel et médical - Agent de maîtrise d'installation chimiques - Agent de laboratoires cinématographique - Technicien en caoutchouc - Tech-

PARMI LES 380 CARRIERES ENSEIGNEES PAR UNIECO, UN BRILLANT AVENIR EST A LA PORTEE DE VOTRE MAIN.

nicien de transformation des matières plastiques - etc...

100 CARRIERES FEMININES

Etalagiste et chef étalagiste - Décoratrice ensemblier - Assistante secrétaire de médecin - Auxiliaire de jardin d'enfants - Esthéticienne - Visagiste - Manucure - Reporter photographe - Attaché de presse - Secrétaire commerciale, comptable, sociale, juridique, etc...

60 CARRIERES AGRICOLES

Sous-ingénieur agricole - Conseiller agricole - Directeur d'exploitation agricole - Chef de culture - Technicien en agronomie tropicale - Garde chasse - Jardinier - Fleuriste - Horticulteur - Entrepreneur de jardin paysagiste - Dessinateur paysagiste - Viticulteur - etc...

UNIECO propose sans AUCUN ENGAGEMENT de VOTRE PART

- A) de vous adresser gratuitement le guide en couleurs, illustré et cartonné de 170 pages que vous aurez choisi.
- B) de vous conseiller sur le choix d'une carrière.
- C) de vous documenter complètement sur la carrière envisagée.

BON -----
pour recevoir **GRATUITEMENT**
notre documentation complète et notre guide officiel
UNIECO sur les carrières

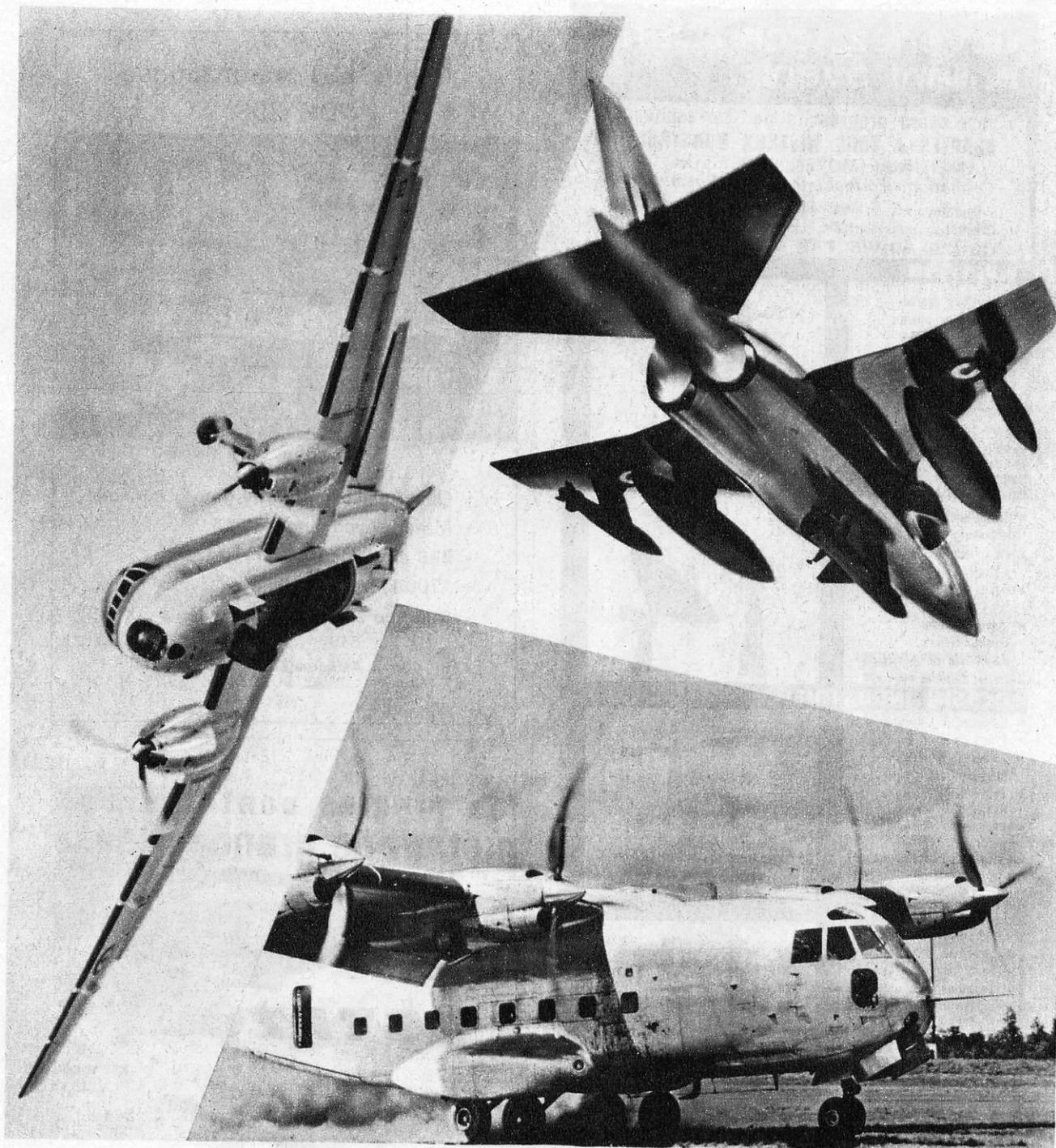
NOM

ADRESSE

(Ecrire en majuscules)



UNIECO 185 b RUE DE CARVILLE 76 ROUEN



*** BREGUET 1150 « Atlantic »**
Appareil de reconnaissance en haute mer
et de lutte anti-sous-marine

BREGUET 941 STOL
Avion de transport militaire
à décollage et atterrissage courts

*** JAGUAR**
Biréacteur supersonique
école de combat et appui tactique

*Coopération internationale

construits par

*Coopération avec British Aircraft Corporation

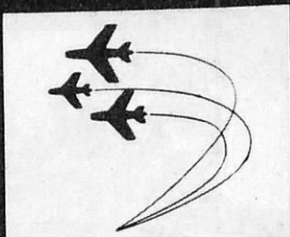
BREGUET AVIATION

devenez technicien... brillant avenir...

par les **cours progressifs par correspondance**
ADAPTÉS A TOUS NIVEAUX D'INSTRUCTION
 ÉLÉMENTAIRE, MOYEN, SUPÉRIEUR.
Formation - Perfectionnement - Spécialisation.
 Préparation aux diplômes d'Etat : **CAP - BP - BTS**, etc.
 Orientation professionnelle - Placement
COURS SUIVIS PAR CADRES E.D.F.

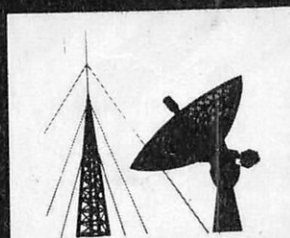
AVIATION

- ★ Pilote (tous degrés).
(Vol aux instruments).
 - ★ Instructeur-Pilote.
 - ★ Brevet Élémentaire des Sports Aériens
 - ★ Concours Armée de l'Air
 - ★ Mécanicien et Technicien.
 - ★ Agent technique.
- Pratique au sol et en vol au sein des aéro-clubs régionaux*



ELECTRONIQUE

- ★ Radio Technicien
(monteur, chef monteur, dépanneur-aligreur-metteur au point)
- ★ Agent technique et Sous-Ingénieur
- ★ Ingénieur Radio Electronicien.

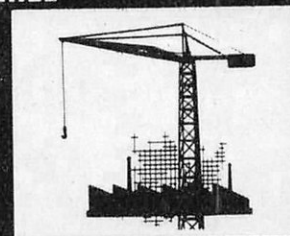


TRAVAUX PRATIQUES

Matériel d'études-outillage

DESSIN INDUSTRIEL

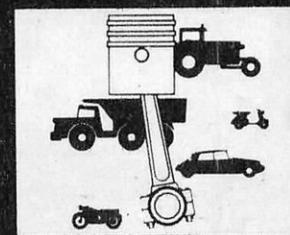
- ★ Calqueur-Détaillant.
- ★ Exécution
- ★ Etudes et projeteur-Chef d'études
- ★ Technicien de bureau d'études
- ★ Ingénieur - Mécanique générale



Tous nos cours sont conformes aux nouvelles conventions normalisées. (AFNOR)

AUTOMOBILE

- ★ Mécanicien Electricien
- ★ Diéseliste et Motoriste
- ★ Agent technique et Sous Ingénieur Automobile
- ★ Ingénieur en Automobile



sans engagement, demandez la documentation gratuite SV A2 en spécifiant la section choisie (joindre 4 timbres pour frais)

infra

ÉCOLE PRATIQUE POLYTECHNIQUE DES TECHNICIENS ET CADRES

24, RUE JEAN-MERMOZ • PARIS 8^e • Tél. : 225 74-65
 Métro : Saint-Philippe du Roule et F. D. Roosevelt - Champs-Élysées

BON

Veuillez m'adresser sans engagement la documentation gratuite (ci-joint 4 timbres pour frais d'envoi) SV A2

A DÉCOUPER
OU
A RECOPIER

Section choisie
NOM
ADRESSE



Centre EST Aéronautique DR 253



Photo Air-Labor Darois 21-Dijon

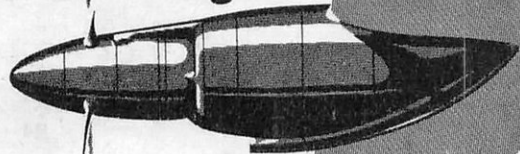
- Quadriplace rapide de grand tourisme
- Moteur Lycoming 180 ch
- 260 km/h de croisière
- 1200 km d'essence
- Garantie cellule 1 an (limitée à 500 h)

BP 40
21 Dijon

Aérodrome DAROIS
VAL SUZON

Tél.
35.29.18/19

les progrès continus d'un moteur de grande classe



l'ASTAZOU

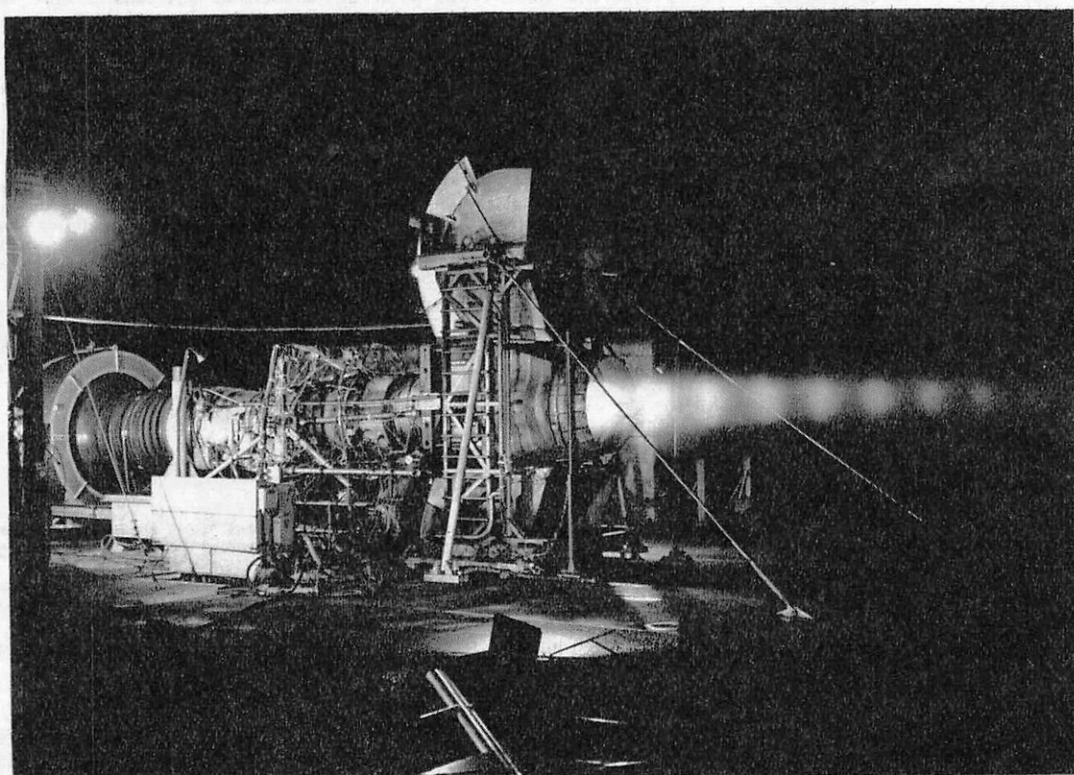
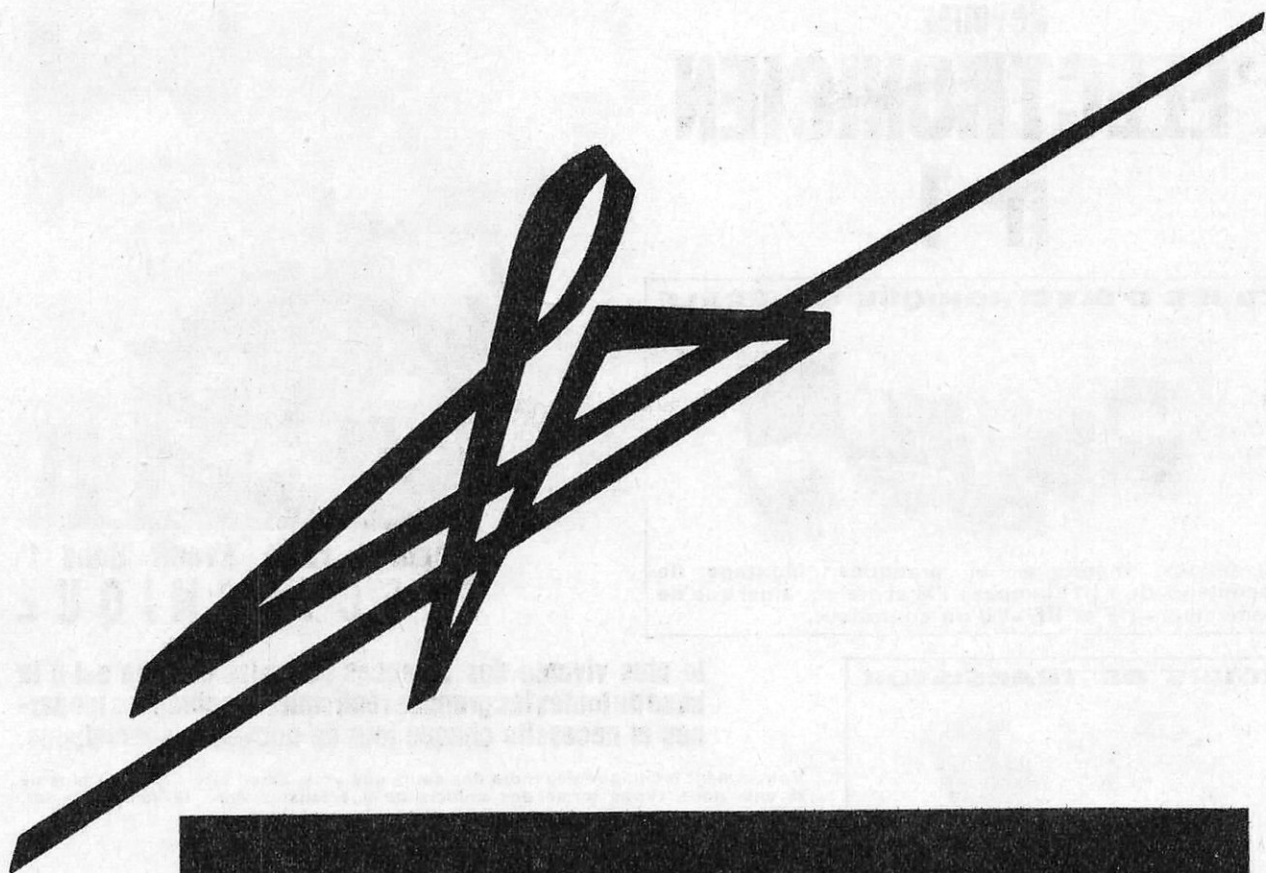


**détenteur
de 10 records
internationaux**



TURBOMECA

64. BORDES - FRANCE

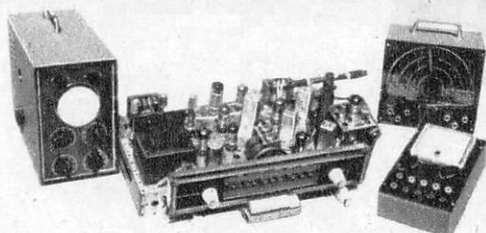


Turboréacteur OLYMPUS 593 au banc d'essais

SNECMA
FRANCE

devenez L'ELECTRONICIEN n° 1

COURS D'ÉLECTRONIQUE GÉNÉRALE



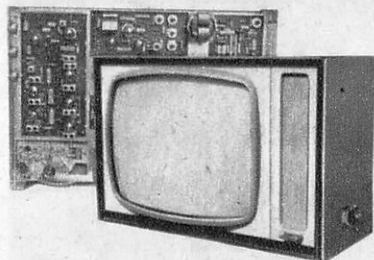
70 leçons, théoriques et pratiques. Montage de récepteurs de 5 à 11 lampes : FM et stéréo, ainsi que de générateurs HF et BF et d'un contrôleur.

COURS DE TRANSISTOR

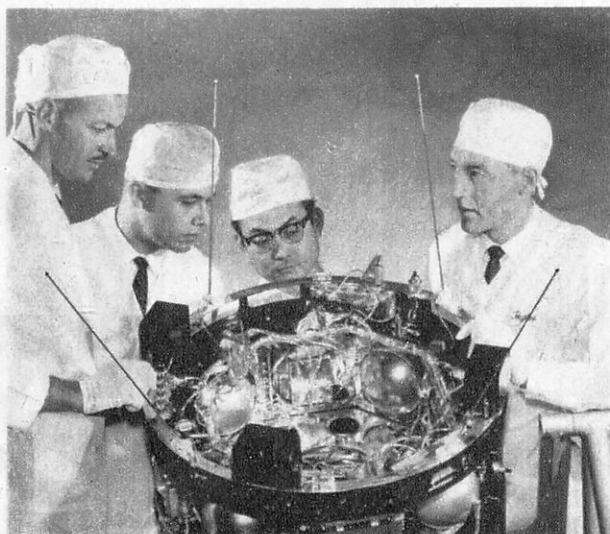


70 leçons, théoriques et pratiques. 40 expériences. Montage d'un transistoromètre et d'un récepteur à 7 transistors, 3 gammes.

COURS DE TÉLÉVISION



40 leçons, théoriques et pratiques. Noir et couleur. Montage d'un récepteur 2 chaînes à grand écran.



Préparez votre Avenir dans l' ELECTRONIQUE

la plus vivante des Sciences actuelles car elle est à la base de toutes les grandes réalisations techniques modernes et nécessite chaque jour de nouveaux spécialistes.

Votre valeur technique dépendra des cours que vous aurez suivis. Depuis plus de 25 ans, nous avons formé des milliers de spécialistes dans le monde entier. Faites comme eux et découvrez l'attrait passionnant de la

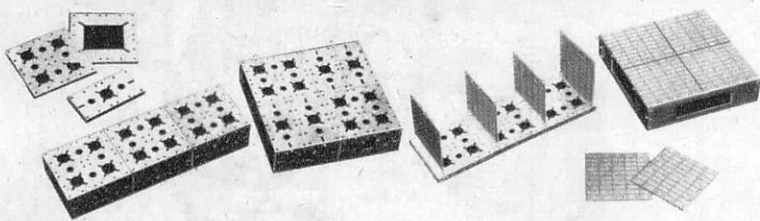
MÉTHODE PROGRESSIVE

pour préparer votre Avenir. Elle a fait ses preuves, car elle est claire, facile et pratique.

Tous nos cours sont conçus pour être étudiés FACILEMENT chez SOI :

- La THÉORIE avec des leçons grand format très illustrées.
- La PRATIQUE avec un véritable laboratoire qui restera votre propriété.

En plus des composants électroniques, vous recevrez nos **PLATINES FONCTIONNELLES**, qui permettent de monter en quelques minutes le support idéal pour n'importe quelle réalisation électronique à lampes - pour les transistors les nouveaux **CIRCUITS IMPRIMÉS MCS** (module connexion service).



Seul l'INSTITUT ELECTORADIO peut vous fournir ces précieux éléments spécialement conçus pour l'étude ; ils facilitent les travaux pratiques et permettent de créer de nouveaux modèles.

Quelle que soit votre formation, **SANS ENGAGEMENT** et **SANS VERSEMENT PRÉALABLE**, vous choisirez dans notre programme le cours dont vous avez besoin.

AVEC L'INSTITUT ELECTORADIO VOUS AUREZ LA GARANTIE D'UNE LONGUE EXPÉRIENCE

Notre Service Technique est toujours à votre disposition gratuitement.

DÉCOUPEZ (OU RECOPIEZ) ET POSTEZ TOUT DE SUITE LE BON CI-DESSOUS

Veuillez m'envoyer vos 2 manuels en couleurs sur la **Méthode Progressive** pour apprendre l'électronique.

Nom

Adresse

Ville

Département

(Ci-joint 2 timbres pour frais d'envoi)

V



GRATUIT



INSTITUT ELECTORADIO
- 26, RUE BOILEAU, PARIS (XVI^e)

Désormais réparez un pneu crevé en 2 minutes sans changer la roue

BOMBE DE SECOURS POUR CREVAISON

LA CREVAISON SE PRODUIT TOUJOURS AU MOMENT OU L'ON S'Y ATTEND LE MOINS.

Que ce soit sur une grande artère où l'on a semé des clous ou sur un chemin de montagne éloigné de toute localité, ou sur une route bombée, ou en pleine ville avec des voitures dans tous les sens, ou la nuit, ou en plein hiver, la crevaison, même avec une voiture neuve, se produit généralement au moment précis où vous êtes pressé. Avec la bombe VULCA-FIX, vous descendez de voiture et instantanément vous obtenez et vous regonflez votre pneu avec ou sans chambre à air. L'opération "réparation éclair" se fait en un clin d'œil. Vous en serez stupéfait.

active composée de fibres d'amiante et de caoutchouc butylisé qui agit sur le pneu et provoque instantanément l'obturation. La bombe VULCA-FIX est peu encombrante (Poids : 400 grs, Longueur : 16 cm), elle tient facilement dans la poche de votre portière ou dans votre boîte à gants.

SIMPLICITE DE MECANISME.

La mousse super-active est insufflée, par pression, dans le pneu et est projetée vers le point de perforation, puis s'agglomère en formant un bouchon solidifié indestructible. Grâce à l'amalgame surcomprimé contenu dans la bombe le pneu se regonfle; c'est ainsi que toute fuite étant éliminée vous pouvez repartir sans le moindre risque de voir votre pneu se dégonfler à nouveau.



VOTRE FEMME AUSSI SERA ENCHANTÉE!

90% des femmes ne savent pas démonter une roue et encore moins la remonter. Admettez-vous que votre femme s'expose à rester, impuissante, sur une route déserte? VULCA-FIX lui rendra bonne humeur et confiance en elle. Elle partira sur la route, de jour comme de nuit, consciente de la facilité avec laquelle elle pourra opérer avec VULCA-FIX; même votre fils de 7 ans pourra s'en servir, et il ne vous faudra que quelques minutes pour lui apprendre.

VULCA-FIX C'EST (RÉELLEMENT) L'INVENTION AUTOMOBILE LA PLUS REMARQUABLE DE CES DERNIÈRES ANNÉES.

La bombe VULCA-FIX est un robuste cylindre en duralumin dont l'orifice est scellé par une valve brevetée dans tous les pays, absolument inimitable; la bombe contient une mousse super-

- Plus besoin de cric et d'outils
- Plus besoin de changer la roue
- Répare les pneus avec ou sans chambre à air
- Pas d'effort musculaire
- Aucun risque de se salir
- Une opération qui dure 2 minutes
- Sans action nocive pour le pneu
- Un prix d'achat à la portée de tous (16,-)
- Une garantie totale

VULCA-FIX EST AUSSI EFFICACE POUR LES PNEUS AVEC OU SANS CHAMBRE A AIR.

C'est là que réside la supériorité de VULCA-FIX. La bombe s'adapte sur tous les pneus américains, français, allemands, italiens, suédois, avec ou sans chambre à air. C'est une invention universelle, indispensable aux centaines de millions d'automobilistes qui sillonnent les routes du monde, utilisable pour les pneus avec ou sans chambre à air de voitures, camions, motos, tracteurs.

16

GARANTIE

Garantie de remboursement en cas de non satisfaction et contre tout vice de fabrication

2 POUR 28F

DÉCOUPEZ ET POSTEZ CE BON DES AUJOURD'HUI

BON
A ADRESSER A
EUROMAR
50, rue des
Entrepreneurs
PARIS 15ème.

Veuillez m'envoyer par retour 1 ou... Vulca-Fix avec le bon de garantie totale (satisfait ou remboursé). (Choisissez ci-dessous le mode de règlement).

- ☐ Ci joint avis de virement, (3 volets C.C.P. N° 19284-09 Paris.) mandat lettre, chèque bancaire
- ☐ Contre remboursement (frais de port en plus)

NOM

PRÉNOM

ADRESSE

VILLE

DEPT.

Ecrire le plus lisiblement possible en caractères d'imprimerie.

SV 30



**POUR 50 FR\$
PAR MOIS SEULEMENT**



Grâce à la
Longue-vue interplanétaire
PERSEE,
chef-d'œuvre de
perfection technique.

...Découvrez les merveilles du ciel et des horizons terrestres

PERSEE n'est pas un appareil de maniement complexe, rebutant pour un profane. Il passionne aussi bien le spécialiste des recherches astrales, terrestres ou maritimes, que le simple amateur qui veut s'initier à la splendeur des étoiles, entrevoir la Planète **MARS** et profiter de la séduction des sites lointains, sur mer ou sur terre.

PARTICIPEZ A LA VIE QUI SE DÉROULE A PLUSIEURS KILOMÈTRES DE VOUS.

De votre domicile, grâce à **PERSEE**, vous pénétrerez dans l'intimité des gens qui habitent à l'autre bout de la ville, de votre maison de campagne vous analyserez tout près, le comportement des oiseaux et des animaux sauvages, sur le rivage vous participerez à la vie de bord des passagers des bateaux. La longue-vue **PERSEE** sera pour vous une source de joie permanente et de découvertes sans cesse renouvelées.

POUR 50 F. PAR MOIS, EXPLOREZ, SANS VOUS DÉPLACER, LA GRANDE AVENTURE DU MONDE.

La Longue-vue **PERSEE** qui possède un objectif en fluorure de magnésium (utilisé par le Ranger VII qui réussit à photographier la Lune) vous apporte pour un prix modique une luminosité incomparable et un pouvoir de grossissement qui vous étonnera. Documentez-vous sans tarder car un cadeau de valeur est offert à tout acquéreur d'une Longue-Vue **PERSEE**. Retournez ce bon :

GARANTIES ET SUPÉRIORITÉ TECHNIQUE

- 3 oculaires interchangeables.
- 1 filtre jaune pour observer le sol de la Lune.
- 1 filtre iodé, pour observer le Soleil.
- 1 objectif achromatique 60 m/m de diamètre, en FLUORURE de MAGNÉSIMUM.
- 1 lunette de visée 24 x 5.
- 1 redresseur et filtre d'image.
- 1 crémaillère de précision pour la mise au point.
- 1 trépied de sol télescopique avec tablette pour poser tous les accessoires.
- orientation azimutal par vis micrométriques.
- livrée dans une belle mallette contenant la Longue-Vue et tous ses accessoires.

BON GRATUIT PRIORITAIRE

*Veillez m'adresser votre documentation en couleur et conditions de vente de la longue-vue **PERSEE**.*

NOM

ADRESSE

Ce bon est à envoyer à : **C. A. E.** (Dépt. PS V 4)
47, RUE RICHER - PARIS (9°)

Situation assurée

dans l'une
de ces

QUELLE QUE SOIT
VÔTRE INSTRUCTION
préparez un

DIPLÔME D'ÉTAT
C.A.P. - B.E.I. - B.P. - B.T.
INGÉNIEUR

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

branches techniques d'avenir

lucratives et sans chômage :

ÉLECTRONIQUE - ÉLECTRICITÉ - RADIO-
TÉLÉVISION - CHIMIE - MÉCANIQUE
AUTOMATION - AUTOMOBILE - AVIATION
ÉNERGIE NUCLÉAIRE - FROID
BÉTON ARMÉ - TRAVAUX PUBLICS
CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES - ETC.
ÉTUDE COMPLÈTE de TÉLÉVISION COULEUR

par correspondance et cours pratiques



Notre Labo. de Télécommunication



Notre Labo. d'Électronique Industrielle

Stages pratiques gratuits dans les Laboratoires de l'Etablissement — Possibilités d'allocations et de subventions par certains organismes familiaux ou professionnels - Toutes références d'Entreprises Nationales et Privées.

Pour les cours pratiques, Etablissement légalement ouvert par décision de Monsieur le Ministre de l'Education Nationale, Réf. n° ET5 4491.

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE A. 11à :



ECOLE TECHNIQUE
MOYENNE ET SUPÉRIEURE DE PARIS

36, rue Etienne-Marcel - Paris 2°

Pour nos élèves belges : BRUXELLES : 22, av. Huart-Hamoir - CHARLEROI : 64, bd Joseph II

3 SOLUTIONS POUR RÉUSSIR

▶ ELECTRONIQUE

6 cours s'offrent à vous qui vous enseigneront l'électronique en général, la radio, les techniques du transistor, des appareils de mesures, de la télévision en noir et en couleurs; 6 cours personnalisés plus ou moins "forts" selon le métier que vous désirez exercer.

▶ ELECTROTECHNIQUE

C'est une spécialisation originale aux débouchés multiples qui englobe les connaissances de toutes les applications de l'électricité : moteurs électriques, électroménager, circuits automobile, éclairage.

▶ PHOTOGRAPHIE

Choisissez parmi 3 cours conçus spécialement pour vous celui qui répond le mieux à vos aspirations. Désirez-vous devenir un professionnel chevronné ou un amateur éclairé ? Dans les 2 cas, EURELEC résout votre problème.

UNE GARANTIE

EURELEC est une filiale de la C.S.F., promoteur du procédé français de télévision en couleurs.

UNE TECHNIQUE D'ENSEIGNEMENT ORIGINALE

Cours théoriques et exercices pratiques se renforcent mutuellement et agrémentent les études.

Avec chaque cours, un important matériel vous est livré, sans supplément de prix. C'est ainsi que vous pourrez travailler chez vous, monter des appareils, créer votre atelier personnel en obtenant le maximum d'efficacité.

Le déroulement de vos études sera suivi par un professeur qui répondra à toutes vos questions, facilitera vos exercices pratiques et corrigera vos devoirs.

L'UNE DE CES 3 BROCHURES, à votre choix, vous sera adressée gratuitement sur simple demande

EURELEC

BON GRATUIT

à adresser à EURELEC 21-DIJON

■ Veuillez m'envoyer sans engagement votre brochure illustrée en couleurs n° SC 1-22

■ ☐ SUR L'ELECTRONIQUE ☐ SUR L'ELECTROTECHNIQUE
■ ☐ SUR LA PHOTOGRAPHIE

■ Nom.....

■ Adresse.....

■ Profession.....

■ Pour Paris : Hall d'information - 9, Bd Saint-Germain, Paris 5^e

■ Pour le Benelux : EURELEC - 11, rue des Deux-Eglises - BRUXELLES 4





AVIATION 67

numéro hors-série

sommaire

L'apparition prochaine d'appareils transportant plusieurs centaines de passagers et la mise en service de long-courriers supersoniques posent des problèmes urgents pour que l'infrastructure aéroportuaire puisse faire face à l'expansion rapide du trafic aérien. La conception même des aéroports est remise en question et nombre de projets spectaculaires, dont notre couverture s'est inspirée, voient le jour dans divers pays, préparant les solutions les mieux adaptées aux transports de masse des années qui viennent.

L'industrie aéronautique mondiale	12
Vingt-cinq ans de turboréacteurs	39
Transport aérien : les dix prochaines années	48
Une nouvelle génération d'aéroports	75
L'avenir du ciel européen	81
Les équipements de l'avion moderne	90
Les matériaux de l'aéronautique	98
VTOL ou STOL ?	106
Hélicoptères	115
Les avions de combat	121
Une guerre aérienne : le Vietnam	134
Missiles balistiques et antimissiles	144

Directeur général : Jacques Dupuy
Rédacteur en chef : Jean Bodet

Direction, Administration,
Rédaction : 5, rue de la Baume,
Paris-8^e. Tél. : Élysée 16-65.
Chèque postal : 91-07 PARIS.
Adresse télégr. : SIENVIE PARIS.

Publicité :

Excelsior Publicité
2, rue de la Baume, Paris (8^e).
Tél. : Élysée 87-46.

New York : Arsène Okun, 64-33,
99th Street Forest Hills, 74 N. Y.
Tél. : Twining 7.3381.

Londres : Louis Bloncourt,
17, Clifford Street,
London W. 1. Tél. : Regent 52-52.

TARIF DES ABONNEMENTS

POUR UN AN :	France et États d'expr. française	Étranger
12 parutions	25, — F.	30, — F.
12 parutions (envoi recom.)	37, — F.	53, — F.
12 parutions plus 4 numéros hors série	38, — F.	45, — F.
12 parutions plus 4 numéros hors série (envoi recom.)	55, — F.	76, — F.

Règlement des abonnements : SCIENCE ET VIE, 5, rue de la Baume, Paris C.C.P. PARIS 91-07 ou chèque bancaire. Pour l'Étranger par mandat international ou chèque payable à Paris. Changement d'adresse : poster la dernière bande et 0,50 F en timbres-poste.

Belgique et Grand-Duché (1 an)	Service ordinaire	FB 250
	Service combiné	FB 400
Hollande (1 an)	Service ordinaire	FB 250
	Service combiné	FB 400

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.

L'INDUSTRIE

Un pays a le rang de son aéronautique. Cette formule, dont l'industrie française a fait son slogan, est peut-être un peu dépassée au siècle de l'Espace et de l'Atome, mais le secteur aéronautique n'en reste pas moins l'une des activités-témoins des grands pays industrialisés.

L'industrie aéronautique est en mutation permanente et cela pour différentes raisons. D'abord parce que cette industrie a pour base une technique en évolution rapide. Ensuite parce que l'éventail des utilisations du matériel aérien s'élargit sans cesse, tant sur le plan civil que militaire. Enfin parce qu'il s'agit d'un secteur d'activité considéré un peu partout comme d'importance nationale et qui bénéficie de ce fait du soutien matériel effectif des gouvernements.

En effet, outre que les matériels aériens coûtent cher à importer, leur fabrication sur le plan national est un facteur certain de progrès technologique et leur exportation est des plus intéressante, financièrement et politiquement.

LE GÉANT AMÉRICAIN

Dans son ensemble, en englobant les constructeurs de cellules, de moteurs et d'équipements de toutes sortes, l'industrie aéronautique américaine emploie actuellement près d'un million et demi d'ingénieurs, techniciens et ouvriers spécialisés. Son chiffre d'affaires pour 1966 s'est élevé à 24 milliards de dollars, soit environ 108 milliards de francs. Fait remarquable, le chiffre d'affaires « avions » a augmenté de 22 % de 1965 à 1966, passant de 9,7 milliards de dollars à 11,8 milliards. Ces chiffres doivent encore être dépassés en 1967, ce qui prouve une fois de plus qu'après un palier correspondant à l'entrée en service des missiles, l'avion a repris ses droits dans le domaine militaire.

Avec pour seule concurrente significative l'industrie soviétique, dont les débouchés à l'exportation sont encore très limités, l'indus-



MONDIALE





trie aéronautique américaine domine nettement les marchés mondiaux dans pratiquement toutes les catégories de matériels aériens. L'explication de cette prédominance est simple : le marché américain, civil et militaire, est tel que les commandes d'exportation peuvent être considérées comme un appoint souhaitable mais non nécessaire pour qu'une chaîne de production atteigne son seuil de rentabilité. A titre d'exemple, précisons que le tiers environ des transports civils construits par Boeing a été vendu à l'intérieur des U.S.A. alors que le marché français n'a pas absorbé le sixième des Caravelle produites. Et c'est déjà là un résultat remarquable, à peu près unique en Europe.

Avec 130 000 employés — non compris les 13 000 de sa division « hélicoptères » — Boeing venait jusqu'ici loin en tête des constructeurs américains par son importance. Cette suprématie a été remise en cause récemment par la fusion de la Douglas Aircraft Company et de la McDonnell Aircraft Corporation en un autre ensemble géant de volume à peu près équivalent.

Depuis la création — à ses risques — du prototype de son Model 707, Boeing est devenu le spécialiste mondial des avions de transport lourds à réaction. Plus de 1 500 exemplaires des Boeing 707, 727, 737 et 747 ont été commandés à ce jour. Si le 707 a bénéficié, dans ses premières versions tout au moins, des travaux menés sur les C-135 militaires, les autres modèles ont été développés entièrement aux frais de Boeing.

Les principales installations industrielles de Boeing sont implantées dans la région de Seattle, autour du lac Washington. Aux ate-

Construit en grande série pour l'U.S. Air Force, le quadri-moteur lourd Lockheed C-141 Starlifter, de 144 tonnes au décol-

lage avec 31 tonnes de charge payante, a été aussi commandé par des transporteurs civils américains spécialisés dans le trafic de fret.

liers de Seattle et de Renton d'où sortent actuellement les Boeing 707 et 727 à la cadence respective de deux et trois avions par mois, vont venir s'ajouter des usines nouvelles, rendues nécessaires par les programmes en cours de lancement, le biréacteur 737, l'avion géant 747, le transport supersonique 2707 plus tard.

Boeing possède d'autres ensembles industriels à la Nouvelle-Orléans, Huntsville et Cap Kennedy, destinés aux programmes de fusées civiles (Saturn V) et militaires (Minuteman).

La division hélicoptères *Boeing-Vertol*, née en 1960 du rachat de la Vertol Aircraft Corporation, groupe actuellement 13 000 employés. Elle se consacre presque entièrement à la production en série d'hélicoptères de transport militaire à deux rotors en tandem, et notamment du Chinook CH-47 dont près de 300 unités ont été livrées.

Produisant plusieurs types d'avions civils et militaires ainsi que des fusées et missiles, la *Douglas Aircraft Company* ne s'en est pas moins trouvée il y a quelques mois dans une situation financière désespérée car elle ne pouvait plus faire face aux investissements consécutifs aux nouvelles commandes reçues. La solution a été une fusion avec la McDonnell Aircraft Corporation, qui cherchait depuis longtemps déjà une occasion de sortir de sa spécialisation, les appa-



Au Vietnam, la guerre subversive impose certaines armes spécifiquement adaptées, telles le North-American OV-10A: décol-

lage court sur terrain sommaire, grande manœuvrabilité à basse altitude, armement de bombes et mitrailleurs ou engins air-sol.

reils de combat. Ainsi est née la McDonnell-Douglas Aircraft Corporation qui, avec 130 000 employés environ, dispute à Boeing la place de tête.

Créée en Californie en 1920, la Douglas Aircraft a, depuis, réparti ses usines un peu partout sur le territoire des U.S.A. Ses activités sont divisées entre le Missile and Space Systems Group (installations à Santa Monica, Culver-City, Huntington Beach, Sacramento, Vandenberg et Cap Kennedy) et le Aircraft Group (usines à Long Beach, Torrance, Palmdale, Tulsa, Malton au Canada). Ces deux groupes emploient respectivement 25 000 et 54 000 personnes.

Dans le domaine civil, Douglas poursuit la production de son DC-8, offert aujourd'hui dans une large gamme de versions dont certaines à haute capacité, et intensifie la cadence de livraison de son moyen-courrier DC-9. Les livraisons ont malheureusement été souvent retardées en 1966 faute de réacteurs, fournis en priorité à l'U.S. Air Force pour les opérations du Vietnam, et ces délais dans les rentrées financières ont contribué aux difficultés de Douglas.

Sur le plan militaire, de récentes commandes ont relancé la chaîne du chasseur-bombardier léger A-4 Skyhawk au moment où elle allait s'éteindre.

Plus de 450 DC-8 de toutes versions ont

été commandés dont 160 environ restent à livrer ainsi qu'environ 320 DC-9 sur les quelque 420 retenus.

Créée à l'aube de la propulsion à réaction, la McDonnell Aircraft Corporation a connu une croissance difficile puisque ses premières années d'existence furent celles de l'immédiat après-guerre. Elle a construit néanmoins, de 1945 à 1963, près de 3 000 chasseurs à réaction pour l'U.S. Navy et l'U.S. Air Force avant d'atteindre son plein épanouissement avec le biréacteur Phantom II, actuellement le plus efficace avion de combat connu. Plus de 2 000 exemplaires en ont déjà été livrés et la production continue à un rythme accéléré. Les premières commandes étrangères ont été passées voici un an.

Cette entreprise qui emploie 45 000 personnes fut, dans le domaine spatial, responsable des projets Mercury et Gemini.

La Lockheed Aircraft Corporation a commencé à diversifier ses activités industrielles lorsqu'il est apparu, il y a dix ans, que l'industrie aéronautique pouvait présenter certaines incertitudes. Aujourd'hui, l'industrie aéronautique se porte bien et son avenir paraît assuré, mais Lockheed se trouve néanmoins à la tête d'industries très variées allant de l'Espace à l'exploration sous-marine en passant par la construction navale et les travaux publics. Son principal titre de gloire est d'avoir en chantier le plus gros avion du monde et de produire en série le plus rapide.

Les 90 000 employés de Lockheed sont répartis entre six divisions et neuf compagnies subsidiaires. Les principales sont :

— Lockheed Aircraft Service Company (5 000 personnes), qui entretient les avions et les modifie à la demande dans sept centres d'activité.

— Lockheed California Company (23 000 personnes) produisant en série dans son usine de Burbank le patrouilleur P-3 Orion, le chasseur F-104 Starfighter, les avions de combat trisoniques YF-12A et SR-71. Elle étudie actuellement un airbus de 250 places et divers types d'hélicoptères et combinés.

— La Lockheed-Georgia, implantée à Marietta et spécialisée dans les gros transports. Elle a produit plus de 900 C-130 Hercules, sort en série le C-141 Starlifter de 144 tonnes et le quadriréacteur léger Jet Star ; elle prépare le C-5A de 330 tonnes.

— La Lockheed Missiles and Space Company (26 000 personnes), qui a notamment à son actif le véhicule spatial Agena et les missiles Polaris et Poseidon.

— La Lockheed Propulsion Company, la plus petite (850 personnes) mais non la

moins active des sociétés affiliées à Lockheed, spécialisée dans les moteurs-fusées à combustible solide.

Au nombre des compagnies subsidiaires, mentionnons la Lockheed Air Terminal Co, qui gère l'aéroport de Burbank et ses installations, et la Lockheed Ship-Building and Construction Co (4 500 personnes), dont les activités vont de la construction de destroyers à celle de barrages et d'autoroutes.

North American Aviation dispute à Lockheed le titre de société-vedette de l'industrie américaine, s'étant vu confier quelques-uns des programmes les plus spectaculaires entrepris ces dix dernières années. Citons la conception et la mise au point de l'avion-fusée X-15 qui détient actuellement tous les records absolus de vitesse et d'altitude, celle du bombardier expérimental trisonique XB-70 et, en matière spatiale, la maîtrise d'œuvre du projet Apollo.

Les 95 000 employés de North American se répartissent entre sept divisions principales s'occupant non seulement d'avions et d'Espace, mais aussi d'électronique et d'énergie nucléaire. La production purement aéronautique est concentrée en Californie et surtout à Columbus (Ohio) où sont actuellement implantées les principales chaînes de production du biréacteur RA-5 Vigilante, de l'avion d'appui tactique OV-10A, du biplace d'entraînement Buckeye.

La *Northrop Corporation* a, elle aussi, des activités extrêmement variées. Ses principales productions aéronautiques sont le biréacteur d'entraînement supersonique T-38 Talon et ses dérivés opérationnels F-5A et F-5B. Northrop, qui produit aussi d'importants éléments en sous-traitance pour Boeing, poursuit ses études sur l'aspiration de la couche limite avec deux biréacteurs X-21 et a fourni à la N.A.S.A. les deux « corps porteurs » M2-F2 et HL-10 pour l'étude de la rentrée pilotée dans l'atmosphère. Northrop est aussi présent dans les domaines de l'électronique (Nortronics), de la mécanique de haute précision et des télécommunications (Page Electronics). L'ensemble des activités de Northrop rassemble environ 20 000 employés.

Grumman a suivi la voie ouverte par les chefs de file et a réussi à répartir ses activités dans des domaines très divers, dont l'Espace. L'aéronautique demeure cependant l'activité majeure de cette société de 35 000 employés. Elle y est présente dans les secteurs civils et militaires, avec des productions d'ailleurs fort différentes dans les deux cas.

En cinq ans, Grumman a vendu 175 exemplaires de son biturbine d'affaires Gulf-

stream et vient d'en lancer un dérivé à réaction, le Gulfstream II, dont cinquante exemplaires sont en commande. A l'autre extrémité de la gamme, Grumman sort en série les deux versions AgCat et Super AgCat d'un avion agricole. Fournisseur traditionnel de l'U.S. Navy, Grumman arme les porte-avions américains en avions d'attaque et de reconnaissance électronique Intruder, en chasseurs de sous-marins et stations radar volantes Tracker et Hawkeye, en transports logistiques Greyhound. Grumman prépare aussi la production en série de la version navale du General Dynamics F-111 à géométrie variable. Pour l'U.S. Army est produit le biturbine d'observation Mohawk.

General Dynamics a pour principale activité aéronautique la construction en série, dans ses ateliers de Fort Worth, du biréacteur de combat F-111 à géométrie variable, dont plus de 430 exemplaires sont actuellement commandés par les USA, la Grande-Bretagne et l'Australie. Après l'échec de ses quadriréacteurs de transport 880 et 990, Convair — division californienne de General Dynamics — s'est retiré de l'activité civile, exception faite de la conversion en biturbines de ses modèles 340 et 440.

Mentionnons enfin, parmi les constructeurs d'avions de gros tonnage, *Ling-Temco-Vought* et *Fairchild-Hiller*. Le premier, après avoir construit plus d'un millier de chasseurs Crusader, sort en série le monoplace d'attaque embarqué A-7A Corsair II et termine la mise au point du transport XC-142 à décollage court et vertical. Sortant à peine d'une crise grave, Fairchild-Hiller se consacre principalement à la production en petite série d'une version du Fokker F-27 et des hélicoptères Hiller, dont le nouveau FH-1100 à turbine. Une version américaine du biréacteur F-28 est aussi prévue.

L'industrie américaine, qui fut un pionnier en matière d'hélicoptères, continue à tenir une place de leader dans cette technique. *Sikorsky* — une division de United Aircraft Corporation — détient la première place en matière de tonnage, mais *Bell* vient en tête pour ce qui est du nombre de machines produites. Citons encore dans ce domaine *Kaman* et *Hughes*.

Le dynamisme des constructeurs d'avions de tourisme et d'affaires est peut-être le trait le plus caractéristique de l'industrie aéronautique américaine. En 1966, *Cessna* a produit près de 8000 appareils d'une quinzaine de modèles, *Piper* près de 6000 d'une dizaine de types, *Beechcraft* environ 4500 de 17 modèles. Ces firmes comptent entre 12 000 et 6000 employés, mais il faut préciser que les deux plus importantes — Cessna et

Beechcraft — ont des activités diversifiées. Dans cette même catégorie de constructeurs, signalons *Aero-Commander* dont la montée est spectaculaire, et *Lear*, spécialisé jusqu'ici dans la production de « jets » d'affaires, mais qui ambitionne de se constituer une gamme complète dès 1967.

Ce panorama des constructeurs d'avions américains n'est pas complet. Il faudrait citer aussi *Mooney* pour les avions légers, *Bell* et *Ryan* pour les avions à décollage vertical, sans compter une multitude d'autres firmes moins importantes.

Moteurs et réacteurs qui équipent les 15 000 avions et hélicoptères de tous types sortant chaque année des usines américaines sont à 90 % d'origine nationale.

Pratt et Whitney est un colosse fort de 40 000 ouvriers qui, après avoir produit les moteurs à pistons les plus robustes du monde, prend le même chemin avec les réacteurs puisque certains modèles sont acceptés pour un potentiel de 10 000 heures de fonctionnement entre grandes révisions ! *General Electric* s'est taillé une bonne part du marché des réacteurs militaires de grande puissance, mais a su aussi appliquer sa technique à des groupes de puissance moyenne qui manquent à la gamme Pratt et Whitney. *Allison* et *Curtiss-Wright* font l'effet de petits constructeurs auprès de ces géants. Ils sont d'ailleurs surpassés en chiffre d'affaires et en production par *Continental* et *Lycoming*, spécialistes des groupes pour avions légers.

Ce tour d'horizon situe assez bien l'industrie aéronautique américaine et les dangers que sa puissance colossale et son esprit d'entreprise représentent pour les autres pays. L'industrie soviétique n'y échappe pas : un peu partout, elle se trouve contrée dans sa volonté d'exportation par l'omniprésence du géant américain qui a su établir sa réputation sur la qualité de ses matériels, la ponctualité de ses livraisons et l'efficacité de ses services après-vente.

Si, sur le plan politique, le jeu des alliances et les programmes d'aide militaire continuent à venir en aide à l'industrie américaine, la guerre du Vietnam a sur elle des influences opposées. D'un côté, l'accroissement des commandes militaires assure momentanément des plans de charge confortables et même surabondants, comme en témoigne la disette en matière de réacteurs. Mais l'industrie se garde bien de trop gonfler ses effectifs pour ne pas avoir à les dégonfler dès qu'une amorce de négociation se fera jour. D'un autre côté, les charges financières de la guerre du Vietnam sont telles que presque tous les programmes nou-



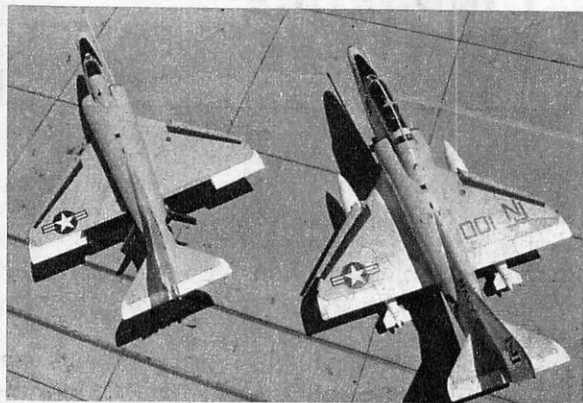
Phénomène typiquement américain, l'aviation d'affaires exige maintenant des matériels comme le Gulfstream II de Grumman,

à réacteurs Spey, qui emporte 19 passagers à 940 km/h sur 3 500 km, avec le même confort qu'un avion de lignes commerciales.



Avec son A-7 Corsair II, qui fait suite au Crusader d'interception dont plus de 1 200 exemplaires ont été construits, Ling-Tem-

co-Vought a encore réalisé une machine remarquable. Le Corsair II a été commandé à la fois par l'U.S. Navy et par l'U.S. Air Force.



En production de série continue depuis bientôt douze ans, le petit Douglas Skyhawk est en service sur les porte-avions de l'U.S. Navy et dans certaines

unités des Marines. La plus récente version (A-4 F, ci-dessus à gauche) est aussi construite en une version biplace d'entraînement (TA-4 F, à droite).

veaux sont bloqués. C'est le cas de plusieurs avions militaires avancés, mais aussi du transport supersonique pour lequel un choix officiel a été fait mais n'a encore été suivi d'aucune commande de prototypes.

L'industrie américaine garde heureusement la faculté de promouvoir à ses frais nombre de projets nouveaux, tels les transports à très grande capacité. Cependant, les programmes futurs représenteront de tels investissements que, comme pour le transport supersonique, ils devront être assortis d'une aide financière récupérable du gouvernement de Washington. Ils demanderont aussi de tels moyens industriels qu'il n'est pas impossible que de nouvelles fusions, à l'image de celle de Douglas et McDonnell, aient lieu dans les années qui viennent. Déjà, la sous-traitance se développe dans de larges proportions ; on le voit à l'occasion de la mise en route des fabrications des Boeing 747 et 2707 dans lesquelles, à l'initiative de Boeing, un grand nombre de firmes est concerné.

Malgré sa puissance, l'industrie américaine reste aussi vulnérable que n'importe quelle autre à des variations profondes de son plan de charge. Aussi important que soit le marché national sur lequel elle s'appuie, les exportations — qui représentent plus de 60 % de la production civile — sont un facteur essentiel d'équilibre et de profit. C'est d'ailleurs pourquoi les Américains poursuivent avec ténacité leurs efforts de promotion et de ventes à l'étranger.

L'INDUSTRIE SOVIÉTIQUE

L'industrie aéronautique soviétique reste, avec sa consœur américaine, le seul exemple d'une industrie qui puisse déployer une gamme complète d'avions et hélicoptères en se basant au départ sur les seuls besoins nationaux.

On dispose de peu de renseignements sur l'aéronautique soviétique, le nombre de ses usines, le volume de son personnel. Entirement étatisée, elle comprend une série d'usines spécialisées, les unes dans les matériels militaires, les autres dans les matériels civils. Cependant, on pense que certains transferts ont eu lieu ces dernières années d'un secteur à l'autre, la diminution des programmes militaires, de bombardiers lourds

par exemple, rendant libres certaines installations pour le lancement de nouvelles séries civiles. Ce serait notamment le cas pour le quadriréacteur Il-62.

Les contacts de quelques spécialistes occidentaux avec l'industrie soviétique ont permis de s'en faire une idée plus précise. Son niveau d'équipement apparaît tout à fait comparable à celui des constructeurs occidentaux, encore que l'organisation de la production soit très différente. Dans certains cas, c'est en effet l'usine de production de cellules elle-même qui s'alimente en boulonnerie, visserie, etc. Il ne semble pas qu'il y ait la moindre concurrence entre les divers bureaux d'études, dont chacun travaille au bénéfice d'un groupe d'ateliers. Le choix des matériels à construire et leur définition sont faits à l'échelon le plus élevé, avec une très forte spécialisation pour chaque constructeur.

Les avions de ligne de gros tonnage sont la spécialité des constructeurs-général Tupolev et Iliouchine, la production du constructeur-général Antonov étant surtout tournée, dans les gros tonnages, vers les avions de fret. Yakovlev est un nouveau venu à la construction d'avions civils, malgré quelques tentatives passées sans suite. Dans le domaine des hélicoptères, le maître incontesté est le constructeur-général Mil sous la direction duquel ont été conçus les plus gros hélicoptères du monde. Le constructeur-général Kamov reste jusqu'à présent limité à des appareils de petit tonnage.

En ce qui concerne les moteurs, réacteurs et turbines, l'URSS dispose d'une gamme intéressant surtout les fortes puissances. C'est pourquoi il est question depuis plus d'un an déjà de l'acquisition des licences de certaines turbines de petite puissance Turboméca. Les moteurs à pistons sont naturellement en régression, alors que des réacteurs nouveaux, de conception ultramoderne, faisant notamment appel au titane dans une large proportion, ont été créés pour l'équipement des avions de la génération nouvelle, avec lesquels l'industrie soviétique espère percer enfin sur les marchés internationaux.

L'Aeroflot est, en URSS, l'équivalent de la SNCF en France. C'est un service public qui supplée la faiblesse des réseaux de communication terrestres que les rigueurs du climat rendent d'une exploitation difficile plus de la moitié de l'année dans la partie septentrionale du pays. Comptant plusieurs centaines de milliers d'employés, utilisant près de 5000 avions et hélicoptères de tous tonnages, l'Aeroflot a été longtemps le débouché naturel de l'industrie soviétique. Ce

Un trio que l'U.R.S.S. espère exporter: de gauche à droite l'avion de voltige Yak 18 A, le cargo mixte AN-10 A Ukraina (100 passagers ou 14,5 tonnes de fret) et le bimoteur de transport à décollage court AN-14 Pchelka.

Équivalent du Fokker Friendship auquel il ressemble beaucoup, l'Antonov 24 pour 50 passagers est un appareil moderne qui ne le cède en rien à ses concurrents occidentaux. Il en est de même de l'AN-12, en bas de page, avion de fret (20 tonnes de charge payante) directement dérivé d'un appareil de transport militaire.

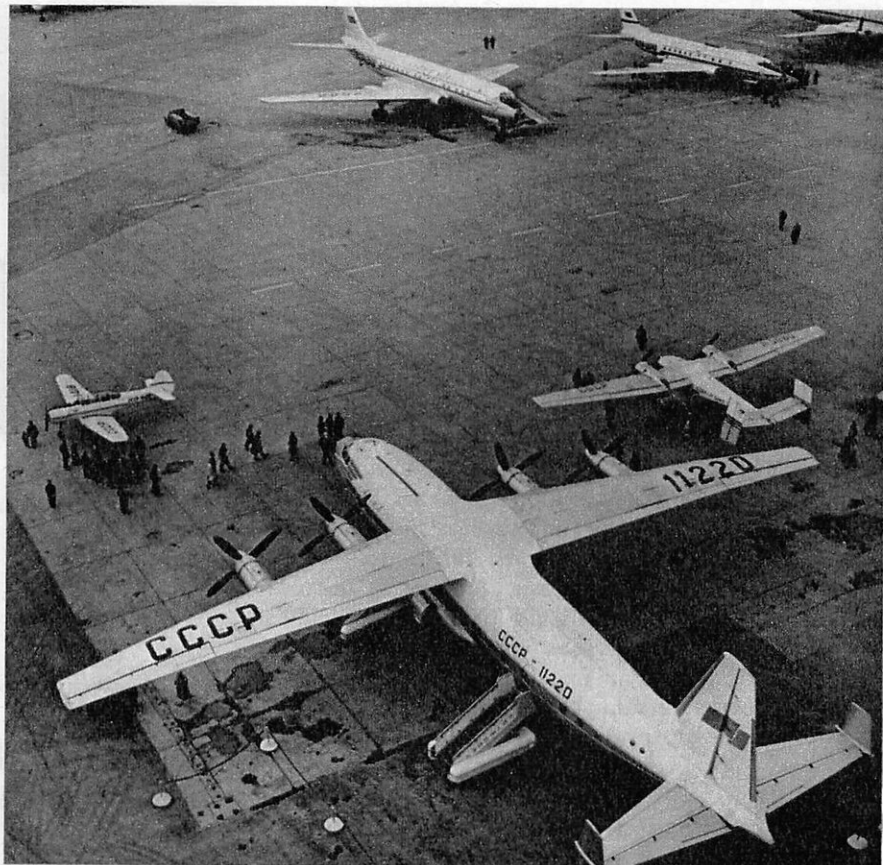


PHOTO A.P.N.



besoin en matériel aérien n'est pas près de se tarir puisque, de 45 millions de passagers actuellement, l'Aeroflot espère bien passer au chiffre annuel de 70 millions en 1970. De même, le trafic de fret — on transporte tout par avion en URSS, y compris le matériel des grands chantiers de travaux publics — poursuivra son expansion.

Mais le gouvernement soviétique s'est aperçu que l'exportation d'avions et hélicoptères pouvait être une source de revenus non négligeable. Après un effort énorme pour améliorer la qualité et la fiabilité du matériel, le fini de sa fabrication et le soin de son aménagement, l'URSS, par l'intermédiaire de son organisme spécialisé Avia-export, entend partir à la conquête des marchés mondiaux, surtout en matière d'avions civils. La présence massive des Soviétiques au Salon du Bourget de 1965 fut une preuve de cette volonté d'expansion. Nul doute que la présentation sera cette année encore plus étoffée et mieux organisée.

Les Soviétiques abordent en effet les problèmes de ventes à l'étranger avec un handicap certain. On sait que les premières expériences du matériel soviétique faites depuis la fin de la guerre par des pays au delà du « rideau de fer » n'ont pas été encourageantes. Avions de conception vétuste, mo-

teurs de mauvaise qualité n'offrant qu'un potentiel très limité, services après-vente inexistants, d'où l'impossibilité de tenir des horaires et de parvenir à une exploitation rentable, tout cela a conduit les utilisateurs à acquérir des avions occidentaux, parfois même d'occasion. Aujourd'hui, peu d'entre eux sont tentés de vérifier dans les faits si les matériels soviétiques — même s'ils sont moins onéreux à l'achat — ont bien fait les progrès que l'on dit.

La qualité du service après-vente est, sans aucun doute, l'élément déterminant dans le choix d'un avion, au delà de ses qualités propres. On sait que, pour vendre ses Caravelle, Sud-Aviation a dû convaincre les futurs clients que son propre service après-vente serait au moins aussi efficace que celui des constructeurs anglo-saxons. C'est une preuve qui reste encore à faire du côté soviétique, d'autant qu'ils n'ont pas de l'entretien des avions la même conception que nous. Par exemple, les turbines doivent retourner en URSS pour être révisées, ce qui représente une perte de temps importante.

Cependant, le processus de conquête des marchés internationaux par les Soviétiques est engagé. Dans une première phase, ils vont faire homologuer aux standards occidentaux les avions sur lesquels ils fondent le plus d'espoir et notamment ceux de la nouvelle génération. Ensuite, Aviaexport pense élargir le nombre de ses représentations à l'étranger et, comme à Londres, ouvrir des bureaux techniques doublés de stocks de pièces détachées.

Le combat sera difficile pour les Soviétiques, mais ils ne manquent toutefois pas d'atouts, surtout dans le contexte de la détente politique Est-Ouest. Il y a d'abord la robustesse de leurs appareils ; ensuite le fait que dans certaines catégories — hélicoptères lourds notamment — ils sont seuls présents sur le marché ; les prix enfin, qui sont très raisonnables, suffisamment en tout cas pour que les British European Airways envisagent sérieusement l'achat de certains hélicoptères soviétiques. A cela il faut ajouter aussi des possibilités de crédit à long terme très avantageuses.

Dès cette année, du long-courrier Il-62 pour 186 passagers au Yak 40 de 24/38 places pour étapes courtes, en passant par les moyen-courriers Tu-134 et surtout Tu-154 (168 sièges), l'URSS offrira une gamme complète d'avions civils modernes qui, pour certains d'entre eux tout au moins, se placent suffisamment bien dans le temps pour pouvoir espérer trouver des débouchés internationaux importants.



Utilisé par la Royal Air Force comme classe volante pour ses navigateurs, le Hawker-Siddeley 125 est cependant avant tout un

avion d'affaires qui connaît le succès, notamment aux U.S.A. Il transporte 6 à 8 passagers à 700 km/h sur 2 500 km de distance.

L'EUROPE ENTRE DEUX FEUX

Cette volonté clairement affirmée de l'Union soviétique de faire sortir son industrie aéronautique de l'isolement où elle se trouve risque d'avoir plus d'influence sur l'avenir des industries européennes que sur l'industrie américaine qui continuera de s'appuyer sur son marché national. On peut espérer que cette concurrence accrue, cette lutte de plus en plus difficile pour la survie, poussera les industriels européens à coopérer encore plus étroitement que par le passé.

L'industrie européenne est en pleine mutation, plus particulièrement en ce qui concerne ses deux piliers principaux, britannique et français, lesquels, après des convulsions internes, tendent à lier de plus en plus étroitement leurs destins.

La Grande-Bretagne est demeurée longtemps réticente aux offres de coopération qui lui furent faites par les nations continentales et notamment par la France. La première initiative importante à laquelle il fut donné écho outre-Manche fut Concorde qui faillit ne pas survivre à l'arrivée au pouvoir des Travailleurs. C'est grâce à l'inébranlable volonté des Français, il faut bien le reconnaître, que le transport supersonique a pu poursuivre son développement. On peut penser que, dans les dix années à venir, Concorde assurera au moins 50 % des expor-



Clef de voûte de la coopération franco-britannique dans le domaine des avions militaires, le Jaguar sera un biréacteur à mis-

sions multiples volant à près de Mach 2 avec un armement comprenant canons, bombes de types divers et engins guidés air-sol.

tations aéronautiques de la France et de la Grande-Bretagne en maintenant, sur le plan financier tout au moins, les chiffres d'affaires acquis actuellement. Au moment où ces lignes paraîtront, il est raisonnable de penser que le total des commandes pour Concorde aura franchi le cap des cent unités tandis que le prototype, sa structure entièrement assemblée, commencera ses essais au sol.

Mais tous les projets aéronautiques en cours lors de l'arrivée des Travailleurs au pouvoir n'ont pas eu la même chance. Nombre d'entre eux furent abandonnés, dont le TSR-2, bombardier léger bisonique. Cet appareil en était déjà au stade des essais en vol tandis que la série se développait dans les ateliers de la British Aircraft Corporation. Le chasseur à décollage vertical P-1154 et le transport d'assaut à décollage court ou vertical HS-681 furent stoppés alors que leurs études étaient assez avancées. Les Travailleurs tinrent bon face aux protestations suscitées par ces abandons de programmes, allant plus loin même, puisqu'ils décidèrent, pour rééquiper la Royal Air Force et la Royal Navy, de commander des matériels américains, « anglicisés » il est vrai.

Il faut reconnaître que le besoin de modernisation était urgent et que, par leur volume limité, ces commandes apparaissent bien comme devant assurer le joint entre deux générations. Environ trois cents Phantom F-4K et 4M à réacteurs Rolls-Royce Spey ont été commandés tandis que le F-111 à géométrie variable et le transport Lockheed Hercules sont prévus à une cinquantaine d'exemplaires chacun.

Les annulations de programmes d'abord, le choix de matériels américains ensuite, firent craindre aux industriels britanniques leur condamnation à brève échéance par leur propre gouvernement. Si l'on peut regretter que certains matériels européens n'aient pas été choisis pour ces commandes intérimaires, on ne peut s'empêcher de penser que les programmes d'avions à décollage vertical étaient un peu trop ambitieux. Le cas du TSR-2 apparaît beaucoup moins logique au fur et à mesure qu'augmente le prix des F-111. Il semble bien qu'en définitive, pour une dépense équivalente, les Britanniques auraient pu poursuivre la construction de leur bombardier.

A titre de consolation, l'industrie a reçu du Defence Ministry les commandes de série d'une version de patrouille à longue distance et de lutte anti-sous-marine du transport Comet IV et de l'avion de combat à décollage vertical P-1127 dont un peu plus de cent exemplaires doivent être produits. Il ne semble pas, d'ailleurs, qu'une doctrine d'emploi très précise ait encore été définie pour cet appareil qui sera le premier VTOL (Vertical Take-Off and Landing) à entrer en service. Depuis sont venues s'ajouter diverses autres commandes, dont celle, à Westland, d'une version du Sikorsky SH-3A.

Dans le même temps, le Gouvernement anglais poussait à des concentrations, Rolls-Royce absorbant Bristol-Siddeley dans le secteur « moteurs », British Aircraft Corporation et Hawker-Siddeley Aviation ébauchant des pourparlers dans le secteur « cellules ». Mais cette rationalisation n'aura que des répercussions très limitées tant que l'industrie ne résoudra pas son problème humain.

L'industrie britannique est en effet remarquable par son personnel pléthorique : près de 253 000 personnes à la fin de 1966, chiffre en accroissement, ce qui est étonnant en période de crise. Il en résulte un rendement individuel très mauvais qui se lit parfaitement dans les résultats d'exportation. En 1966, l'industrie britannique a exporté pour 2,8 milliards de francs de matériels aéronautiques pour 250 000 employés, alors que, dans le même temps, l'industrie française réalisait 2,5 milliards de ventes à l'étranger pour 100 000 employés. En dépit des problèmes que cela peut poser, il paraît urgent pour les industriels britanniques de comprimer considérablement leurs effectifs car, dans le cas contraire, ils risquent de se trouver défavorisés par rapport à leurs collègues français avec lesquels ils auront des contacts sans cesse plus étroits dans l'avenir.

UN GROUPE FRANCO-BRITANNIQUE

Les décisions prises à Paris en janvier dernier devraient en effet associer pour longtemps — pour toujours peut-être — les industries aéronautiques française et britannique.

Les Anglais étant revenus sur leur décision d'abandonner Concorde, le climat franco-britannique s'améliora encore par la confirmation des programmes de développement du chasseur à missions multiples Breguet/BAC Jaguar et du missile air-sol Matra/Hawker-Siddeley Martel qui doivent être construits en grandes séries pour les Forces aériennes des deux pays. Ces deux



La version de série du Breguet 941 se distingue particulièrement du prototype par son fuselage allongé d'un mètre en avant de l'aile. Un très gros effort a été fait, de plus, pour

améliorer la finesse aérodynamique, notamment à l'arrière du fuselage. Au poids total de 26,5 tonnes, avec 10 tonnes de charge, le Breguet 941 peut franchir 900 km.



matériels devraient en outre pouvoir rencontrer un certain succès à l'exportation et il n'est pas impossible que l'Allemagne vienne se joindre à l'opération « Jaguar », ce qui pourrait porter les séries initiales à un chiffre de l'ordre de 1 000 unités.

En 1965, le ministre français des Armées avait annoncé que la coopération franco-britannique s'étendrait à divers domaines, dont les avions à géométrie variable et les hélicoptères. Il aura fallu un an et demi pour que les choses avancent, mais il est maintenant certain que l'avion de combat à géométrie variable sera construit, tandis que, pour dix ans au moins, les Forces aériennes françaises et britanniques utiliseront les mêmes types d'hélicoptères.

L'AGV (pour Avion à Géométrie Variable) sera un biréacteur d'attaque sur moyennes

Le Dassault Mirage III-F 2 rompt avec la formule de l'aile-delta. Avion d'attaque

à long rayon d'action, il peut dépasser Mach 2 grâce à son réacteur SNECMA TF-306.

distances, propulsé par deux réacteurs jumelés qui lui permettront de dépasser Mach 2 en altitude. Son étude devrait être terminée à la fin de 1967, la fabrication du prototype commençant en 1969 pour un premier vol en 1970 et livraison en série vers 1975. La réalisation de cet avion a été confiée au tandem Avions Marcel Dassault-British Aircraft Corporation.

La propulsion de l'AGV sera assurée par une version poussée du Mars M45-G mis au point par la SNECMA et Bristol-Siddeley, la poussée avec post-combustion devant être de l'ordre de 6,5 tonnes.

Cet avion bénéficiera de l'expérience acquise en France avec le Dassault Mirage III G, appareil expérimental qui sera le premier en Europe à voler avec une voilure à géométrie variable. Il s'agit là, notons-le, d'une initiative purement française.

En matière d'hélicoptères, la coopération franco-britannique a des effets beaucoup plus immédiats. Elle porte sur trois classes de machines :

- un hélicoptère léger ;
- un hélicoptère tactique de moyen tonnage ;
- un hélicoptère à missions multiples, un peu plus lourd que le précédent et pouvant être utilisé par les trois Armes.

L'industrie française disposait de prototypes répondant aux deux premières définitions, et il faut rendre hommage aux Britanniques qui ont eu la sagesse d'adopter ces machines telles qu'elles sont, prenant, ce faisant, le risque d'encourir la critique chez eux.

La France et la Grande-Bretagne lanceront donc deux chaînes parallèles du Sud-Aviation 340, dérivé modernisé des Alouette, caractérisé par son rotor rigide et son fuselage entièrement profilé. Les recherches et essais seront financés pour moitié par chacun des participants, avec effet rétroactif pour le prototype volant déjà en France.

Actuellement le plus vendu des biréacteurs d'affaires, le Mystère 20 a dû, pour conquérir le Canada, démontrer

son aptitude à se poser dans la neige. Cet avion sort à 7 exemplaires par mois des chaînes chez Dassault.

L'entrée en service est prévue pour 1970 et la série initiale devrait être d'au moins 600 exemplaires.

Pour l'hélicoptère tactique moyen, les choses étaient un peu plus compliquées, puisque l'appareil proposé par les Français — le SA-330 — vole depuis deux ans, tandis que la production en série est lancée. La Grande-Bretagne a donc accepté le SA-330 tel qu'il est, prenant seulement à son compte 20 % des opérations de fabrication et versant 1 million de livres à titre de royalties. La part de l'industrie britannique sera bien entendu sauvegardée en ce qui concerne les exportations. La première commande porte sur 48 exemplaires venant s'ajouter aux 130 prévus pour la France.

Pour le troisième appareil, le projet WC-13 de Westland a été retenu, qui sera matérialisé en coopération entre Sud-Aviation et la firme britannique. La décision doit intervenir au début de juillet de cette année.

Voici donc, au delà de Concorde, du Martel et du Jaguar, les industries française et britannique mariées pour longtemps. Le lancement en commun d'un Aérobus pourrait encore resserrer ces liens qui, d'étape en étape, vont devenir absolument indissolubles. On peut penser qu'aucun projet un peu important ne sera plus désormais entrepris isolément par l'un ou l'autre pays, à moins que les besoins nationaux soient réellement impératifs et unilatéraux.

La génération actuelle des avions civils purement britanniques comme le VC-10, le BAC « One-Eleven », HS-748, Trident, dont les chaînes n'atteindront jamais les



seuils de rentabilité, des avions militaires comme le Lightning, le Buccaneer, le Gnat Trainer et le P-1127, vont aller à leur extinction naturelle. D'ici cinq ans, tous les principaux programmes actifs en France et en Grande-Bretagne seront menés en coopération.

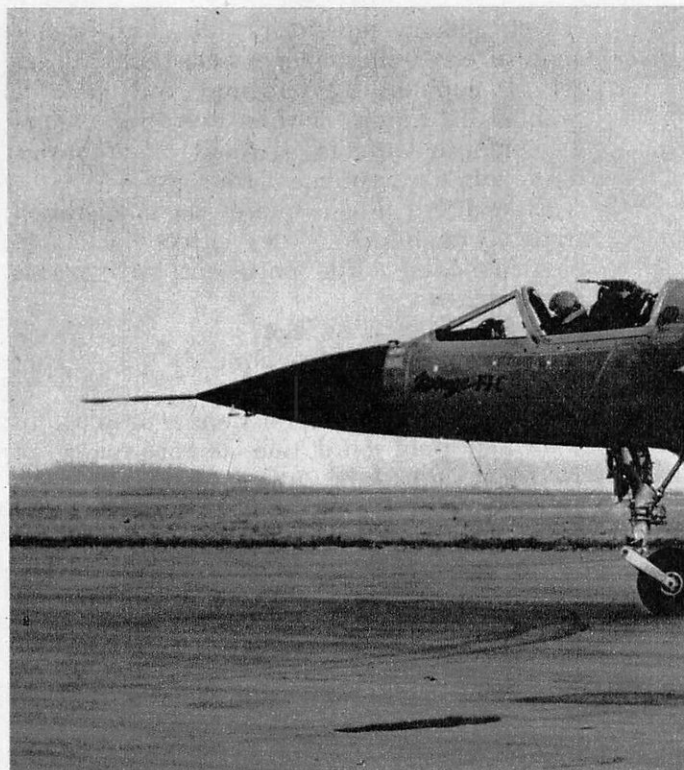
La réorganisation de l'industrie britannique ne pouvait laisser indifférents les responsables français et, depuis deux ans, une étude avait été lancée, visant à donner des structures nouvelles à l'industrie française. Préparer ces réformes fut le rôle d'une commission présidée par le général Fourquet, Délégué ministériel à l'Armement. Il se trouve que des maladresses commises sur des questions de personnes sont venues envenimer l'application de mesures déjà délicates. En fait, les esprits étant calmés, des structures nouvelles seront progressivement données à l'industrie française, notamment dans le secteur nationalisé.

En ce qui concerne les avions et hélicoptères, l'ensemble des activités d'études sera confié à Sud-Aviation qui, récupérant par sous-traitance le potentiel industriel de Nord-Aviation, sera mieux armé pour faire face à des programmes aussi exigeants que Concorde et éventuellement l'Aérobis. Il y a tout lieu de penser cependant que Nord-Aviation conservera la maîtrise d'œuvre des programmes en cours.

Nord-Aviation verra sa vocation engins et missiles se confirmer, mais avec un changement de statut, ou tout au moins de philosophie de gestion. Pour la majorité de ses activités, Nord-Aviation a l'État pour seul client. Ceci est vrai particulièrement pour tout ce qui concerne les missiles balistiques lourds. Il a paru illogique de grever les prix de revient de ces armements des frais des services de prospection commerciale et d'après-vente qui n'intéressent que le département « Aviation ». C'est pourquoi, selon la formule du ministre des Armées, Nord-Aviation aura dans l'avenir le statut « d'un arsenal bénéficiant de l'autonomie administrative et financière ». Nord-Aviation regroupera en outre le département « Engins » de Sud-Aviation et assumera une partie des responsabilités de la SEREB.

Une réorganisation similaire aura lieu dans le secteur des moteurs-fusées où la SEPR reprendra les activités de la SNECMA et peut-être même une partie du Service des Poudres dont le monopole risque d'être remis en cause par l'application du traité de Rome.

Dans le secteur privé, il est évidemment beaucoup plus difficile à l'État d'imposer la fusion des Avions Marcel Dassault et de



Le Super Mirage F-1 sera sans doute le successeur du Mirage III comme intercepteur standard de l'Armée de l'air. Grâce à son réacteur Atar 9 K, ses performances sont

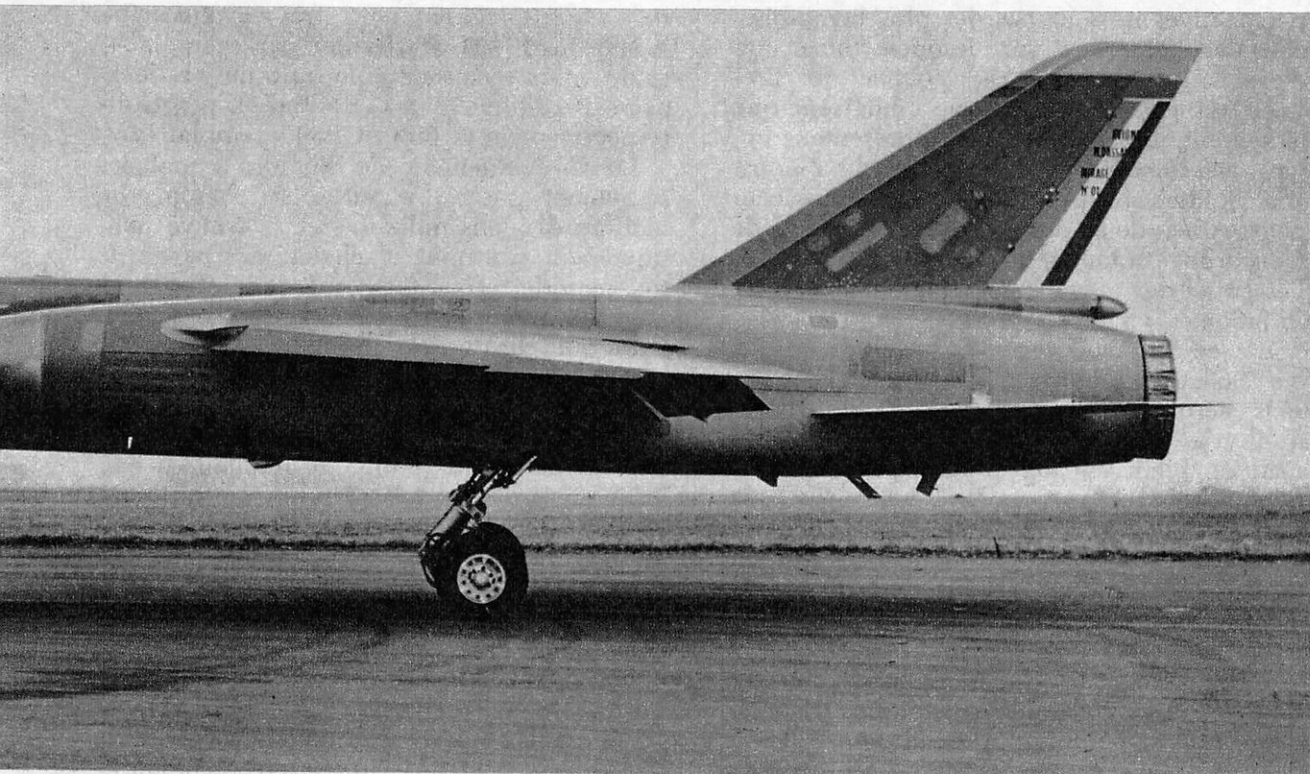
améliorées tandis que le volume accru de carburant augmente l'autonomie. Sa voilure à très forte sustentation lui donne des capacités de décollage et atterrissage courts.

Breguet-Aviation, encore que des recommandations aient été données en ce sens et que les moyens de pression ne manquent pas.

Enfin, en ce qui concerne les moteurs, les activités généralement complémentaires de la SNECMA et de Turboméca permettent le statu quo.

A côté des programmes européens déjà mentionnés, et au delà de la poursuite des séries en cours sur les Nord-262, C-160 Transall, Caravelle, Mystère 20, Mirage-III E, Super-Frelon et Breguet-Atlantic, au moins une chaîne nouvelle devrait être lancée prochainement, celle d'un intercepteur dont l'Armée de l'Air a le plus urgent besoin et qui viendra équilibrer fort à point les plans de charges de l'industrie.

Le lancement en série du Mirage III-V à décollage vertical semblant trop précoce faute de réacteurs de sustentation suffisamment puissants et de crédits assez étoffés, on avait pensé à tirer de la cellule un intercepteur dans lequel le volume rendu libre



par la suppression des réacteurs verticaux serait occupé par un supplément de carburant. On a ainsi obtenu le Super-Mirage F-2 équipé d'un réacteur SNECMA TF-306 et disposant d'un rayon d'action spectaculaire. Il s'agit malheureusement d'une très grosse machine dont le besoin en nombre ne justifie pas le lancement en série du TF-306, prévu à l'origine comme réacteur de propulsion du Mirage III-V. Ce groupe demeurera donc sans suite industrielle, mais aura permis à la SNECMA de faire un bond technologique important qui se retrouve dans les excellents résultats acquis dès les premiers essais avec le Mars 45. Il faut noter de plus que le TF-306 était basé sur une licence américaine, ce qui impliquait de draconiennes limitations d'exportation.

Prenant l'initiative, selon sa tactique favorite, Marcel Dassault est allé de l'avant à ses frais, avec la collaboration des fabricants d'équipements qui ont tous participé à la réalisation d'un nouveau prototype d'intercepteur en fournissant gratuitement leurs matériels. Il s'agit du Super-Mirage F-I, aérodynamiquement intrapolé du F-2 en ce qui concerne la voilure et l'empennage horizontal, reprenant une partie des équipements et de la structure de fuselage du Mirage III et utilisant le réacteur Atar 9K déjà construit en série pour le bombardier Mirage IV. On a ainsi obtenu un intercepteur de moyen tonnage extrêmement bril-

lant, décollant et se posant court, très maniable en altitude et surtout offrant une autonomie en vol supersonique quatre fois supérieure.

Le Super-Mirage F-I ne fait appel qu'à des équipements existants et pourrait donc être disponible rapidement à un prix très compétitif, ce qui lui assurera d'excellents débouchés à l'exportation, d'autant qu'il ne souffrira d'aucun embargo étranger.

Dans le même esprit, les Avions Marcel Dassault proposent à l'exportation leur Mirage V, qui est une version simplifiée du Mirage III, adaptée particulièrement à l'attaque au sol.

Ces divers appareils devraient pouvoir intervenir favorablement d'ici deux ans dans le bilan des exportations françaises, qui risque de n'être plus aussi favorable qu'il l'a été cette année où tous les records ont été battus.

Une importante commande de Mirage V aurait été passée par Israël, tandis que le Liban et le Pakistan auraient retenu une version simplifiée du point de vue électronique du Mirage III-E.

Malgré une remontée spectaculaire de Caravelle dont la production sera poursuivie jusqu'au 260^e exemplaire au moins, le Mystère 20/Fan Jet Falcon dont la cadence va être portée à sept avions par mois, l'espoir de nouvelles commandes de l'Atlantic, les ordres complémentaires d'Alouette III, les

perspectives ne sont pas des plus favorables, car des matériels sur lesquels beaucoup d'espoirs étaient fondés, comme le Breguet 941 et le Nord-262, ne démarrent que lentement. Les exportations représentant environ 40 % du plan de charge de l'industrie, la situation peut donc devenir préoccupante d'ici deux ans, quand la série de Concorde notamment viendra mobiliser l'essentiel des moyens de production de Sud-Aviation.

En ce qui concerne les résultats acquis en 1966, soit plus de 2,5 milliards de matériels aéronautiques exportés, il faut noter qu'il n'a pas été tenu compte des commandes relatives aux programmes internationaux tels l'Atlantic ou le missile Hawk, la part française réelle étant actuellement encore trop difficile à déterminer avec précision. Il faut préciser aussi la montée spectaculaire des missiles qui atteignent presque le chiffre des hélicoptères.

L'industrie française, harmonisée dans sa structure à sa collègue britannique, trouvera dans la coopération, peut-être élargie à d'autres pays, sa chance de survie et de développement. Il a fallu près de dix ans pour passer des convictions aux réalisations, mais on peut considérer que, cette fois, l'amorce d'une aéronautique européenne est définitivement en place et que la réaction en chaîne va suivre.

VERS UN GRAND ENSEMBLE EUROPÉEN?

La coopération aéronautique franco-britannique étant maintenant établie, il reste à savoir ce que vont faire les autres pays d'Europe. Vont-ils se joindre au nouveau tandem, essayer de créer une quatrième force entre eux ou rester isolés? Les prochains mois devraient nous donner une meilleure idée de l'industrie aéronautique européenne de la prochaine décennie.

Techniquement en avance de vingt ans, mais complètement démantelée au lendemain de la guerre, l'industrie aéronautique allemande a pu renaître de ses cendres grâce à l'aide des alliés occidentaux. Dans un premier temps, elle s'est limitée à des programmes encore modestes de construction sous licence. Dans une deuxième phase, les Allemands ont lancé de nouveaux programmes industriels portant sur des maté-

riels technologiquement très avancés — comme le F-104 Starfighter par exemple — et de volume considérable puisque les Lockheed F-104 et Fiat G-91 furent construits respectivement à 600 et 250 exemplaires.

Le Gouvernement de Bonn n'a malheureusement pas su planifier ses besoins en matière d'avions militaires et se trouve politiquement contraint d'acheter une partie de son matériel aux États-Unis, tant et si bien que son industrie spécialisée se trouve aujourd'hui en rupture partielle de plan de charge. Certes, il y a, pour le groupe Nord, 110 transports militaires Transall à sortir en collaboration avec la France. Deux chaînes de montage ont été implantées qui, jusqu'en 1971, produiront un avion par mois. Le groupe Süd, lui, travaille à la fabrication de 600 hélicoptères Bell UH-1 Iroquois. L'industrie espérait beaucoup mieux...

A partir de 1959, le Ministère de la Défense lança divers projets ambitieux, dans le domaine du décollage vertical notamment. Le monoplace expérimental VJ-101 devait servir de banc d'essai à un intercepteur de Mach 2, le VJ-101 D, qui a été abandonné. L'expérience acquise bénéficiera indirectement à un futur avion de combat VTOL germano-américain qui volera sans doute d'ici trois ans, mais ne débouchera pas industriellement avant 1975. Il permet au moins aux bureaux d'études de subsister. De même, le transport tactique VTOL Dornier Do-31, au développement duquel la Grande-Bretagne a collaboré financièrement, n'ira sans doute pas plus loin que les essais de deux prototypes. Reste le VAK 191B, un monoplace de combat léger à décollage vertical, qui pourrait être, en Allemagne et en Italie, le successeur des Fiat G-91 vers 1972. Des prototypes sont en construction de part et d'autre des Alpes, mais sans trop de conviction semble-t-il.

Malgré toutes ces vicissitudes, l'industrie allemande veut pourtant survivre. *Ham-burger Flugzeugbau* s'est associé au programme de production du biréacteur de transport Fokker F-28 et a lancé, à ses frais, l'étude et la construction en série d'un biréacteur léger, le HFB 320 Hansa, caractérisé par sa voilure en flèche inversée. Quelques exemplaires ont été vendus aux USA, mais, ce qui est beaucoup plus important, cet avion a été retenu comme appareil de liaison par la *Luftwaffe*.

Né de la fusion de Focke-Wulf et de Weser Flugzeugbau, la *Vereinigte Flugtechnische Werke* de Brême, responsable allemande du VAK 191, s'est lancée à ses frais dans la réalisation d'un avion de transport économique à réaction qui doit voler en



Bénéficiant du soutien financier du gouvernement fédéral, le VFW 614 effectuera ses premiers vols en 1968. Il est caractérisé par l'implantation de ses réac-

teurs en nacelles au-dessus de la voilure. D'un emploi très économique, le VFW 614 emportera 36 passagers à 735 km/h sur 1 000 à 1 500 km.

1968. Ce VFW 614 sera équipé de réacteurs Bristol-Siddeley/SNECMA Mars 45H à soufflante.

Bölkow, parti en flèche il y a trois ans dans le domaine des hélicoptères de technique avancée, paraît aujourd'hui piétiner. *Dornier*, fort du succès de ses Do-27 et 28 à décollage court, a lancé avec l'aide du ministère de l'Économie le 28 D Skyservant.

La grande chance de l'industrie allemande pourrait être l'Aérobis européen, qui répond aux besoins de la Lufthansa et dont une part non négligeable des travaux pourrait être réservée aux Allemands. D'autant que la construction de l'Aérobis interviendrait à une époque où les Français et les Anglais auront fort à faire pour accélérer les livraisons de Concorde. L'industrie est prête, quant à elle, à jouer son rôle, y compris en ce qui concerne les études. Il lui reste à convaincre son Gouvernement de lui donner les moyens suffisants.

L'Italie, par un véritable tour de force, est parvenue au fil des années à sauvegarder la personnalité de son industrie aéronautique qui, dans l'ombre de Fiat, conserve une demi-douzaine de firmes actives.

Seule à disposer de moyens industriels importants et bénéficiant de la bienveillance active du Gouvernement, *Fiat* joue, pour les programmes industriels les plus importants, le rôle de chef de file, produisant elle-même une partie des éléments de cellules, mais assurant aussi l'assemblage avec l'aide des autres sociétés. Pour suivre le F-104 et le G-91 dont la production se termine, Fiat a conçu le biréacteur d'attaque G-91Y et prépare le biturbine de transport G-222. Cet

avion devrait, par l'emploi de réacteurs verticaux, offrir des possibilités de décollage ultra-court. Mais, dans une première phase tout au moins, le ministère de l'Air en est resté à un transport tactique conventionnel dont l'*Aeronautica Militare* a le plus urgent besoin. Le G-91Y, quant à lui, est d'ores et déjà lancé en série.

Fiat est responsable d'autre part des travaux italiens sur le chasseur-bombardier VAK 191 mis au point conjointement avec l'Allemagne.

Aermacchi, qui a su pallier les incertitudes de l'aéronautique en conservant toujours des activités diversifiées, a remporté deux beaux succès en 1966 en plaçant son biplace d'entraînement MB-326, déjà construit en série pour les besoins nationaux, en Australie et Afrique du Sud où il sera construit sous licence. Cet avion est aussi en service en Tunisie et au Ghana.

Appliquant le même principe de survie grâce à des travaux extra-aéronautiques, *Piaggio* construit sous licence le réacteur Viper du MB-326 ainsi que des moteurs américains pour avions légers. Cette firme sort toujours en petites séries son bimoteur P-166 et termine la mise au point d'un biréacteur de liaison, dont Douglas doit assurer la diffusion outre-Atlantique, le PD-808 que l'*Aeronautica Militare* a honoré d'une commande de série. Cependant, par suite de délais dans l'étude et la mise au point, cet avion arrive très en retard sur un marché où plus d'une demi-douzaine d'avions de classe comparable s'affrontent déjà.

Non dénué d'élégance avec son aile en flèche inversée, le HFB-320 assure la présence allemande dans la compé-

tition des biréacteurs d'affaires. Avec 6 à 9 passagers, le Hansa peut franchir environ 2 000 km à 800 km/h.



Licencié de la Bell Helicopters, mais disposant aussi de son propre bureau d'études, Agusta se consacre entièrement aux voilures tournantes. Depuis 1954, plus de 500 machines d'une dizaine de types ont été construites, la majeure partie étant exportée. Reprenant les techniques Bell en ce qui concerne les têtes de rotors, Agusta s'oriente de plus en plus vers des créations originales dont la plus spectaculaire est le triturbine de moyen tonnage A-101G, assez comparable au Super Frelon français. Malgré l'esprit d'entreprise qui l'anime et le soutien du Gouvernement italien, la situation d'Agusta risque de devenir difficile en Europe face au puissant tandem Westland/Sud-Aviation.

Coopérant de tous les grands programmes de série italiens, la SIAI-Marchetti s'est lancée dans l'entreprise hardie de développer en Europe une gamme complète d'avions légers modernes. Autour d'avions assez spécialisés comme l'amphibie Riviera, l'hélicoptère léger SH-4 et le bi/triplace de sport F-250, la SIAI développe différentes versions de son S-205, monoplan à voilure basse, de construction métallique économique, offert avec différentes puissances et formules d'atterrisseurs. L'accueil réservé aux premières machines de série, livrées depuis un an, permet de bien augurer de cette initiative.

Au delà de quelques accords de portée limitée avec l'Allemagne et la France, l'Italie se trouve donc isolée sur le plan aéronautique. Son industrie peut espérer survivre avec l'aide du Gouvernement pour

satisfaire essentiellement les besoins nationaux, mais cela ne laisse à vrai dire qu'un champ d'action très limité, compte tenu des modestes budgets disponibles. Maintenir cet isolement risque, à terme, de réduire à un état végétatif cette industrie de qualité qui fut pourtant parmi les premières à prôner la coopération et dont la place est, de droit, dans un ensemble aéronautique européen élargi.

La Belgique et la Hollande ont eu plusieurs fois l'occasion, dans un passé récent, de faire cause commune en matière d'armement. Ce fut le cas notamment pour la fabrication sous licence du Lockheed F-104 dont le choix avait été fait solidairement par les deux pays. Les choses ont depuis quelque peu évolué, car au moment où des problèmes de renouvellement de matériels aériens se posent avec acuité, la Belgique est contrainte, compte tenu de sa situation financière, de faire patienter son partenaire. La Force Aérienne belge et la Koninklijke Luchtmacht néerlandaise sont en effet parmi les dernières Armées de l'Air à utiliser en premières lignes des chasseurs-bombardiers Republic F-84F qui, militairement démodés, ne sont pas loin de la fin de leur carrière du point de vue vieillissement. Après consultations, un choix théorique a été fait, celui du Northrop F-5, dont 221 exemplaires pourraient être construits par les usines belges et hollandaises, ce qui permettrait de limiter les sorties de devises et d'assurer le plan de charge des industries aéronautiques, en crise particulièrement aiguë en Belgique. Pour parer à toute éventualité et notam-



Dérivé biréacteur du Fiat G-91, le G-91 Y est un chasseur-bombardier dont la production de série va être lancée pour l'Aeronautica Militare. Équipé de deux réacteurs General Electric J-85, cet appareil peut décoller d'une piste en herbe à son poids maximum de 8 700 kg.

ment à un report de la décision belge, la Hollande a de son côté pris contact tant avec les USA que le Canada — qui construit le F-5 sous licence — afin d'obtenir au meilleur prix une solution à son problème.

Cependant, le principal constructeur aéronautique hollandais, *Fokker*, n'a guère de souci de plan de charge grâce à son biturbine F-27 Friendship vendu à plus de 400 exemplaires dans le monde et dont les plus récents clients sont Air Inter et le Centre d'Exploitation Postale Métropolitain. Pour lui succéder, Fokker a conçu un biréacteur de 65 places pour courtes distances, le F-28 Fellowship, qui vient de commencer ses essais. Hamburger Flugzeugbau et Vereinigte Flugtechnische Werke en Allemagne, Short en Grande-Bretagne, ont contribué à l'étude et à la construction des prototypes et resteront intéressés à la série. Fairchild-Hiller, aux USA, en vendra une version raccourcie pour 40 à 50 passagers, le FH-228, assemblé à partir d'éléments venant de Hollande pour une bonne partie.

Telles sont les industries aéronautiques des pays qui pourraient trouver dans le cadre du Marché commun une occasion inespérée de se rapprocher pour alimenter au mieux de leurs intérêts un marché aéronautique important. Cependant, ici plus qu'ailleurs encore, l'influence américaine reste vive alors que les utilisateurs se complaisent à varier leurs besoins dans des proportions telles que des accords élargis demeurent problématiques. C'est très regrettable car, dans le cas de projets aussi ambitieux que l'Aérobis par exemple, la mise en commun des moyens d'études et de production ne serait pas superflue tandis que la juxtaposition des besoins des compagnies nationales — une centaine d'avions au départ — justifierait pleinement le lancement d'une chaîne.

EN MARGE DES «GRANDS»

Prestige ou besoin national réel, nombre de pays autres que les grands déjà mentionnés, s'efforcent de faire subsister ou de mettre sur pied leur propre industrie aéronautique.

En tête vient sans conteste le Canada, représenté principalement par *Canadair*,



Le Fokker F-28 Fellowship sera peut-être l'une des nouveautés les plus remarquées du Salon du Bourget. Ce biréacteur de 40-65

places sortira en série à partir de 1968 pour succéder au F-27 Friendship dont plus de 400 exemplaires ont déjà été vendus.

filiale de la General Dynamics américaine et par *De Havilland Canada* qui compte chacune environ 6 000 employés.

Canadair vit essentiellement de commandes gouvernementales, ayant toujours au moins un programme militaire important en cours. Après le CL-28 Argus de patrouille anti-sous-marine, est venu le F-104, puis le biplace CL-41A d'entraînement dont la production s'achève, tandis que démarre celle de plusieurs centaines de Northrop F-5. Canadair poursuit aussi l'expérimentation d'un avion à décollage vertical, le CL-84 Dynavert, et se prépare à sortir un amphibie rustique destiné principalement à la lutte contre les incendies de forêts mais pouvant servir aussi de transport, le CL-215, dont dix unités ont été commandées par la Protection Civile française.

Devenu un spécialiste mondial d'avions de brousse et de transports légers à décollage court, De Havilland Canada poursuit une très brillante carrière industrielle, ayant actuellement en production cinq modèles de sa conception, deux monomoteurs et trois bimoteurs, tous construits en série.

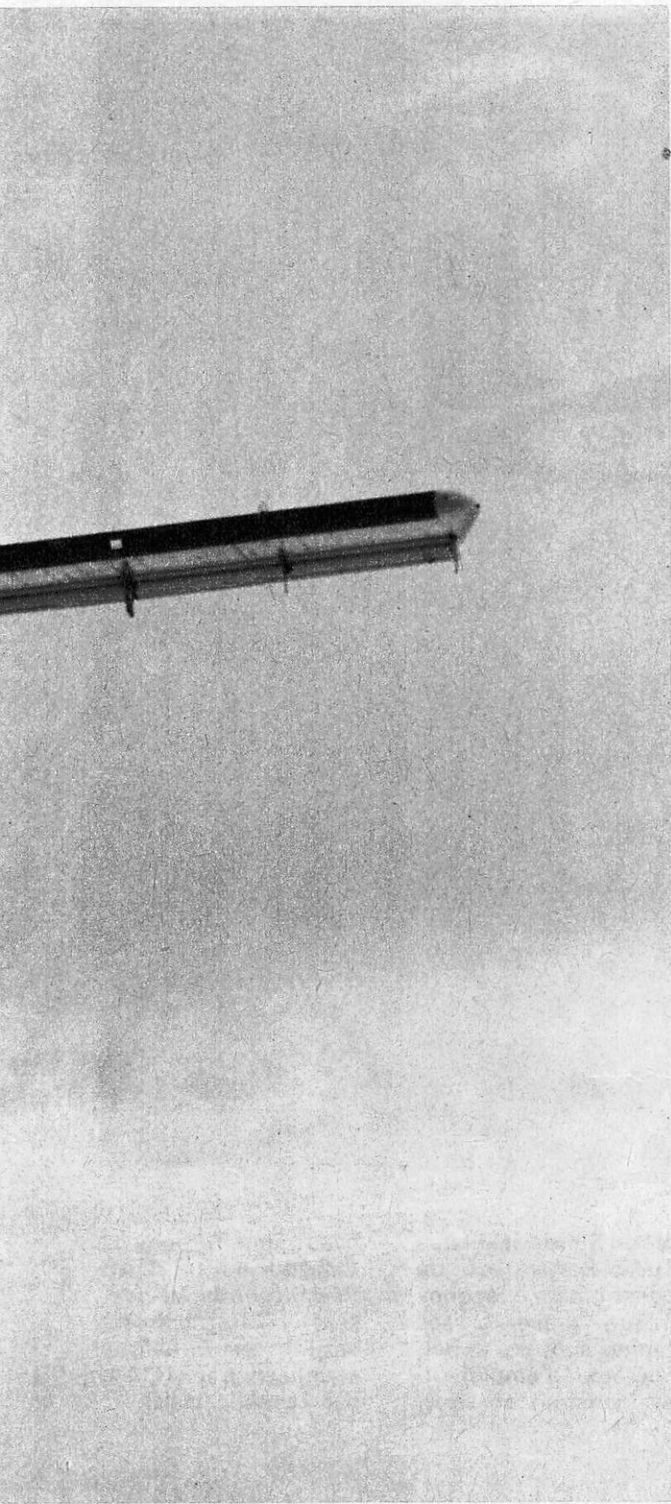
La Suède a, depuis trente ans, tenté de subvenir en circuit fermé à ses besoins en matière d'avions militaires. La *Flygvapnet* est à 90 % équipée d'avions SAAB, pour la plupart très modernes, l'avion de combat standard étant le SAAB 35 Draken. Pour lui succéder, a été conçu le système d'armes SAAB 37 Viggen, avion multi-missions à décollage court, de formule canard (empen-



De Havilland Canada s'est fait une spécialité des avions de travail aérien, robustes et économiques, décollant sur de courtes distances sur terre, eau, neige, glace. Le Twin Otter à turbines United Aircraft of Canada PT-

6 de 578 ch, sort dès à présent en série. Il peut accueillir jusqu'à 14 passagers dans sa cabine de 10,87 m³. Au poids total de 4 770 kg, le décollage de ce petit biturbine peut être effectué en moins de 200 mètres.

nage à l'avant). Ce programme rencontre malheureusement les mêmes difficultés de prix de revient que beaucoup d'autres et il est probable que de 700 exemplaires prévus, le volume de production sera ramené à 400 unités. SAAB a aussi sur chaîne son monomoteur d'entraînement de base et de liaison Safir — construit depuis vingt ans — et le biplace d'entraînement à réaction 105.



La Suisse et l'Australie ont ce point commun d'avoir chacune en activité une chaîne de Mirage III qui constitue, dans chacun des deux pays, l'essentiel de l'activité aéronautique. Ces programmes ont permis aux deux industries de hausser leur niveau technologique mais on ne voit pas jusqu'à présent ce qui pourra prendre la suite en fait de matériels avancés. Notons aussi en Australie

la production sous licence du biplace Macchi 326 et en Suisse l'activité de *Pilatus* dans le domaine des petits transports à décollage court.

Ne quittons pas l'Europe occidentale sans dire un mot de l'Espagne. La *CASA-Hispano* et *AISA* survivent avec de petites séries de matériels de conception nationale et avec l'entretien de matériels américains. Dans les six années futures, le programme principal intéressera la production de 70 Northrop F-5.

En Amérique du Sud, la situation économique ne prédispose pas à l'expansion d'une industrie aéronautique importante, alors que les besoins la justifieraient pleinement. L'idée d'une industrie brésilienne digne de ce nom revient périodiquement d'actualité sans aller beaucoup plus loin que les pages des journaux spécialisés. En Argentine, la DINFIA (Direction Nacional de Fabricaciones E Investigaciones Aeronauticas) produit quelques biturbines de liaison et avions légers. Le Bureau d'études reste actif mais ses travaux ne dépassent pas en général le stade du papier.

En Europe Centrale, la Tchécoslovaquie et la Pologne sont particulièrement actives. Elles ont toutes deux en production un avion militaire d'entraînement à réaction et le modèle tchèque, le L-29 Delphin, a été adopté par l'ensemble des pays du Pacte de Varsovie, y compris l'URSS mais moins la Pologne : la standardisation n'est pas plus efficace d'un côté du Rideau de fer que de l'autre. Si la Pologne est réputée dans le monde entier pour ses planeurs, la Tchécoslovaquie l'est aussi pour ses avions légers.

Au Moyen-Orient, l'Égypte poursuit ses efforts avec la coopération de techniciens allemands. Tandis que l'Hispano HA-200 Saeta sort en série sous le nom de Al-Kahira, la mise au point du chasseur supersonique HA-300 et de son réacteur Helwan E-300 progressent lentement. On ignore quand une éventuelle production de série de l'un et de l'autre pourrait déboucher. En Israël, l'activité industrielle reste centrée sur l'entretien des flottes civiles et militaires mais on prête toujours à l'Israël Aircraft Industry l'intention de lancer des avions de sa conception, notamment un transport léger biturbine de construction simple et d'emploi économique.

En Afrique, l'Afrique du Sud demeure le seul pays ayant des intentions aéronautiques sérieuses, qui vont commencer à se matérialiser avec la construction du Macchi 326.

Situation assez obscure en Inde, où des résultats inégaux ont été obtenus. Si la production du HS-748 de transport paraît avoir



été un échec, l'assemblage de Mig-21 battrait son plein, dit-on, dans une nouvelle usine. *Hindustan Aeronautics*, de son côté, a livré une première série de 60 chasseurs-bombardiers biréacteurs HF-24 de conception nationale et une centaine de chasseurs légers Gnat. Elle prépare une nouvelle version du HF-24 offrant des performances améliorées par l'adaptation du réacteur égyptien E-300 et commence l'assemblage des premiers biplaces d'entraînement HJT-16 Kiran de série.

Née il y a cinquante ans des exigences d'une guerre moderne, l'industrie aéronautique devait recevoir un formidable stimulant du second conflit mondial. Son développement, qui se poursuit sous nos yeux, s'est accompagné de profonds remaniements internes, fonction d'un niveau technologique toujours plus élevé et des problèmes

Né en Suisse, le Pilatus Turbo-Porter est de construction économique grâce à ses formes simples, et peu coûteux d'emploi. Il est construit en série,

avec un Turboméca Astazou ou un UAC Pt-6 (photo ci-dessus). Cette dernière version est produite sous licence aux U.S.A. par Fairchild-Hiller.

économiques qui s'y rattachent. Au cours des toutes dernières années, à côté de deux industries nationales gigantesques, l'embryon d'un groupe européen a commencé sa gestation. Ira-t-il jusqu'au plein épanouissement que l'on lui souhaite ou sera-t-il limité par les indécisions des partenaires à un stade tout à fait partiel ?

On n'ose penser que nos pays puissent laisser passer leur chance.

R. de NARBONNE.

aviation d'affaires

Si aux U.S.A., l'aviation d'affaires connaît une vogue sans cesse croissante avec 45 000 appareils en service, cette utilisation efficace et rationnelle de l'avion léger est désormais en voie de conquérir l'Europe. Si l'on ne compte actuellement en Europe qu'un millier d'appareils de cette catégorie, dont une centaine à peine en France, le Marché commun devrait, en stimulant les échanges et en abolissant les frontières, conduire à un très réel épanouissement de l'aviation d'affaires en Europe pour 1970.



Avec le tout récent Navajo, Piper lance une nouvelle série de bimoteurs d'affaires à cabine séparée du poste de pilotage. Six passagers sont transportés sur 1 500 km à près de 400 km/h.

Nés voici cinq ans, les Piper Cherokee forment maintenant une nombreuse famille. Le type ci-contre, équipé d'un Lycoming 235 ch, emporte une charge payante supérieure à son poids (650 kg).



Le Wing Derringer est caractérisé par sa formule inédite, celle du bimoteur léger biplace à hautes performances. Avec deux moteurs de 160 ch, cette petite machine croise à 370 km/h sur 1 600 km.

Tentative française dans le domaine du bimoteur d'affaires, le Jupiter 360 appartient à la formule « push-pull » (un moteur à l'avant, un à l'arrière). Le lancement en série n'est pas encore décidé.

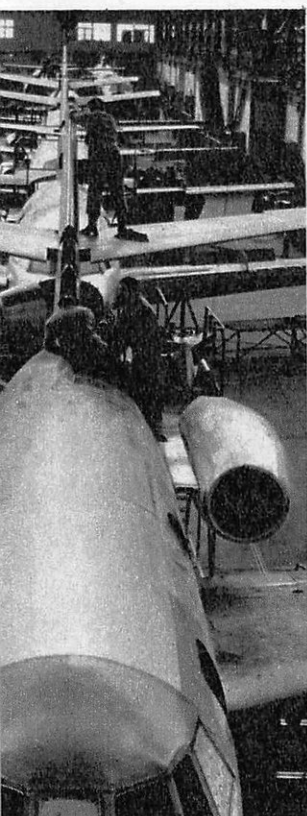


INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE FRANÇAISE

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière	Observations
ALPAVIA	RF 3	11,20	6	350	1 moteur Volkswagen	180 km/h	Monoplace léger à aile basse, train monoroue escamotable. Peut être utilisé comme planeur quand moteur coupé. Autonomie 500 km. Version RF4 de voltige, construite sous licence en Allemagne. Version prototype RF 5, biplace, envergure 13,75 m.
BREGUET	941 S	23,40	23,75	27 500	4 turbopropulseurs Turboméca Turmo III D 3 de 1 500 ch	465 km/h	Transport civil (57 passagers ou fret) ou militaire (40 hommes équipés) à aile haute ; utilise technique de la voilure soufflée pour décollage court. Autonomie 3 000 km. Version à cabine pressurisée 942.
	1 150 Atlantic	36,30	31,75	43 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne R Ty-20 (Hispano) de 6 100 ch	610 km/h	Appareil de reconnaissance maritime et de lutte anti-sous-marin, construit par un consortium européen. Fuselage double-bulbe avec pont supérieur pressurisé pour équipage de 12 hommes. Armement à la partie inférieure : bombes, charges de fond, roquettes, torpilles autoguidées. Eventuellement missiles air-surface à charge conventionnelle ou nucléaire. Autonomie 7 700 km.
	Jaguar	8,50	16,40	9 500	2 turboréacteurs double-flux Turboméca Rolls-Royce RB-172 de 3 100 kg	Mach 1,8	Appareil d'entraînement et d'appui tactique étudié en collaboration avec British Aircraft Corporation. Versions monoplace et biplace.
C.A.A.R.P.	Super-Émeraude	8,25	6,54	700	1 moteur Rolls-Royce-Continental O-200-A de 100 ch ou Potez 4 E-20 105 ch ou Lycoming O-235-C 108/115 ch	230 km/h	Biplace de tourisme et d'entraînement dérivé du Piel-Emeraude. Aile basse, train fixe, double commande ; autonomie 1 000 km.
	CP-100	8	6,90	680	1 moteur Potez 115 ch	240 km/h	Biplace à aile basse pour voltige.
CENTRE-EST AÉRONAUTIQUE	DR 220 « 2 + 2 »	8,70	6,85		1 moteur Continental O-200 de 100 ch	200 km/h	Appareil de tourisme 2/4 places. Autonomie 1 000 km.
	DR 250	8,70	7	960	1 moteur Lycoming O-320 de 150 ou 160 ch	270 km/h	Appareil de tourisme 4 places. Autonomie 1 200 km.
CROSES	Pouplume	7,8	3	200	1 moteur deux-temps	100 km/h	Biplan ultra-léger à ailes décalées, monoplace ; peut être construit par des amateurs.
	Criquet	7,8		500	1 moteur Continental 90 ch	175 km/h	Biplan à ailes décalées, biplace.
DASSAULT	Étendard IV-M	9,60	14,40	10 275	1 turboréacteur SNECMA Atar 8 de 4 400 kg	Mach 1,02	Monoplace transsonique en service à bord des porte-avions Foch et Clemenceau. Aile en flèche à 45°. Siège éjectable Martin-Baker. Armement : 2 canons DEFA 30 mm, bombes, roquettes, missiles air-surface Nord 5103 ou air-air Sidewinder. Autonomie 1 600 km. Version IV P de reconnaissance et ravitaillement en vol.
	Mirage III E	8,20	15	9 600	1 turboréacteur SNECMA Atar 9 C de 6 400 kg avec post-combustion ; 1 fusée auxiliaire largable SEPR 844 de 1 680 kg	Mach 2,15	Monoplace polyvalent à aile en delta à 60° ; siège éjectable Martin-Baker. Armement en mission interception : 1 missile air-air Matra R 530, 2 canons DEFA de 30 mm. Pour attaque au sol, bombes de 450 kg, roquettes missiles AS-30. Version III-O construite sous licence en Australie, III S, construite en Suisse, III R de reconnaissance, construite sous licence en Suisse (III RS). Version simplifiée Mirage V pour attaque au sol.
	Super-Mirage F-1C				1 turboréacteur SNECMA Atar 9 K de 6 700 kg	Mach 2,2	Intercepteur prototype ; aile en flèche à 45°.
	Super-Mirage F-2				1 fusée auxiliaire SEPR 1 turboréacteur SNECMA TF 306 à post-combustion de 9 070 kg	Mach 2,5	Prototype. Biplace à aile en flèche à 45°.
	Mirage III-V	8,72	18	13 450	1 turboréacteur SNECMA TF 306 à post-combustion de 9 000 kg		Prototype expérimental à décollage vertical dérivé du Mirage III.
	Mirage IV	11,85	23,50	31 600	8 turboréacteurs de sustentation Rolls-Royce RB-162 de 2 200 kg	Mach 2,2	Bombardier stratégique à aile en delta à 60° ; conçu pour délivrer une bombe nucléaire ; biplace, sièges éjectables Martin-Baker. Ravitaillé en vol par Boeing KC-135.
	Mystère 20	16	17,15	12 000	2 turboréacteurs double-flux General Electric CF 700-2 C de 1 900 kg	Mach 0,85	Biréacteur d'affaires pour 8/12 passagers commercialisé aux U.S.A. sous le nom de Fan Jet Falcon. Aile en flèche à 30°. Produit en collaboration avec Sud-Aviation.

Chaîne de Mirage III.

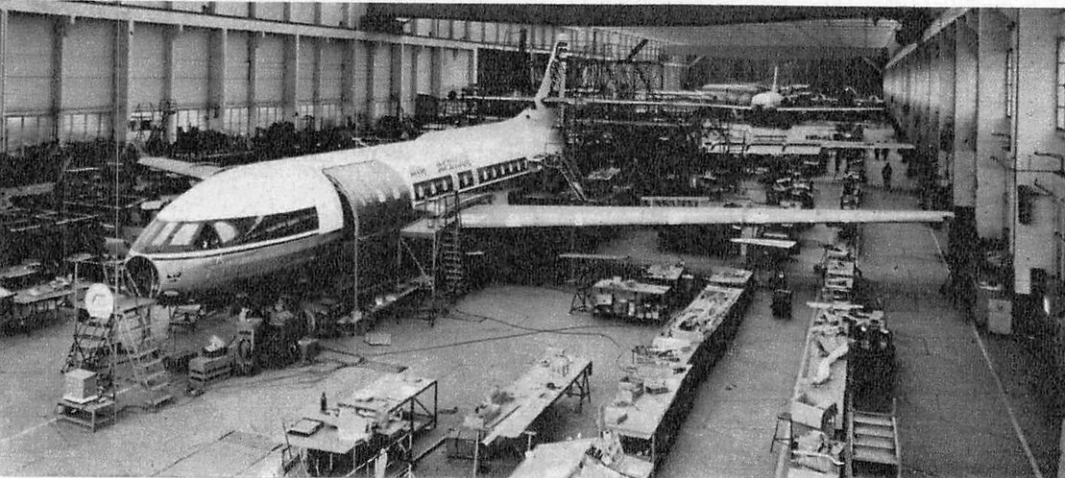




Chaîne de Mystère 20.

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière	Observations
DRUINE	D. 31 Turbulent	6,60	5,35	280	1 moteur Rollason-Ardem MK IV de 45 ch ou Ardem MK V de 55 ch	175 km/h	Monoplace ultra-léger à aile basse, train fixe. Construit sous licence en Grande-Bretagne par Rollason; peut être construit par des amateurs; autonomie 400 km.
	D. 5 Turbi	8,75	6,70	560	1 moteur Beausnier 45 ch	190 km/h	Biplace léger à aile basse, train fixe.
	Condor	8,40	6,85	670	1 moteur Rolls-Royce Continental O-200-A de 100 ch	200 km/h	Biplace léger à aile basse, train fixe. Autonomie: 560 km. Construit sous licence en Grande-Bretagne par Rollason.
GATARD	Poussin	6,40	4,50	280	1 moteur Volkswagen de 24 ch modifié	160 km/h	Monoplace ultra-léger à aile basse pouvant être construit par des amateurs. Peut recevoir différents moteurs jusqu'à 40 ch. Autonomie 375 km.
JODEL	D 112 Club	8,20	6,35	520	1 moteur Continental 65 ch	190 km/h	Biplace à double commande dérivé du «Bébé Jodel». Peut être construit par des amateurs. Autonomie 600 km. Version D 117 avec moteur Continental 90 ch.
JURCA	M.J. 2 Tempête	6	5,85	430	1 moteur Continental de 65 ch	190 km/h	Monoplace de voltige pour construction d'amateur; aile basse, train fixe. Peut recevoir différents moteurs jusqu'à 125 ch.
	M.J. 3	6,27	5,85	480	1 moteur Continental de 90 ch	210 km/h	Monoplace de voltige pour construction d'amateur. Peut recevoir divers moteurs de 85 à 125 ch. Version dérivée Shadow, vitesse 215 km/h.
	M.J. 5 Sirocco	7	6	630		235 km/h	Biplace de tourisme et de voltige dérivé du M.J.2; peut être construit par des amateurs; peut recevoir divers moteurs de 90 à 135 ch.
	M.J. 7 Gnatsum	7,50	6,70	630	1 moteur Continental O-200 de 100 ch		Monoplace à aile basse pour construction d'amateur. Réplique aux 2/3 du chasseur P-51 Mustang de la seconde guerre mondiale.
NORD-AVIATION	Nord 262	19,30	22	10 400	2 turbopropulseurs Turboméca Bastan VI C de 1 065 kg	385 km/h	Transport léger passagers (26/29) ou fret pour étapes courtes; cabine pressurisée et conditionnée. Autonomie 1 100 km.
	Transall C-160	40	32	44 200	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne RTy-20 de 6 100 ch	535 km/h	Transport lourd pour utilisations civiles et militaires. Cockpit et soutes pressurisés et conditionnés. Construit en collaboration avec des firmes allemandes (Vereinigte Flugtechnische Werke et Hamburger Flugzeugbau). En version militaire, peut transporter 81 hommes équipés, véhicules blindés, jeeps, etc. jusqu'à 16 t. Possibilité d'adaptation de 2 réacteurs auxiliaires pour décollage court (Bristol-Siddeley Orpheus, Rolls-Royce R.B.-162, etc.).
PIEL	Émeraude	8,30	6,03	640	1 moteur Continental 65 ch, 85 ch, 90 ch ou Salmson 90 ch	220 km/h	Biplace léger à aile basse et train fixe pour construction d'amateur. Autonomie 950 km. Versions construites sous licence en Allemagne, Afrique du Sud, Espagne, Grande-Bretagne. Version Sport de voltige, moteur Lycoming 115 ou 150 ch. Version Diamant triplace à moteur Continental 90, 100 ch ou Potez 115 ch. Version Super Diamant triplace, train tricycle escamotable.
	Beryl	8	6,40	550	1 moteur Continental 65 ou 90 ch	175 km/h	2/3 places, pour construction d'amateur; train tricycle fixe. Autonomie 650 km.
POTEZ	841	19,60	15,90	8 900	4 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT6-A de 590 ch	500 km/h	Transport léger pour lignes d'apport (24 passagers) ou version affaires pour 8 passagers. Cabine pressurisée. Autonomie 1 700 km. Version 842 à 4 turbopropulseurs Turboméca Astazou XII de 640 ch.
	M.S. Paris III	11,50	10,85	4 000	2 turboréacteurs Turboméca Marboré VI de 480 kg	670 km/h	Biréacteur d'affaires et de liaison rapide. Cabine pressurisée 6 places. Autonomie 2 000 km.
	CM 170 Magister	12,15	10	3 200	2 turboréacteurs Turboméca Marboré II A de 400 kg	715 km/h	Biréacteur d'entraînement, biplace en tandem avec double commande; cockpit pressurisé et conditionné. Peut recevoir un armement pour appui tactique: mitrailleuses, roquettes, bombes, engins AS-11. Version super-Magister à 2 Turboméca Marboré VI de 480 kg, vitesse 745 km/h, autonomie 940 km.
	P. 94				2 turboréacteurs Turboméca Marboré Super VI de 530 kg	780 km/h	Version développée du CM-170 Magister; autonomie 1 600 km.
S.I.P.A.	Antilope	11,10	9	1 900	1 turbopropulseur Turboméca Astazou X de 665 ch	450 km/h	Quadriplace de liaison et d'affaires; aile basse, train tricycle escamotable. Autonomie 2 000 km.
SOCIÉTÉ AÉRONAUTIQUE NORMANDE	Jodel D. 150 Mascaret	8,15	6,30	720	1 moteur Rolls-Royce Continental O-200-A de 100 ch, ou Potez 4E-20 de 105 ch	240 km/h	Biplace de tourisme à train fixe. Autonomie 1 600 km.
	Jodel D-140 E Mousquetaire	10,30	7,80	1 200	1 moteur Lycoming O-360 A 2 A de 180 ch	250 km/h	Quadriplace de tourisme à aile basse, train fixe, autonomie 1 400 km.

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière	Observations
SUD-AVIATION	Caravelle VI-R.	34,30	32	50 000	2 turbo-réacteurs Rolls-Royce Avon 533 R de 5 725 kg	845 km/h	Biréacteur moyen-courrier pour 64/80 passagers; aile en flèche à 20°. Autonomie 1 600 km. Version 10 R (passagers) et 11 R (passagers et fret; longueur 32,70 m) à 2 turbo-réacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 8 D de 6 350 kg de poussée. Poids 52 000 kg.
	Caravelle Super	33	34,30	52 000	2 turbo-réacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 8 D-1 de 6 350 kg	835 km/h	Version allongée pour 104 passagers. Autonomie 3 260 km.
	Concorde	23,50	58,25	154 000	4 turbo-réacteurs Bristol-Siddeley SNECMA Olympus 593 B de 15 000 kg	Mach 2,2	Long-courrier supersonique construit en collaboration avec British Aircraft Corporation. Fuselage pressurisé et conditionné; aile ogivale en delta. Jusqu'à 136 passagers. Autonomie 6 700 km.
	Gardan GY-80 Horizon	9,70	6,65	1 020	1 moteur Lycoming O-320 -E de 150 ch, O-320 D de 160 ch ou O-360 A de 180 ch	240 km/h	Quadriplace de tourisme à aile basse, double commande, train tricycle semi-escamotable. Autonomie 1 300 km.
	M 360-6 Jupiter	11,50	8,75	2 400	2 moteurs Lycoming O-540 de 290 ch ou TI O-541 de 310 ch	370 km/h	Avion d'affaires 6/7 places, aile basse, train tricycle escamotable; 2 moteurs: 1 situé à l'avant avec hélice tractive, 1 à l'arrière avec hélice propulsive. Autonomie 2 000 km.
	M 360-6 Présidence	12,25	9,40	2 800	2 moteurs Lycoming TI O-541 de 400 ch	430 km/h	Version développée du précédent, à cabine plus spacieuse et pressurisée.
	M.S. Rallye	9,60	6,95	850	1 moteur Continental O-200 de 100 ch	195 km/h	Appareil de tourisme 3/4 places, train tricycle fixe, double commande. Version Rallye Commodore 4 places avec moteur Lycoming O-320 de 150 ch ou O-360 de 180 ch (pour utilisations agricoles). Autonomie 850/1 000 km.
	SE 3130 Alouette II	9,70		1 600	1 turbine Turboméca Artouste II de 360 ch	185 km/h	Hélicoptère tous usages, 5 places. Rotor principal à 3 pales, diamètre 10,2 m; rotor anticouple arrière à 2 pales, diamètre 1,80 m. Train à roues ou patins, éventuellement flotteurs. Autonomie 600 km. Version Alouette Astazou à turbine Turboméca Astazou de 360 ch, vitesse max. 200 km, autonomie 700 km.
	SE 3160 Alouette III	10		2 100	1 turbine Turboméca Artouste III B de 550 ch	210 km/h	Version développée du précédent: 7 places, train tricycle fixe. Rotor principal 11 m, rotor arrière 1,90 m. Autonomie 620 km. En version militaire, peut transporter 6 hommes équipés, peut être équipé de canons, mitrailleuses, roquettes, engins AS-11 et AS-12.
	SA 340	8,40		1 450	1 turbine Turboméca Astazou II N	270 km/h	Hélicoptère 5 places, destiné à remplacer les Alouettes II pour les utilisations militaires. Rotor principal rigide à 3 pales, diamètre 9,20 m; rotor anticouple arrière, diamètre 0,60.
	SA 321 Super Frelon	23		12 000	3 turbines Turboméca Turmo III C 3 de 1 500 ch	265 km/h	Hélicoptère lourd mis au point en collaboration avec Sikorsky. Peut transporter 30 hommes équipés ou en version civile 24/28 passagers ou 4 500 t de fret. Rampe de chargement arrière. Rotor principal à 6 pales, diamètre 19 m; rotor anticouple arrière à 5 pales, diamètre 4 m. Autonomie 500 km.
	SA 330	14,80		6 000	2 turbines Turboméca Turmo III C 4 de 1 300 ch	280 km/h	Hélicoptère moyen pour missions diverses militaires. Peut transporter jusqu'à 18 hommes équipés. Rotor principal à 4 pales, diamètre 15 m, rotor anticouple arrière à 5 pales, diamètre 3,10 m. Autonomie 560 km.
WASSMER	D. 120 Paris-Nice	8,20	6,36	650	1 moteur Continental C 90-14 F de 90 ch	210 km/h	Version de luxe du Jodel D-112. Train fixe, double commande. Autonomie 1 100 km.
	Super IV	10	8,10	1 200	1 moteur Lycoming O-360 A 1-A de 180 ch	270 km/h	Appareil de tourisme et d'affaires 4/5 places; aile basse, train tricycle escamotable. Autonomie: 1 700 km. Version WA-41 à train fixe. Version prototype WA-421 à moteur Lycoming 235 ch.
	WA-50	8,60	7,15	1 000	1 moteur Lycoming O-320 de 150 ch	280 km/h	Prototype 4 places à structure entièrement constituée de matériaux plastiques. Aile basse, train tricycle escamotable. Autonomie 1 000 km.



Caravelle 11 R
carga-mixte.

aviation de loisir en France

Plus de 100 000 appareils de tourisme volent aux U.S.A., 10 000 seulement en Europe, dont 3 000 en France. En ce domaine, les progrès sont cependant bien nets, à mesure que s'améliore le niveau de vie et que se développe « l'esprit aéronautique ». De plus, à l'inverse de ce qui se passe pour l'aviation d'affaires, l'Europe pourvoit à 80 % de ses besoins en avions de tourisme. Les constructeurs français sont ici particulièrement dynamiques : 500 appareils légers sortent chaque année de leurs ateliers.



► **Bon planeur, l'Alpavia R F-4 a l'avantage de disposer d'un moteur pouvant être remis en marche à volonté. Cette disposition lui confère une réelle autonomie, solution économique à la pratique du vol à voile. Le RF-4 est aujourd'hui fabriqué sous licence en Allemagne de l'Ouest.**

▼ **Conçu comme avion d'école biplace le DR-220 de Centre-Est Aéronautique comporte deux petites places arrière et peut être utilisé pour le tourisme. La puissance, limitée à 100 ch, rend cet appareil très économique.**





◀ La Socata, filiale de Sud-Aviation pour les avions de tourisme, offre une gamme assez large basée sur le Rallye (ex-Morane Saulnier) et le Gardan Horizon, tous deux quadriplaces. Le Rallye existe en plusieurs versions, dont le Commodore à moteur 180 ch, au centre; l'Horizon, ici au premier plan, est caractérisé par son atterrisseur escamotable.

Ancien pilote de chasse, Marcel Jurca rêvait d'un petit appareil rapide et maniable pour la voltige. Il fut ainsi amené à construire son monoplace Tempête, puis le biplace MJ-5 Sirocco (photo ci-dessous), dont la construction est à la portée des amateurs.



BEAUJARD

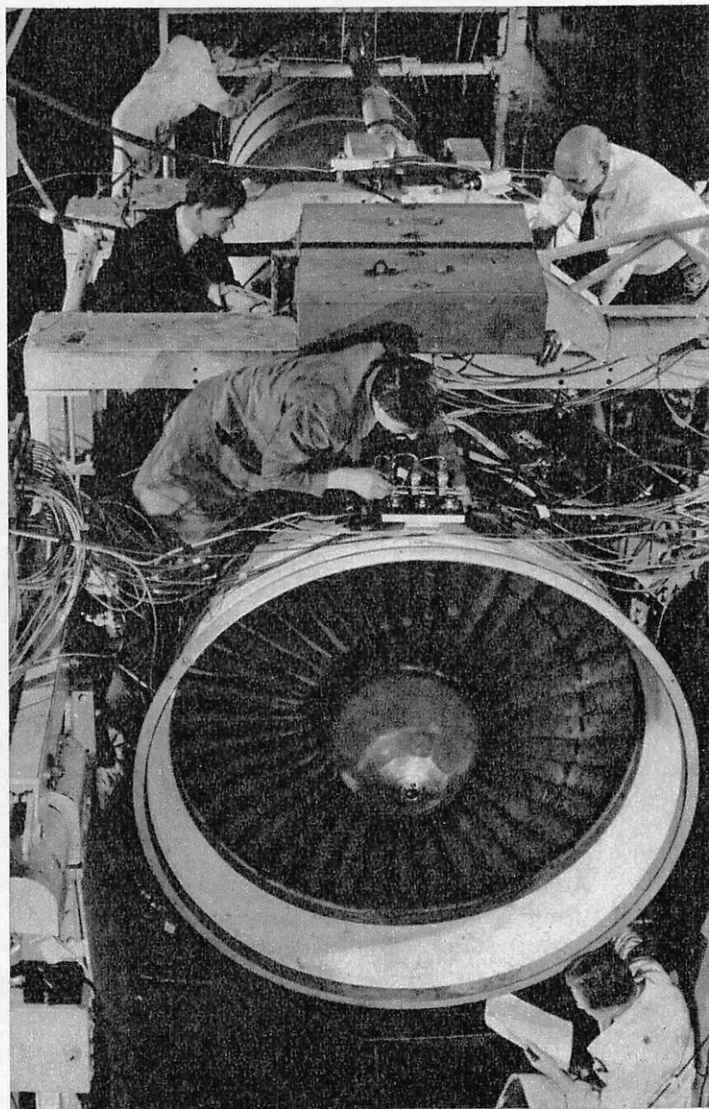
25 ans de turboréacteurs

Quelque vingt-cinq ans après l'apparition sur le front occidental, en 1943, des premiers chasseurs à réaction, les Messerschmitt Me-262 équipés de deux Junkers Jumo-004, le turboréacteur a gagné la partie, en aviation civile comme en aviation militaire, à côté du turbopropulseur, en expulsant à peu près complètement le moteur à explosions. En fait, les essais du turboréacteur étaient conduits simultanément en vol, depuis 1941, en Allemagne sur le Me-262 et en Grande-Bretagne sur le Gloster E-28/29.

Le mérite de l'idée revient incontestablement à Frank Whittle, qui la présenta en 1928, alors qu'il était élève à l'école des cadets de la *Royal Air Force*. Les réalisations britanniques furent assez lentes. Ce n'est qu'en mars 1935 que Whittle put réunir les capitaux nécessaires à la formation de Power Jets Ltd et, l'année suivante, à y intéresser le ministère de l'Air. Après les premiers vols expérimentaux de 1941, le Gloster Meteor était prêt en juin 1943. Il fit ses premiers vols de guerre contre les bombes volantes V-1 à l'été 1944, mais l'armistice survint avant qu'il pût être livré en série aux formations combattantes.

Partie beaucoup plus tard dans la même voie avec les essais de Junkers en 1936 et la mise en chantier en 1939 du Jumo-004, puis avec les travaux de B.M.W. et de Heinkel en 1937 et 1941, l'aviation allemande poussa ses programmes malgré les destructions des Alliés. A l'armistice, Junkers produisait à lui seul 1 500 turboréacteurs par mois.

Si les techniciens américains n'ont pas pris place en ce domaine parmi les précurseurs, ils comprirent rapidement l'intérêt du turboréacteur. Le général Arnold, commandant en chef de l'aviation américaine, ayant visité l'usine de Whittle, demanda à la General Electric, en octobre 1941, d'entreprendre une



Rolls-Royce, le plus important constructeur européen de réacteurs, poursuit à Derby ses essais sur le RB-178,

de grande poussée (19 960 kg), à grand rapport de dilution et de consommation réduite destiné à l'Airbus.

réalisation semblable. Montée sur un avion Bell, elle volait en octobre 1942. La construction des chasseurs suivait, plus vite encore. Lockheed ne demandait que 143 jours pour le prototype du F-80 Shooting Star, qui volait en janvier 1944.

Le turbopropulseur

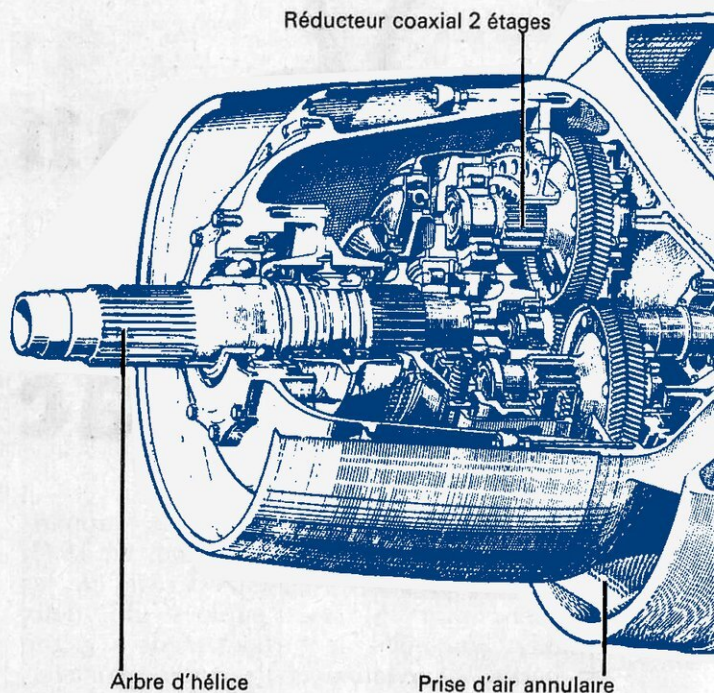
Dès l'entrée en service des premiers turbo-réacteurs allemands sur les Messerschmitt Me-262, l'intérêt de l'association d'une hélice à la turbine à gaz apparut avec évidence pour de multiples applications.

Le « rendement propulsif », c'est-à-dire le rapport du travail utile fourni par l'hélice à l'énergie mécanique transmise par le moteur à son arbre, est excellent dans le domaine subsonique, où il dépasse largement 0,8. Il tombe assez vite dans le domaine transsonique : aux vitesses de 900 à 1 000 km à l'heure qu'on obtenait des premiers chasseurs à réaction, il aurait difficilement atteint 0,7.

Aussi le rendement propulsif du turbo-réacteur, qui s'évalue de même par le rapport du travail utile de propulsion à l'énergie cinétique contenue dans le jet de gaz, paraissait-il acceptable aux vitesses de 900 à 1 000 km/h. D'autant qu'on éliminait ainsi le poids assez important d'un réducteur et d'une hélice. Mais la combinaison de la turbine à gaz et de l'hélice, le turbopropulseur, devait l'emporter théoriquement aux vitesses qu'on demandait en 1945 à l'avion de transport.

La commission Brabazon, qui eut la charge de préparer au cours de la Seconde Guerre mondiale la reconversion de l'industrie aéronautique britannique, mita donc sur le turbopropulseur pour les appareils géants dont elle suggérait la construction, le Bristol Brabazon de 131 000 kg et l'hydravion Saunders-Roe SR-45 Princess de 142 000 kg. En même temps, toute une série de turbopropulseurs étaient mis à l'étude en Grande-Bretagne, chez Rolls-Royce, Bristol et Armstrong-Siddeley. L'échec fut total. Le Brabazon et le Princess furent abandonnés à l'état de prototype.

L'industrie britannique réduisit ses prétentions et aborda, avec le Bristol Britannia, le domaine du quadriturbopropulseur long-courrier en limitant le poids à quelque 70 000 kg, la vitesse de croisière à 575 km/h et la capacité à 92 passagers. Le Britannia bénéficia de quelques commandes, britanniques pour la plupart, dont celles de la B.O.A.C. qui le mit en service à partir de février 1957. La clientèle internationale lui préféra les qua-

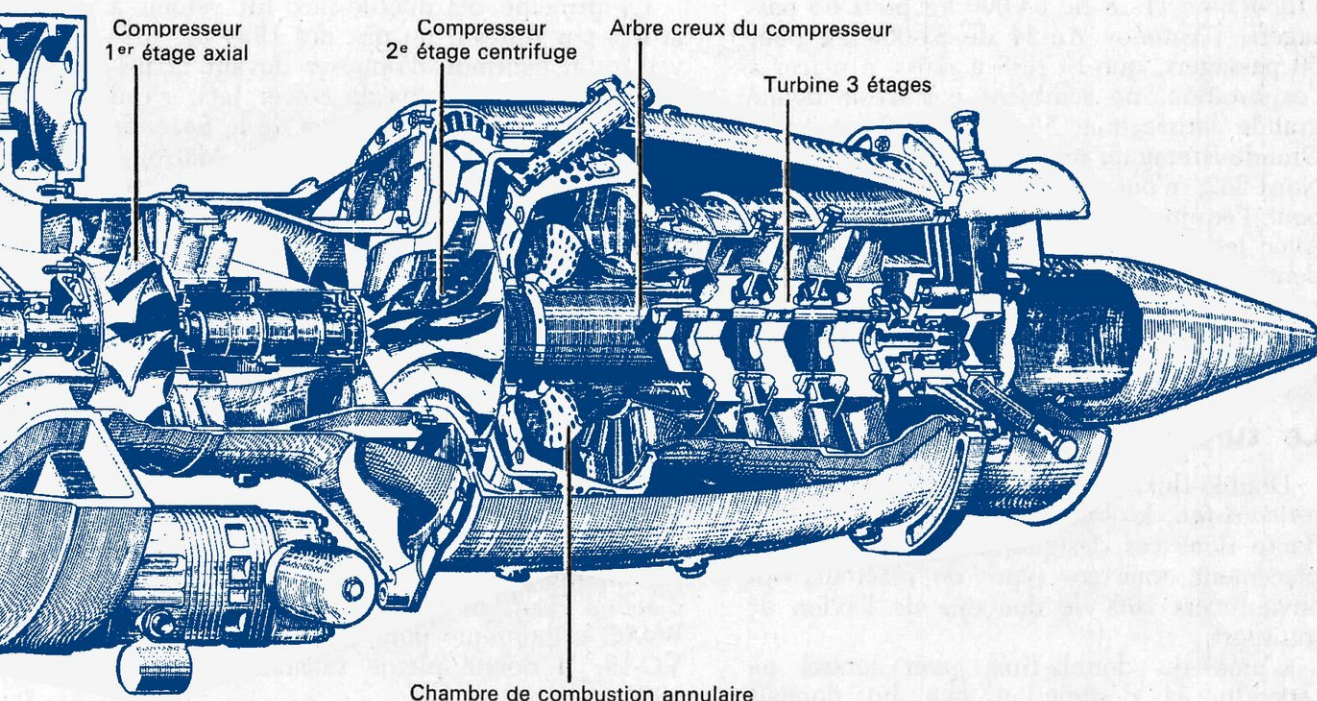


Le Bastan VI C, turbopropulseur de 212 kg et 1 065 ch, est l'une des plus récentes parmi les nombreuses réa-

lisations de Turboméca, spécialiste des turbomachines de petite puissance. Il est monté sur le Nord 262.

driréacteurs américains qui sortaient vers la même époque.

Sans souci des échecs britanniques, l'URSS a poursuivi obstinément jusqu'à aujourd'hui la réalisation des bombardiers lourds et long-courriers de gros tonnage équipés de turbopropulseurs. Au bombardier Tupolev Tu-20, dont on estime le poids à 154 000 kg et le rayon d'action à 12 500 km, présenté à Tushino en juillet 1955, succéda en 1957 sa version commerciale, le Tu-114, dont les 165 000 kg font encore le plus lourd avion de transport en service. Il relie toujours en vol direct l'URSS à Cuba en passant au large de la Norvège. Equipé de quatre turbopropulseurs Kousnetsov NK-12 M de 14 800 ch chacun actionnant une paire d'hélices contrarotatives, la vitesse de croisière du Tu-114 est estimée à 740 km/h. L'URSS réclame pour lui plusieurs records avec charge utile, notamment depuis 1960 un record de vitesse de 871 km/h pour avion à hélices. La plus récente réalisation soviétique dans le même domaine est celle de l'Antonov An-22 Antée, présenté au Salon du Bourget de juin 1965. Equipé d'une variante des turbopropulseurs du Tu-114, l'Antée décollerait à 250 000 kg, avec un rayon d'action



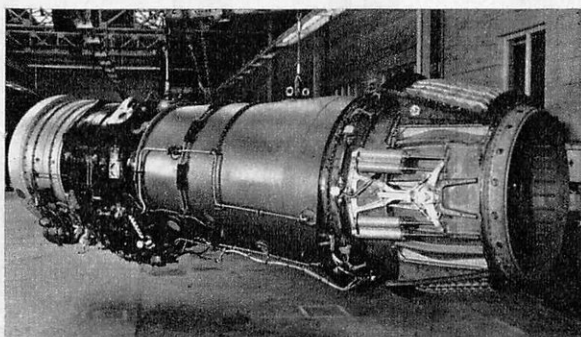
atteignant 11 000 km. On annonçait en 1965 qu'une version civile, emportant jusqu'à 724 passagers, doublerait la version de transport militaire. Il semble que l'on ait renoncé, au début de 1967, à en équiper l'Aeroflot.

En dehors d'une tentative peu heureuse de Lockheed avec son Electra qui vola en décembre 1957, les constructeurs américains se sont unanimement ralliés, pour l'avion de transport civil long-courrier, à la formule de « l'impasse au turbopropulseur ». Aux Douglas DC-7C et aux Lockheed Starliner, équipés des derniers Wright Turbo-Compound à 18 cylindres, qui entraient en service en 1957, devaient succéder directement des quadriréacteurs Boeing 707 et Douglas DC-8. L'étape du turbopropulseur était jugée inutile. L'U.S. Air Force a acquiescé en commandant en 1961 à Lockheed des quadriréacteurs de transport militaire C-141 Starlifter. Les quadriréacteurs américains remportèrent aussitôt un tel succès que la Grande-Bretagne et l'URSS durent suivre, la première avec ses Vickers VC-10 et Super VC-10, la deuxième avec ses Iliouchine Il-62.

Le seul succès véritable du turbopropulseur, qui commence d'ailleurs à être contesté aujourd'hui, a été remporté dans le domaine du moyen-courrier de petit tonnage. Il a débuté, en Grande-Bretagne, avec le Vickers Viscount de 28 000 kg, 520 km/h, équipé à l'origine, en 1953, de quatre Rolls-Royce Dart de 1 400 ch et transportant 40 passagers. Aux Pays-Bas, le Fokker F-27 de 16 200 kg, 480 km/h, équipé de deux Rolls-

Royce Dart suivit avec les premières mises en service en 1958, transportant de 40 à 44 passagers ; il est assez économique pour que la France en ait encore commandé fin 1966. L'une des plus récentes réalisations françaises est celle du Nord-262, de 10 300 kg, 360 km/h, équipé de deux Turboméca Bastan de 1 065 ch, transportant de 26 à 29 passagers ; il est entré en service en juillet 1964 sur les lignes d'Air-Inter et a fait l'objet de commandes américaines et japonaises.

Cependant, malgré le succès du F-27 vendu à plus de 400 exemplaires fin 1966, Fokker a choisi pour lui succéder un F-28 bi-réacteur qui doit entrer en service en 1967. Les quelques dizaines de biturbopropulseurs soviétiques de formule voisine du F-27,



Le Rolls-Royce Conway R Co-43 est la plus récente version, en 9 890 kg de poussée, du Conway qui

a été le premier des réacteurs à double-flux. Il équipe notamment le quadrimoteur B.A.C. Super VC-10.

l'Iliouchine Il-18 de 64 000 kg pour 65 passagers, l'Antonov An-24 de 21 000 kg pour 50 passagers, que l'URSS a réussi à placer à l'exportation, ne semblent pas avoir donné grande satisfaction. Ni les États-Unis, ni la Grande-Bretagne, ni la France en dehors du Nord-262, n'ont accepté le turbopropulseur pour l'équipement de leurs moyen-courriers. Avec les Caravelle, les BAC-111 et les Trident, les Douglas DC-9 et les Boeing 727 et 737, leurs industries aéronautiques ont remporté à l'exportation des succès qu'aucun biturbopropulseur n'aurait pu égaler.

Le turboréacteur à double-flux

Double-flux, by-pass, *ducted fan*, *aft-fan*, *forward-fan*, le « fan » étant une turbo-soufflante dont ces désignations précisent l'emplacement, tous ces types de réacteurs ont envahi vers 1960 le domaine de l'avion de transport.

L'idée du double-flux, pour lequel on retiendra la désignation que lui donnait son inventeur, Frank Whittle, remonte au moins au brevet que celui-ci déposa en mars 1936 au nom de la Power Jets, avant même la naissance du turboréacteur classique. Pour relever à la fois la poussée et le rendement propulsif du turboréacteur, Whittle proposait « de diviser l'air sortant du compresseur en un premier flux expulsé par une tuyère de propulsion et en un deuxième flux alimentant la turbine à gaz qui entraînerait le compresseur. »

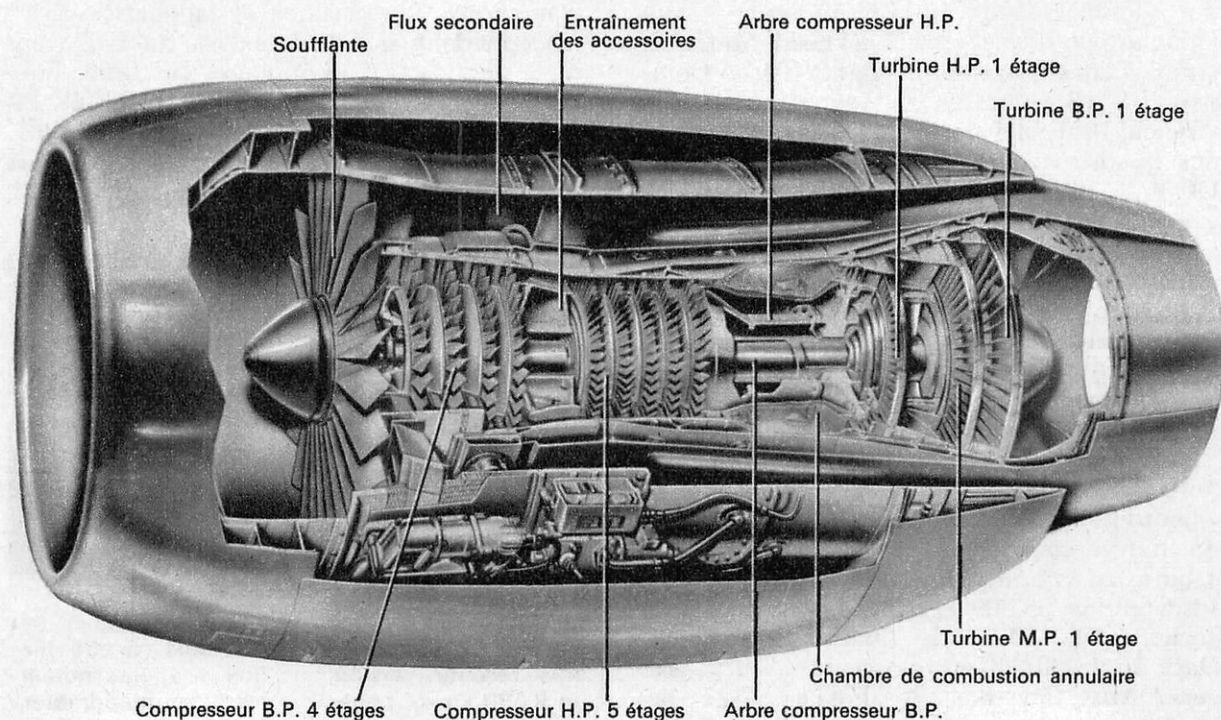
Le principe du double-flux fut retenu à la fois par Rateau qui prit dès 1939 des brevets qu'il continue d'opposer devant la justice britannique à ceux de Power Jets et qui en poursuivit l'étude au cours de la Seconde Guerre mondiale. Simultanément, Metropolitan-Vickers entreprenait en 1941 les premiers essais du turboréacteur à soufflante arrière, qui devait tourner au banc avec le F 2/3 Beryl en 1946.

Le succès véritable du double-flux est à inscrire à l'actif de Rolls-Royce et de son Conway. L'étude débuta en 1947 avec un projet destiné à équiper les bombardiers quadriréacteurs britanniques type V. Le Conway tourna pour la première fois au banc en août 1952. Dès 1955-56, il était choisi par plusieurs acheteurs du Boeing 707 et du Douglas DC-8, spécialement pour les lignes transatlantiques exigeant le plus grand rayon d'action (Lufthansa, Alitalia...), puis par la BOAC britannique pour ses VC-10 et Super VC-10. Il donne pleine satisfaction depuis 1960.

Les délais réclamés par l'étude d'un turboréacteur à double flux entièrement nouveau, dont on pouvait juger par la durée de la mise au point du Conway, incitèrent les

Le Trent, de 4 400 kg de poussée est le premier d'une famille nouvelle étudiée par Rolls-Royce. Avec trois arbres au lieu de deux et

un rapport de dilution des gaz porté à près de trois, le constructeur promet un gain de consommation de 25 % par rapport au Conway.



constructeurs américains, la General Electric comme Pratt et Whitney, à transformer en double-flux un turboréacteur existant. La General Electric choisit l'adjonction au CJ-805 d'une soufflante arrière ; Pratt et Whitney celle, aux JT-3 et JT-4, d'une soufflante avant.

Trois avantages, qui ont été s'accroissant, sont à mettre à l'actif du double-flux : le relèvement de poussée au décollage et en montée, la réduction du bruit, l'économie de consommation.

Sur le Boeing 707 et le Douglas DC-8, les constructeurs ne s'étaient guère inquiétés de la grave infériorité en poussée du turboréacteur sur l'hélice, qu'elle fût entraînée par un moteur à explosions ou par une turbine. Les aéroports, pensaient-ils, sauraient bien s'y adapter, en allongeant leurs pistes. Ils le firent, à grands frais, en changeant au besoin d'emplacement. Mais ils n'en imposèrent pas moins des restrictions telles qu'elles interdisaient souvent aux nouveaux quadriréacteurs de décoller à pleine charge. Le double-flux, compromis entre le turboréacteur pur et le turbopropulseur — c'est en quelque sorte un turbopropulseur à « hélice carénée » de faible diamètre — améliore très largement la poussée aux faibles vitesses du décollage et de la montée. Le gain est de 40 à 50 % en passant de la poussée au décollage du General Electric CJ-805 (5 090 kg) à la version double-flux CJ-805-23 (7 300 kg), ou du Pratt et Whitney JT3C (6 200 kg) au JT3D (9 500 kg).

Le niveau sonore atteint par un réacteur au décollage et dans la montée qui suit dépend à la fois de sa poussée et de la vitesse d'éjection des gaz. Celle-ci est le facteur principal du bruit indésirable. Les silencieux qu'on tenta d'ajouter à l'échappement n'aboutirent guère qu'à diminuer la poussée et augmenter la consommation. Le double-flux apporte ici une solution parfaite, en agissant sur le facteur principal qui est la vitesse d'éjection. Le mélange des deux flux avant éjection, tel qu'il est fait dans le Rolls-Royce Conway, est d'ailleurs théoriquement préférable aussi bien du point de vue rendement propulsif que du point de vue réduction du bruit. Cependant, les résultats obtenus avec les soufflantes arrière et avant de General Electric et de Pratt et Whitney, où le mélange des deux flux se fait dans l'air ambiant, ont donné en pratique de bons résultats. Avec la moyenne des double-flux, on peut obtenir une réduction du niveau sonore de 10 décibels par rapport aux meilleurs réacteurs classiques de même poussée.

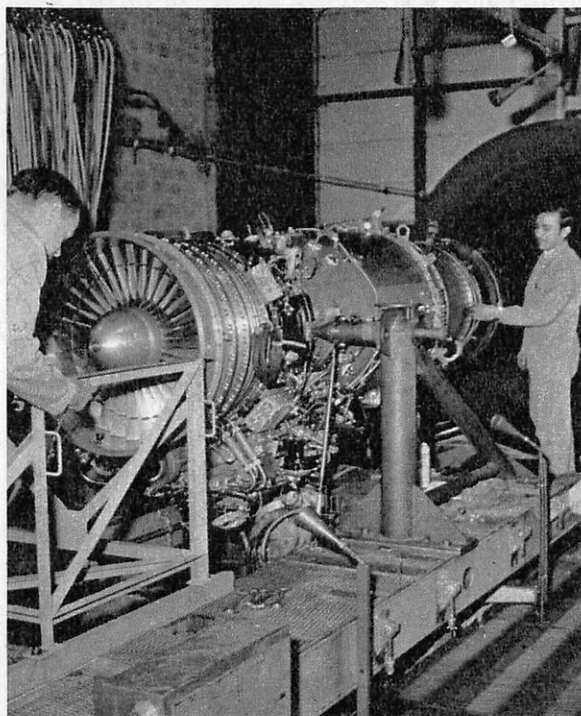
L'idée de réduire la consommation, donc

d'augmenter le rendement propulsif en éjectant à vitesse moindre une masse d'air accrue était à la base même du brevet de Whittle. On peut même la faire remonter vers 1890 à la théorie de Froude sur l'hélice, en considérant celle-ci comme une variante de propulsion par réaction, où l'on éjecte sur l'arrière à une vitesse accrue par l'hélice l'air que celle-ci prélève sur l'avant. La poussée obtenue, que ce soit par le turboréacteur ou l'hélice, est égale à l'accroissement de la quantité de mouvement du débit d'air, donc au produit de sa masse par le supplément de vitesse. L'énergie cinétique qu'emporte cet air, et qui est perdue dans l'atmosphère, est la moitié du produit de cette masse par le carré de cette vitesse. Du seul point de vue du rendement propulsif, il y aurait donc toujours intérêt à augmenter la masse d'air prélevée par le compresseur, ou par l'hélice, en diminuant le supplément de vitesse qu'on lui imprime.

Aussi bien pour l'hélice que pour le double-flux, cette théorie élémentaire néglige quantité d'autres facteurs dont l'intervention définit un diamètre optimum. L'avantage de l'hélice disparaît même, comme on l'a précédemment indiqué en trai-

Étudié en collaboration par la SNECMA et Bristol-Siddeley, le M-45 tourne au banc, à Melun-Villaroche, depuis juin 1966. C'est

un double-flux à rapport de dilution de 3,25 destiné à l'avion d'attaque franco-britannique de Mach 2 à géométrie variable.



TURBORÉACTEURS ET

tant du turbopropulseur, dès qu'on approche du domaine transsonique. Sur le double-flux à ses débuts, on estimait obtenir des résultats satisfaisants en relevant à 1,35 m au lieu de 0,80 et 0,98 m le diamètre des CJ-805-23 et JT3D. L'économie sur la consommation du double-flux est particulièrement aisée à évaluer dans ce cas : on dispose, pour la comparaison, du même turboréacteur avec même taux de compression et même température des gaz. La General Electric indique, pour la consommation en croisière, 0,64 kg de kérosène par kg de poussée et par heure pour les dernières versions du CJ-805-23 contre 0,75 kg pour le CJ-805 ; Pratt et Whitney indique de son côté, dans les mêmes conditions, 0,52 kg pour les dernières versions du JT3D contre 0,77 pour le JT3C. Ce sont de tels gains en consommation qui permettent à Douglas d'annoncer aujourd'hui pour ses DC-8 série 50 des distances franchissables de 9 200 à 11 100 km, sans réserves, suivant l'importance de la charge commerciale, pendant que Boeing annonce de son côté pour le 707-320 B des distances franchissables de 9 900 à 12 500 km.

Avions géants et supersoniques

Le turboréacteur a évolué dans deux voies différentes en s'adaptant à la propulsion des avions géants et des avions supersoniques qu'on juge aujourd'hui indispensables pour suivre les progrès de la demande en transport.

Dès le C-5A de 330 000 à 346 000 kg commandé à Lockheed en octobre 1965 pour les besoins de transport militaire de l'U.S. Air Force et le « jumbo jet » Boeing 747 de 308 000 kg commandé à une centaine d'exemplaires pour les besoins du transport commercial, il devenait indispensable de passer du turboréacteur à moins de 10 000 kg de poussée au turboréacteur de quelque 20 000 kg.

Les deux responsables des réacteurs, General Electric avec son TF-39 pour le Lockheed C-5A, Pratt et Whitney avec son JT9D-1 pour le Boeing 747, conservèrent le double-flux. Ils s'accordèrent pour le réaliser sous forme d'une soufflante de grand diamètre, placée à l'avant. Simultanément, le rapport de dilution, c'est-à-dire le rapport entre la masse d'air envoyée directement à l'arrière et celle qui passe par l'intermédiaire de la turbine, était relevé à 5 chez Pratt et Whitney, à 8 par la General Electric. D'où un diamètre de 2,41 m pour la soufflante du premier, de 2,49 m pour celle du second. La poussée commune des deux réacteurs est de 18 600 kg.

Constructeur et type	Compresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch)	Poids (kg)
ALLEMAGNE FÉDÉRALE DAIMLER-BENZ DB-720	axial 4 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 1 étages	1 250 ch	220
MAN Turbo 6 012	centrifuge 1 étage	annulaire	1 étage	100 ch	45
Turbo 6 022	centrifuge			250 ch	85
Turbo 8 026	centrifuge 1 étage	annulaire	1 étage	46 kg	
CANADA UNITED AIRCRAFT OF CANADA	axial 3 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	1 + 1 étages	650 ch	122
U.S.A. AIRESEARCH TPE-331	centrifuge 2 étages	annulaire	3 étages	600 ch	142
ALLISON T-56	axial 14 étages	annulaire avec 6 « cans » 1 chambre	4 étages	4 600 ch	830
T-63	axial 6 étages + centrifuge 1 étage		2 + 2 étages	250 ch	62
BOEING Model 502	centrifuge 1 étage	2 chambres	1 + 1 étages	300 ch	150
CONTINENTAL 217A-2A	axial 2 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 1 étages	700 ch	
TS-325	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 1 étages	310 ch	62
GENERAL ELECTRIC J-79	axial 17 étages	annulaire avec 10 « cans »	3 étages	7 076 kg	1 670
J-85	axial 8 étages	annulaire	2 étages	1 750 kg	265
CF-700	axial 8 étages	annulaire	2 étages	1 900 kg	330
YJ-93	axial		2 étages	13 600 kg	
TF-39/GE-1	16 étages	annulaire	2 étages	18 600 kg	3 250
T-58	axial 10 étages	annulaire	2 + 1 étages	1 250 ch	140
T-64	axial 14 étages	annulaire	2 + 2 étages	2 900 ch	325
LYCOMING T-53	axial 5 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	1 + 1 étages	1 150 ch	225
T-55	axial 7 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	1 + 2 étages	2 650 ch	260
PRATT et WHITNEY J-52	axial 12 étages (au total)	avec « cans »	1 + 1 étages	4 230 kg	
J-57	axial 9 étages B.P. + axial 7 étages H.P.	annulaire avec 8 « cans »	1 + 2 étages	6 120 kg	2 000

TURBOPROPULSEURS

Observations	Constructeur et type	Compresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch)	Poids (kg)	Observations
	J-58				13 600 kg		Turboréacteur simple corps de Mach 3 pour haute altitude; équipe les 2 versions du Lockheed A-11.
	J-60	axial 9 étages	annulaire avec 8 « cans »	2 étages	1 500 kg	210	Turboréacteur; équipe le Lockheed Jet Star.
Turbine à gaz pour avions et hélicoptères; existe en versions turboréacteur double-flux et turbopropulseur.	J-75	axial 8 étages B.P. + axial 7 étages H.P.	annulaire avec 8 « cans »	1 + 2 étages	12 000 kg		Turboréacteur double-corps avec post-combustion équipant le F-105 Thunderchief; versions civiles sur Boeing 707 et Douglas DC-8 intercontinentaux (poussée 7 600 kg).
Turbine pour avions légers et hélicoptères.	JT-8D	axial 4 étages B.P. + axial 7 étages H.P.	annulaire avec 9 « cans »	1 + 3 étages	6 350 kg	1 400	Turboréacteur double-corps et double-flux. Équipe Caravelle 10 R et Super, Boeing 727 et 737, Douglas DC-9. Version militaire à post-combustion produite en Suède pour équiper le Saab 37 Viggen.
Turbine à gaz; équipe l'hélicoptère Boelkow BO-105. Turboréacteur léger pour engins-cibles, missiles et planeurs.	JFTD-12	axial 9 étages	annulaire avec 8 « cans »	2 + 2 étages	4 050 ch		Turbine à gaz dérivée du turboréacteur J-60, équipe l'hélicoptère Sikorsky S-64 (grue volante).
	JFT-10 A				9 070 kg		Turboréacteur double-corps et double-flux à post-combustion; équipe l'avion de combat à géométrie variable General Dynamics F-111. Version simplifiée, sans post-combustion, de 5 150 kg sur le LTV Corsair II. Version TF-306 développée en France par la SNECMA pour le Dassault Mirage F-2.
Turbine à gaz avec version turbopropulseur. En version turbine, équipe les hélicoptères Hiller Ten-99, Lockheed XH-51 A et Model 286. En version turbopropulseur, équipe les Beechcraft King Air, De Havilland Canada Turbo-Beaver, Otter et Twin-Otter, Potez 841, Pilatus Turbo-Porter, etc.	JT-9 D	3 étages B.P. + 11 étages H.P.	annulaire	4 + 2 étages	18 600 kg	3 540	Turboréacteur double-corps et double-flux à l'étude; destiné au transport géant Boeing 747; envisagé pour l'aérobuse HBN 100.
FRANCE							
	SNECMA (voir aussi Bristol-Siddeley)						
	ATAR-8	axial 9 étages	annulaire	2 étages	4 400 kg	1 040	Turboréacteur. Équipe Étendard IV M et IV P.
	ATAR-9	axial 9 étages	annulaire	2 étages	6 000 kg	1 350	Turboréacteur à post-combustion dérivé de l'Atar-8; équipe les Mirage III. Version 9K pour le Mirage IV et Mirage F-1, poussée 6 700 kg.
	TF-306	axial 15 étages	annulaire avec 8 « cans »	2 + 2 étages	9 350 kg	1 725	Turboréacteur double-flux à post-combustion dérivé du Pratt et Whitney JFT-10 A. Équipe Mirage F-2.
	TURBOMÉCA (voir aussi Rolls-Royce)						
	Marboré-VI	centrifuge 1 étage	annulaire	1 étage	480 kg	140	Turboréacteur construit aussi aux États-Unis (Continental) et en Espagne (ENMA); équipe le Potez CM-173 et Potez 94, Morane-Saulnier Paris II et III.
	Aubisque	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 étages	700 kg	290	Turboréacteur léger double-flux; équipe le Saab 105.
	Artouste-IIIC	centrifuge 1 étage	annulaire	2 étages	520 ch	143	Turbine à gaz construite aussi en Grande-Bretagne (Bristol-Siddeley et Blackburn); équipe l'hélicoptère Alouette II.
	Artouste-IIIB	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	590 ch	130	Turbine à gaz dérivée de l'Artouste IIC; construite aussi en Inde (Hindustan); équipe l'hélicoptère Alouette III.
	Astazou-II	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	520 ch	122	Turbine à gaz; équipe l'hélicoptère Alouette Astazou; version turbopropulseur 550 ch, équipe Mitsubishi MU-2 et Pilatus Turbo-Porter. Version dérivée Astazou XII, avec 2 étages axiaux de compresseur; 670 ch; équipe le Short Skyvan et le Potez 842.
	Bastan-VI C	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	1 065 kg	212	Turbopropulseur; équipe le Nord 262 et le DINFIA Guarani II.
	Turmo-III C	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 2 étages	1 480 ch	220	Turbine à gaz; équipe l'hélicoptère Sud-Aviation Super-Frelon. Versions turbopropulseur 1 210 et 1 430 ch.
GRANDE-BRETAGNE							
	BRISTOL-SIDDELEY						
	Viper-500	axial 8 étages	annulaire	1 étage	1 440 kg	330	Turboréacteur construit aussi en Italie (Piaggio). Équipe les Hawker-Siddeley 125, Piaggio PD-808, Soko Galeb. Version 600 à turbine 2 étages, 1 700 kg, en préparation.
	Orpheus-803	axial 7 étages	annulaire avec 7 « cans »	1 étage	2 200 kg	390	Turboréacteur simple-corps; construit aussi en Inde (Hindustan), Italie (Fiat), Allemagne (Klockner); ses versions équipent le Hawker-Siddeley Gnat, Hindustan HF 24 et Fiat G-91.
	Olympus 801-21	axial 6 étages B.P. + 7 étages H.P.	annulaire avec 10 « cans »	1 + 1 étages	9 070 kg	1 725	Turboréacteur double-corps; équipe les bombardiers Vulcan B Mk 2.
	Olympus-593	axial 7 étages B.P. + 7 étages H.P.	annulaire avec 18 « cans »	1 + 1 étages	15 900 kg		Turboréacteur double-corps à post-combustion dérivé du précédent; mis au point en collaboration avec la SNECMA pour « Concorde ».
	BS-53 Pegasus				8 600 kg		Turboréacteur double-flux à tuyères pivotantes pour avions à décollage vertical; équipe le Hawker-Siddeley P. 1127.
	M-45 F	2 étages B.P. + 7 étages H.P.	annulaire	2 étages	6 035 kg	550	Turboréacteur double-corps et double-flux étudié en coopération avec la SNECMA. Version militaire M-45 G à post-combustion, prévue pour l'avion de combat franco-anglais à géométrie variable (poussée 5 500 kg). Version civile M-45 H à compresseur H.P. 8 étages; doit équiper l'appareil de transport VFW-614.
	BS-358		annulaire		907 kg	155	Turboréacteur double-corps et double-flux pour avions d'affaires.
	ROLLS-ROYCE						
	Avon RA-28	axial 15 étages	annulaire avec 8 « cans »	2 étages	4 600 kg	1 300	Turboréacteur pour appareils militaires; construit aussi en Belgique (FN) et en Suède (Svenska Flygmotor); équipe le BAC Lightning; Version dérivée RB-146 de 5 760 kg de poussée; équipe les dernières versions du BAC Lightning et le Saab 35 Draken.
	Avon RA-29	axial 16 étages	annulaire avec 8 « cans »	3 étages		1 516	Versions civiles du précédent; le modèle RA 29/3 de 5 170 kg équipe les Caravelle III, le RA 29/6 de 5 530 ou 5 715 kg les Caravelle VI.

Rolls-Royce n'a pas voulu laisser à ses concurrents américains l'exclusivité des réacteurs de ce type. Avec le concours financier du gouvernement britannique, il a mis à l'étude un RB-178 de 20 000 kg de poussée, qui pourrait aussi bien être utilisé sur les quadiréacteurs long-courriers que sur les Airbus biréacteurs, moyen-courriers de grande capacité. La formule retenue est la même que celle des double-flux américains : une soufflante avant de grand diamètre, 2,40 m environ, et un rapport de dilution élevé.

Les trois constructeurs annoncent une consommation spécifique inférieure de 20 à 25 % à celle des plus économiques des double-flux actuels. Le gain tient à la fois au relèvement des rapports de dilution, à l'augmentation des taux de compression du compresseur haute-pression, qui atteignent près de 25/1, enfin au relèvement des températures à l'entrée de la turbine.

On jugera des frais de mise au point de ces turboréacteurs par l'estimation qu'en fait Pratt et Whitney pour le JT9D-1 : 100 millions de dollars dont il assume entièrement la charge. On conçoit dans ces conditions que le concours financier du gouvernement britannique ait été indispensable pour la mise au point du RB-178 de Rolls-Royce, qui n'est assuré d'aucune commande de série.

Les réacteurs commandés pour Concorde de Mach 2,2 et le Boeing 2707 de Mach 2,7 répondent à des formules entièrement différentes de celles des gros avions subsoniques.

Pour Concorde, résultat de la collaboration de Sud-Aviation et de la B.A.C. britannique, le choix du propulseur a porté sur l'Olympus 593 B, construit également en collaboration par la SNECMA et Bristol Siddeley. Depuis mai 1964, à la suite du relèvement à un peu plus de 150 000 kg du poids au décollage de l'appareil, la poussée de l'Olympus a été fixée à 14 800 kg, avec développement escompté jusqu'à 15 900 kg. Le travail est réparti sur une base de 60 % à Bristol Siddeley, qui a la charge du turboréacteur proprement dit, et 40 % à la SNECMA, responsable de la post-combustion, de la tuyère d'échappement convergente-divergente, de l'inverseur de poussée et du silencieux. Les premières versions de l'Olympus équipent depuis 1953 le bombardier Hawker-Siddeley Vulcan. En version supersonique, l'Olympus tourne au banc depuis novembre 1965 et a donné une poussée atteignant 16 350 kg. Il a fait l'objet d'essais en vol sur un Vulcan.

Le choix du propulseur du Boeing 2707 a été fait, aux premiers jours de 1967, entre les deux projets longuement étudiés par General Electric et Pratt et Whitney. Le GE4/J5 de General Electric, dérivé du YJ 93 du même constructeur qui propulse depuis plusieurs années le North American XB-70 A de Mach 3, a été retenu. Une maquette vraie grandeur de cet imposant matériel, 1,80 m de diamètre et 7,62 m de longueur, avait été exposée en 1965 au Salon du Bourget. Là encore, comme pour l'Olympus 593 B de Concorde, on s'en est tenu à la formule du turboréacteur classique, rejetant celle du double-flux que Pratt et Whitney étudiait concurremment avec un JTF 17A destiné au même programme. La poussée initiale a été fixée à 50 000 lbs (22 680 kg). Le compresseur fait appel aux ailettes de stator à incidence variable couramment utilisées sur les turboréacteurs General Electric. Le refroidissement par circulation d'air des ailettes de la turbine doit réduire leur température de fonctionnement à la valeur habituellement admise sur les turboréacteurs des avions de transport commerciaux. Comme pour l'Olympus 593 B, on a prévu une tuyère d'échappement convergente-divergente et un inverseur de poussée.

Le réacteur de sustentation

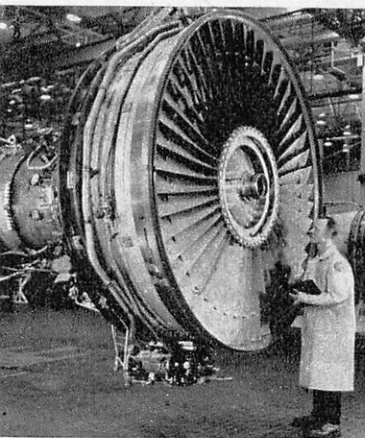
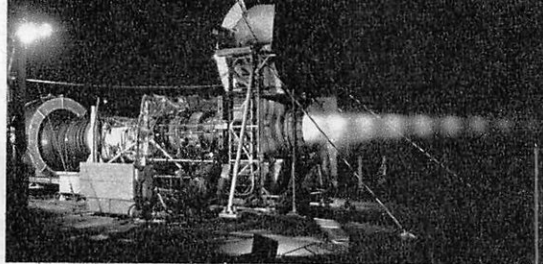
A l'opposé de ces monstres de quelque 2,50 m de diamètre, 7,50 m de longueur et plus de 20 000 kg de poussée, se situent les turboréacteurs de sustentation, destinés au décollage vertical, dont Rolls-Royce a présenté en 1955 le premier modèle, le RB-108. Avec 0,53 m de diamètre, 1,23 m de longueur et un poids de 122 kg, le RB-108 donnait une poussée de 1 002 kg.

En 1963 suivait une première version du RB-162, du même constructeur, destinée à un programme d'intercepteur à décollage vertical en cours d'étude en Grande-Bretagne, en France et en Allemagne fédérale. On visait un rapport de 16 entre la poussée et le poids. Le diamètre était porté à 0,66 m, la longueur à 1,21 m, le poids à 125 kg. Plus de 60 RB-162 ont été construits.

La troisième génération des réacteurs de sustentation, étudiée en collaboration depuis octobre 1965 par Rolls-Royce et la division Allison de la General Motors, vise un rapport poussée-poids de 20. A Farnborough 1966, la poussée a été annoncée comme devant atteindre 4 080 kg. Le matériel est destiné, comme les précédents, à un intercepteur à décollage vertical.

André FOURNIER

L'Olympus 593, en essais à Melun-Villaroche, est le réacteur de Concorde. Prévu pour une poussée 16 350 kg, il est construit en collaboration par Bristol-Siddeley, pour le réacteur lui-même, et par la SNECMA, responsable de la tuyère d'échappement, de l'inverseur de poussée, du silencieux et de la post-combustion.



Le Pratt et Whitney JT 9 D-1, réacteur à double flux de 18 600 kg de poussée, équipe- ra à partir de novembre 1968 les premiers Boeing 747. Avec un rapport de dilution de 5, un diamètre de 2,41 m, il permettrait une économie de consommation de 25 % sur les meilleurs réacteurs en service actuellement.

Constructeur et type	Compresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch)	Poids (kg)	Observations
Spey MK-505	axial 4 étages B.P. + 12 étages H.P.	annulaire avec 10 « cans »	2 + 2 étages	4 470 kg	1 000	Turboréacteur double-corps et double-flux. Version Mk-510 à 5 étages de compresseur basse-pression, 4 780 kg; équipe le Hawker-Siddeley Trident I, le BAC One-eleven et le Grumman Gulfstream II. Version simplifiée Spey Junior, poussée 3 960 kg, prévue pour le Fokker F-28 et le Lear Model 40. Version militaire pour le Hawker-Siddeley Buccaneer et les Phantom II de la Royal Navy (poussée 5 760 kg).
Conway R CO-42	axial 7 étages B.P. + 9 étages H.P.	annulaire avec 10 « cans »	1 + 2 étages	9 240 kg	2 270	Turboréacteur double-corps et double-flux; équipe le BAC VC-10. Version poussée R CO-43 de 9 900 kg pour le Super-VC-10. Autres versions pour Boeing 707 et Douglas DC-8. Version militaire R CO-II de 7 830 kg pour le Handley-Page Victor B Mk-2.
RB-108	axial 8 étages	annulaire	2 étages	1 000 kg	122	Turboréacteur léger pour sustentation d'appareils à décollage vertical. Version dérivée RB-145, compresseur 9 étages, poussée 1 250 kg; équipe l'appareil expérimental EWR-Süd VJ-101.
RB-153				3 100 kg	650	Turboréacteur double-flux étudié en collaboration avec MAN pour appareils à décollage vertical.
RB-193				4 540 kg		Turboréacteur double-flux à tuyères orientables; doit équiper le chasseur tactique à décollage vertical VAK-191 B.
RB-162	axial 6 étages	annulaire	1 étage	2 000 kg	125	Turboréacteur ultra-léger pour appareils à décollage vertical; doit équiper le VAK-191 B et le Dornier DO-31.
RB-172		annulaire	1 + 1 étages	3 100 kg	360	Turboréacteur double-flux étudié en collaboration avec Turboméca; doit équiper l'appareil tactique franco-anglais Jaguar.
Trent	4 étages B.P. 5 étages H.P.	annulaire	3 étages	4 400 kg		Turboréacteur double-flux de technologie avancée. Doit équiper le transport Fairchild-Hiller FH-228.
Gazelle	axial 11 étages	6 chambres	2 + 1 étages	1 450 ch	400	Turbine à gaz pour hélicoptères; équipe le Westland Wessex.
Dart RDa-7	centrifuge 2 étages	7 chambres	3 étages	1 815 ch	550	Turbopropulseur; nombreuses versions de 1 485 ch à 3 250 ch, avec turbine 2 ou 3 étages; équipe Fokker F-27, Hawker-Siddeley 748, Hawker-Siddeley Argosy, Grumman Gulfstream, NAMC YS-11, etc.
Tyne RTy-20	axial 6 étages B.P. + 9 étages H.P.	annulaire avec 10 « cans »	1 + 3 étages	6 100 ch	1 085	Turbopropulseur deux corps construit aussi en France (Hispano), Allemagne (MAN) et Belgique (F.N.). Équipe le Short Belfast, Canadair Forty-Four, Breguet 1150 Atlantic et le C-160 Transall.
JAPON ISHIKAWAJIMA J3-3	axial 8 étages	annulaire	1 étage	1 200 kg	370	Turboréacteur; équipe l'appareil d'entraînement Fuji T1-B. Version J3-F double-flux, poussée 1 700 kg.
JR-100	axial 6 étages	annulaire	1 étage	1 430 kg	145	Turboréacteur expérimental pour appareils à décollage court ou vertical.
POLOGNE OKL-50	axial 7 étages	annulaire	1 étage	1 000 kg		Turboréacteur léger; équipe l'appareil d'entraînement TS-II Iskra.
TCHÉCOSLOVAQUIE OMNIPOL M-701	centrifuge 1 étage	7 chambres	1 étage	900 kg	330	Turboréacteur; équipe l'appareil d'entraînement Delfin L-29.
U.R.S.S. IVCHENKO AI-20 K	axial 10 étages	annulaire avec 10 « cans »	3 étages	4 000 ch	1 080	Turbopropulseur; équipe Antonov AN-10 et AN-12, Ilyushin Il-18. Version 20 M de 4 250 ch.
AI-24	axial 10 étages	annulaire	3 étages	2 250 ch	600	Turbopropulseur; équipe l'appareil de transport AN-24.
AI-25				1 500 kg	300	Turboréacteur double-flux; doit équiper le tri-réacteur de transport Yak-40.
KUZNETSOV NK-8	3 étages B.P. + 8 étages H.P.		3 étages	10 500 kg		Turboréacteur double-corps et double-flux; équipe l'appareil de transport Il-62 et le Tupolev TU-154.
NK-144	5 étages B.P. + 11 étages H.P.	annulaire	3 étages	17 500 kg	2 850	Turboréacteur double-corps et double-flux à post-combustion; dérivé du NK-8; doit équiper le transport supersonique TU-144.
NK-12 M	axial 14 étages	annulaire avec « cans »	5 étages	12 000 kg	2 300	Turbopropulseur; le plus puissant actuellement en service dans le monde; version 12 MV de 15 000 ch. Équipe le bombardier Tupolev TU-20 et les appareils de transport TU-114 et Antonov AN-22.
MIKULIN RD 3 M-500	axial 8 étages	annulaire avec 14 « cans »	2 étages	9 500 kg		Turboréacteur; équipe le transport Tupolev TU-104.
SOLOVIEV D-30	axial 4 étages B.P. + 10 étages H.P.	annulaire avec 12 « cans »		6 800 kg	1 520	Turboréacteur double-corps et double-flux; équipe l'appareil de transport Tupolev TU-134.
D-25 V	axial 9 étages	annulaire avec 12 « cans »	1 + 2 étages	5 500 ch	1 200	Turbine à gaz pour hélicoptère; équipe Mil Mi-6, Mi-10 et Mi-10 K.

TRANSPORT AÉRIEN

QUE représente l'industrie du transport aérien ? Environ deux cents compagnies qui, compte tenu seulement des avions en service régulier, exploitent environ 3 700 appareils dont 1 600 à réaction. En 1966, ces compagnies ont transporté 202 millions de passagers dont une quarantaine pour l'U.R.S.S., qui n'est pas membre de l'International Air Transport Association.

Environ cent soixante-dix des transporteurs exploitent des services internationaux et, dans leur ensemble, ils emploient quelque 700 000 personnes, tandis que leurs recettes d'exploitation dépassent 50 milliards de francs 1967 par an. Environ 80 % de cette somme provient des passagers, 10 % du fret et 10 % de la poste, des affrètements et autres.

Le taux de développement de cette industrie est, on le sait, particulièrement spectaculaire et laisse derrière lui celui de l'économie mondiale et de la majorité des industries. En quinze ans, de 1950 à 1965, le trafic de passagers a été multiplié par 6,5 et celui du fret par 8. Au cours de l'année 1967, les compagnies membres de l'I.A.T.A. véhiculeront, estime-t-on, 186 millions de passagers. On s'accorde à penser que cette progression n'est pas une poussée de fièvre mais bien le début d'une ère nouvelle.

Le transport aérien est en effet en pleine mutation. Autrefois véhicule luxueux d'une élite fortunée à la recherche de vitesse, l'avion tend de plus en plus à se démocratiser. Certes, la course va se poursuivre avec les supersoniques qui transporteront plus vite, plus loin, des passagers fortunés pour lesquels l'argent compte moins que le temps. Mais, simultanément, l'entrée en service d'avions de forte capacité précipitera la baisse des tarifs, ouvrant réellement le transport aérien à la masse des populations.

Aux Etats-Unis, où l'esprit aéronautique est pourtant particulièrement développé, on estime que 65 % des habitants n'ont encore jamais pris l'avion. En Europe, la propor-

tion est supérieure à 90 %. Que dire de l'Afrique, de l'Asie, de l'Amérique du Sud... En URSS, et bien que le transport aérien supplée souvent l'absence de moyens terrestres, la proportion doit aussi être assez élevée.

Ces chiffres peuvent étonner, comparés aux 200 millions de voyageurs annuels. L'explication, simple, réside dans le fait que les utilisateurs de l'avion sont des habitués. Il n'y a en fait de par le monde qu'une cinquantaine de millions d'utilisateurs différents et, en France, le million de passagers d'Air Inter ne représente pas 150 000 clients.

La progression du nombre des passagers aériens vient, bien entendu, de l'évolution du genre de vie et de son niveau, mais elle se fait aussi au détriment des autres moyens de transport. Sur l'Atlantique Nord, l'avion prenait en 1956 la moitié des passagers ; il en prend aujourd'hui les quatre-cinquièmes. Sur Paris-Londres les liaisons aériennes et les transports de surface se partagent à peu près la clientèle, mais dans un cas la progression a été de 140 % en dix ans, de 20 % dans l'autre.

En moyenne, le transport aérien progresse de 15 % par an quant au nombre des passagers. Jusqu'à présent, cette croissance s'est basée d'une part sur la montée du niveau de vie et l'augmentation de la population, d'autre part sur le grignotage au détriment des autres moyens de transport. Sur ce dernier point, il reste maintenant relativement peu à faire, et pour poursuivre son expansion, le transport aérien doit jouer une nouvelle carte, celle de sa démocratisation.

L'avion n'était, jusqu'à ces dernières années, qu'un moyen de transport très aristocratique, réservé à une clientèle de luxe ou d'affaires que les compagnies se disputaient à grand renfort de publicité portant sur le confort et la qualité du service à bord. Traiter à grands frais une poignée de clients par un personnel d'accueil choisi, grevait considérablement le prix du transport, d'où l'idée d'une classe touristique, ne bénéficiant que de

Les dix prochaines années

Par allongement de près de 12 m du fuselage du DC-8 Series 50 standard, Douglas a proposé aux trans-

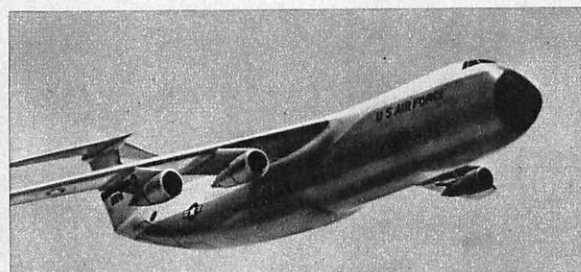
porteurs un avion de 251 places et 71 m³ de fret. Les premières livraisons des avions de série ont déjà eu lieu.





Avec le Lockheed C-5 A (soute large de 5,70 m et haute de 3,90 m, volume 980 m³), l'US Air Force disposera du plus gros avion du

monde, capable de porter 100 tonnes de charge. Sur la vue de la soute, les personnages sont à 45 m devant l'appareil photo.



prestations réduites et de sièges un peu moins confortables, mais permettant de diminuer les tarifs et de les amener au niveau des moyens financiers de nouvelles couches de la population. Il est d'ailleurs à noter que ces prestations ont perdu de leur importance au fur et à mesure que la progression des vitesses diminuait les temps de vol.

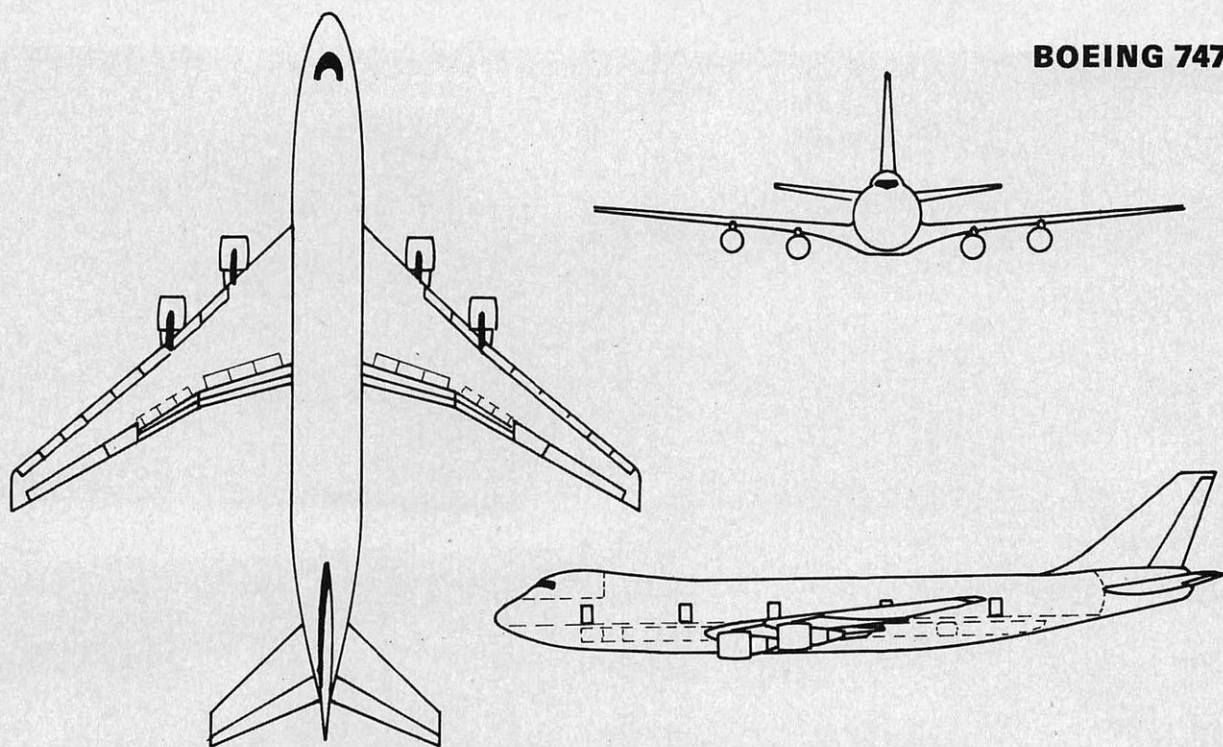
Cette conquête des masses est, sans aucun doute, le problème le plus important du transport aérien. C'est à la base un problème essentiellement économique, mais qui devient technique dans la mesure où le moyen le plus efficace de promouvoir cette politique d'expansion est la création d'un véhicule adapté, joignant une grande capacité à un coût d'exploitation très bas. Depuis peu seulement, les connaissances technologiques permettent de résoudre cette équation et de concevoir les gros avions que réclamaient les transporteurs.

Une excellente preuve de la maturité atteinte par l'industrie du transport aérien peut se trouver dans l'évolution récente de ses

rapports avec les constructeurs d'avions. Jusqu'ici, c'étaient ceux-ci qui, plus ou moins, imposaient leur volonté technique. Alimentant la course à la concurrence en offrant des modèles sans cesse renouvelés, aux performances améliorées, les constructeurs forcèrent les transporteurs, tenus de conserver à leur flotte un modernisme nécessaire à leur prestige, à déclasser souvent trop tôt des matériels non encore complètement amortis. L'apparition des avions à réaction, dévalorisant toute une génération de long-courriers à moteurs à pistons, dont certains tout récents, manqua de coûter la vie à plusieurs transporteurs.

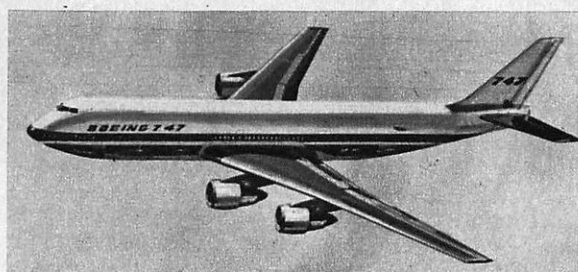
En ce qui concerne le transport supersonique, les compagnies se sont encore une fois laissées prendre de vitesse par les constructeurs. Il a suffi que Pan American Airways commande les six premiers Concorde pour que ses concurrents soient entraînés à faire, parfois contre leurs convictions, acte de présence sur les carnets de commandes.

Par contre, en ce qui concerne les avions



Bénéficiant directement des enseignements des 707, mais de conception entièrement nouvelle, le Boeing 747 volera dans

deux ans sous la poussée de quatre réacteurs à soufflante développant 20 tonnes. Un seul pont pour les 490 passagers a été prévu.



de grande capacité, long- et moyen-courriers, le transport aérien est parvenu à plier les ingénieurs à ses exigences économiques.

Les "jumbojets"

Le moyen d'abaisser le prix du transport aérien, et par conséquent d'élargir sa clientèle, était connu depuis longtemps. Il suffisait de réaliser des avions économiques à forte capacité, permettant de répartir les frais fixes d'exploitation sur un plus grand nombre de passagers. Deux éléments faisaient défaut pour aboutir à une solution : la certitude de pouvoir remplir des avions de 250 à 300 places et l'existence de turbo-réacteurs à la fois économiques et de forte poussée. Les estimations de progression du trafic sur les grands axes comme l'Atlantique-Nord et les progrès de la technologie ont levé ces deux hypothèques.

Les besoins en capacité du transport aérien mondial se sont manifestés, en fait, plus pré-

cocement que prévu et, dans une première étape, les constructeurs ont été amenés à proposer des versions allongées de certains de leurs modèles moyen-courriers et long-courriers.

L'exemple le plus spectaculaire en la matière est la *Series 60* de Douglas, nouvelle famille de long-courriers dérivés de la cellule de base du DC-8. En jouant avec des éléments standardisés, Douglas offre aux transporteurs trois modèles adaptés « sur mesure » aux besoins en capacité et distance franchissable.

Le *Model 61* reprend l'aile du DC-8 Series 50 avec ses réacteurs Pratt & Whitney JT3D-3B, mais le fuselage est allongé par insertion de deux sections de 6,10 m et 5,08 m de long, en avant et en arrière de l'aile. De 189 passagers en classe économique, la capacité passe à 251 passagers tandis que le volume des soutes à fret est porté de 39 à 71 m³.

Le *Model 62* est une adaptation à très long rayon d'action dont le fuselage n'est



Le Douglas DC-8 Super 62 annonce une nouvelle génération d'avions de transport à très long rayon d'ac-

tion. Avec 18 tonnes de charge payante, il peut relier sans escale l'Europe Centrale à l'ouest des Etats-Unis

allongé que de 2 m par rapport à celui du DC-8 standard. Par contre, l'aile est augmentée de 0,91 m à chaque extrémité, ce qui réduit la traînée induite en croisière et permet de porter la capacité en carburant à plus de 90 000 litres. Les nacelles des réacteurs ont aussi été redessinées pour améliorer leur finesse. On dispose ainsi d'un appareil capable de transporter les 189 passagers de la version standard sur 10 000 km à 940 km/h en croisière. Avec une charge réduite, le DC-8.62 peut joindre d'un seul coup d'aile l'Europe centrale à la Côte Ouest des Etats-Unis, soit environ 14 000 km.

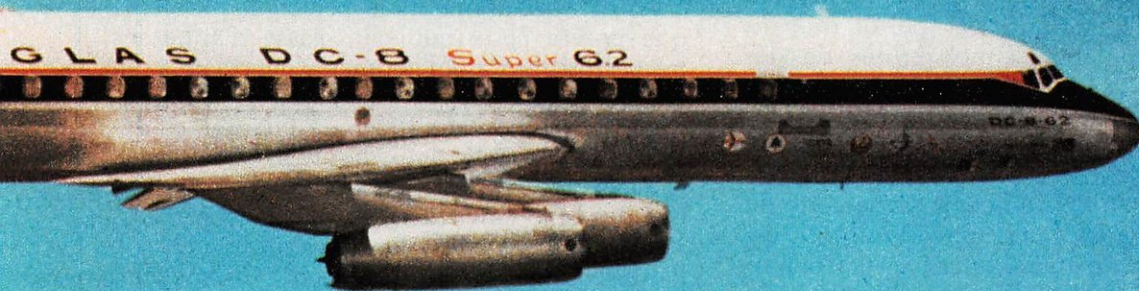
Par assemblage, enfin, d'un fuselage de *Model 61* à une aile de *Model 62*, on obtient le *Model 63* dont le poids au décollage atteint 152 tonnes.

Après avoir aussi envisagé des versions allongées de ses quadriréacteurs 707, Boeing s'est finalement décidé à sauter le pas en offrant son « jumbojet » 747 de 490 places. Lancé par une première commande de vingt-



La première génération des avions de très grande capacité ne comportera que des fuselages à un étage,

impliquant l'installation des passagers par 8 ou 10 de front : le cinéma à bord va devenir une nécessité.



cinq appareils pour les Pan American Airways, dont deux cargos de 100 tonnes de charge payante, le 747 était commandé à 90 exemplaires à la rédaction de ces lignes. Boeing espère en vendre 400 avant la fin de 1975, les premières livraisons aux Pan American Airways intervenant en septembre 1969. Mesurant plus de 66 m de long et 60 m d'envergure, le 747 pèsera près de 310 tonnes au décollage. Il pourra parcourir plus de 9 500 km à Mach 0,89 grâce à quatre réacteurs Pratt & Whitney JT9D de 18,6 tonnes de poussée, mis au point en collaboration par la SNECMA et Bristol-Siddeley.

L'une des raisons qui a poussé Boeing à se décider en faveur du 747 plutôt que du 707-820 réside dans les possibilités de développement du réacteur. On estime que dans quatre ans, le JT9D donnera 20 tonnes de poussée et plus de 21 tonnes dans six ans. L'atterrisseur est d'ailleurs conçu pour supporter jusqu'à 350 tonnes par montage de nouveaux pneus et roues, tandis que tout est prévu pour que le fuselage puisse être allongé de 22 m, offrant alors une capacité de 600 places.

Boeing a envisagé un temps de doter son « paquebot volant » de deux ponts superposés, mais cela posait des problèmes d'évacuation au sol, le pont supérieur se trouvant alors à près de 8 m de haut ! Les passagers seront donc répartis sur un seul pont de 6,5 m de large, à neuf ou dix de front, séparés par deux allées parallèles. La partie inférieure du fuselage constituera une immense soute à fret tandis que des cabines privées sont prévues au sommet de la coque, derrière le poste de pilotage.

Ce monstre sera, quant à la taille, dépassé dès son entrée en service par son contemporain, le Lockheed C-5A de l'US Air Force, dont une version L-500 pour usages civils est d'ores et déjà envisagée. Long de 75 m pour une envergure de 68 m, pesant dans sa première version environ 325 tonnes, le C-5A a pour mission de base le transport de 50 tonnes de charge payante sur 10 000 km, mais il pourra emporter jusqu'à 110 tonnes sur 5 500 km en décollant au poids de 330 tonnes. Lockheed envisage pourtant un poids encore supérieur pour la version civile qui devrait pouvoir emporter 150 tonnes sur 5 500 km.

A l'heure actuelle, trois versions civiles sont envisagées : le 500-1 pour passagers seulement, le 500-2 mixte et le 500-3 pour transport de fret. Dans la première éventualité, 844 passagers seraient répartis sur trois ponts, mais Lockheed semble pencher plutôt pour un aménagement à 667 passagers

disposant de trois types d'installations : compartiments privés avec couchettes, compartiment de 1^{re} classe, et places « touriste » au pont inférieur. En version mixte, le L-500 pourrait emporter 231 passagers dans ses étages supérieurs, plus 97 tonnes de fret, ou 615 passagers et 30 tonnes de fret.

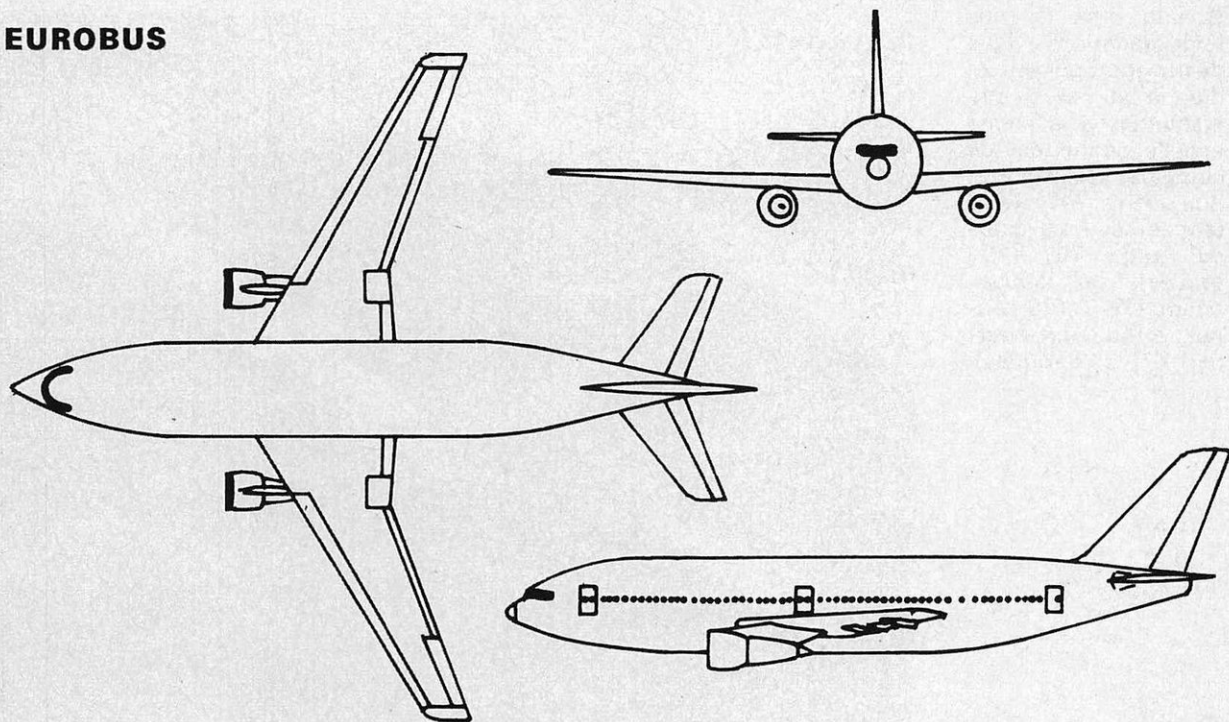
De telles possibilités dépassent les estimations de trafic pour 1970, mais Lockheed met en avant que les prix de revient seront si bas que le seuil de rentabilité sera atteint avec 18 % des passagers seulement, la souplesse des aménagements permettant d'emporter à la demande du fret additionnel.

Assez curieusement, le principal problème que posera cette nouvelle classe d'appareils ne ressort pas de l'aéronautique mais bien de l'architecture des installations aéroportuaires. Il s'agira en effet de charger et décharger ces avions dans des délais assez brefs et sans que les passagers aient trop à souffrir des sujétions de leurs dimensions colossales : hauteur de plancher supposant de haute coupées d'embarquement, éloignement de l'avion de l'aérogare, etc... Diverses solutions sont envisagées dont l'une mérite au moins d'être citée pour son originalité, puisqu'il s'agirait de pré-embarquer les passagers dans des containers aménagés qui seraient introduits ensuite mécaniquement dans la soute ! On peut supposer cependant que, compte tenu de l'entrée en service relativement prochaine du Boeing 747, on en restera à des procédés plus conventionnels, mais l'architecture des nouvelles aérogares sera néanmoins à coup sûr profondément influencée par ce changement dans la densité du trafic. Boeing, pour sa part, préconise l'introduction pure et simple du nez de l'avion dans l'aérogare, de telle manière que les portes de la cabine donnent directement dans les salles d'embarquement.

Les "aérobuses"

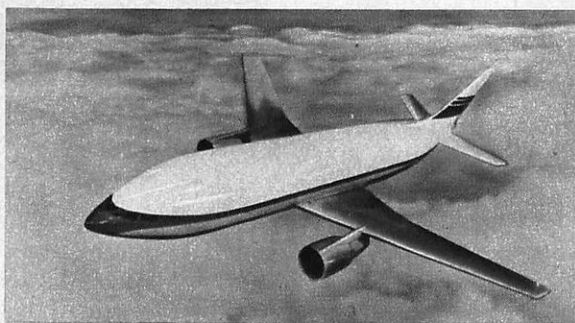
La poussée du transport aérien est telle que les lignes intercontinentales ne sont pas les seules concernées. Les grands axes continentaux font aussi l'objet d'une demande telle que le court ou moyen-courrier idéal a beaucoup évolué en quelques années. Le BAC One-Eleven a commencé sa carrière avec une capacité optimale de 66 sièges. Deux ans plus tard, Douglas annonçait son DC-9 pour 83 passagers. Boeing suivait de peu avec son 737 offrant 93 sièges. Tous ces appareils existent maintenant en versions allongées dont la capacité atteint 160 passagers pour le Boeing 727-200.

EUROBUS



Les ingénieurs européens se sont mis d'accord sur la formule du biréacteur de 20 tonnes unitaire, pour le projet Eurobus. Voici l'ap-

pareil tel qu'il se présente dans sa définition la plus récente. Il transportera 250 passagers sur 1 800 km à la vitesse de 930 km/h.



En fait, on constate que les problèmes varient d'un transporteur à l'autre et qu'il est bien difficile de déterminer des capacités idéales. Comment, dès lors, pouvoir définir un aérobus devant satisfaire un maximum de clients ?

Bien que le premier intérêt pour un avion de cette classe se soit manifesté en Europe, le marché potentiel n'en est pas limité à notre continent. Il s'agit, en fait, de pouvoir transporter économiquement un grand nombre de passagers sur de courtes distances, de 500 à 1 500 km en moyenne, avec des temps d'escale limités. Aussi bien aux escales intermédiaires qu'aux têtes de lignes, chargement et déchargement devront pouvoir s'effectuer rapidement, le ravitaillement en carburant étant évité le plus souvent. Le terme d'*aérobus* correspond parfaitement en somme à la philosophie de l'emploi.

En ce qui concerne l'Europe, après diverses études menées à l'échelon des firmes dans les trois pays promoteurs, Allemagne, France et Grande-Bretagne, un responsable

a été choisi par chacun des trois partenaires : le groupe ARGE en Allemagne, Sud-Aviation en France et Hawker-Siddeley en Grande-Bretagne.

Si Sud-Aviation a depuis près de cinq ans déjà dans ses cartons les plans, sans cesse améliorés, de son Galion et si Hawker-Siddeley s'est efforcé pendant ces derniers mois d'amener son Trident aussi près que possible de la capacité « airbus » tout en préparant d'autres avant-projets, il faut reconnaître que ce sont les Allemands qui ont poussé leurs travaux le plus loin. Les industriels d'outre-Rhin se rendent bien compte, en effet, qu'ils ne peuvent fonder leur survie sur les commandes militaires et l'« Eurobus », suivant le terme le plus à la mode, est pour eux une question de vie ou de mort. Mais le projet est ambitieux et chacun d'eux à fort bien compris qu'il ne serait jamais considéré, à titre individuel, comme un coopérant de suffisamment de poids et d'expérience par les puissants partenaires anglais et français. C'est pourquoi Bölkow/SIAT,

Boeing offre la plus large gamme d'avions de transport qui soit au monde et ces quatre maquettes à la même échelle permettent de comparer les volumes du géant 747 (250 tonnes), du long-courrier actuel 707 (150 tonnes), du moyen-courrier 727 (75 tonnes) et du court-courrier 737 (42 tonnes).



Dornier, Hamburger Flugzeugbau, Vereinigte Flugtechnische Werke et Messerschmitt, ont formé le groupe de travail ARGE (Airbus Arbeitsgemeinschaft), qui constitue un partenaire très équilibré pour Sud-Aviation et Hawker-Siddeley. C'est aussi un interlocuteur parfaitement valable pour le ministère de l'Economie d'où devrait provenir la part budgétaire allemande.

Après une certaine dispersion des efforts, Hamburger travaillant à son propre projet avec Hawker-Siddeley et Nord-Aviation, et depuis que la France a nommé Sud-Aviation comme seul responsable national, une synthèse des travaux préliminaires a été faite. L'accord a été acquis très rapidement sur la capacité à retenir, c'est-à-dire 250 passagers au départ, avec possibilité ultérieurement de pousser jusqu'à 350 par un allongement du fuselage. Il fut plus difficile d'adopter la formule du biréacteur, les Allemands demeurant longtemps fidèles à la formule quadri-réacteur.

Le dernier point de discussion demeure le choix du réacteur. Français et Allemands sont favorables au Pratt & Whitney JT9 D, qui doit, comme nous l'avons vu, équiper le Boeing 747 et qui présenterait de ce fait l'avantage d'une standardisation au sein des compagnies. La SNECMA et Bristol-Siddeley ont des accords de participation au déve-

loppement et à la production de ce groupe, mais cela ne suffit pas au gouvernement britannique qui, à l'instigation de Rolls-Royce, soutient que le réacteur de l'Eurobus doit être européen et pousse donc à l'adoption du RB-207.

Le RB-207 donnerait un peu plus de poussée dès ses premières versions (21,6 tonnes pour le RB-207-3) mais il sera pratiquement rejoint par le Pratt & Whitney lors de la sortie de l'Eurobus. Certes, le Rolls-Royce restera toujours un peu plus puissant que le réacteur américain, mais celui-ci aura pour lui, outre l'avantage de la standardisation, celui de l'expérience acquise sur le 747. Par contre, les Britanniques font état de la meilleure adaptation de leur réacteur au profil de vol de l'Eurobus pour lequel il a été spécifiquement étudié alors que le JT9 est, à la base, un groupe pour long-courriers.

Les performances, au décollage notamment, seront directement influencées par le choix du réacteur car une différence de plus de 5 tonnes de poussée totale n'est pas sans importance. Le JT9 de 19 tonnes limiterait le poids total au décollage à 114 tonnes au lieu des 120 tonnes de poids maximal calculé. Ce poids, par contre, pourrait être respecté avec les JT9D de 20 tonnes qui doivent être contemporains de la sortie de l'Eurobus. Cependant, la puissance addition-

nelle du Rolls-Royce présente d'indéniables avantages en ce qui concerne la sécurité, la distance de décollage, l'obtention d'une pente de montée plus franche permettant d'atténuer les effets de bruit au sol et d'atteindre plus vite l'altitude de croisière.

Dans sa définition actuelle, et en se basant sur une poussée totale de 40 tonnes, l'Eurobus pourra, avec 24 tonnes de carburant (capacité maximale) transporter 269 passagers à Mach 0,89 (930 km/h environ) sur 2 200 km, avec les réserves réglementaires. Avec 320 passagers, la distance franchissable sera réduite à 1 750 km et, en admettant qu'il soit nécessaire de se contenter de réacteurs de 10 tonnes de poussée unitaire, l'appareil à pleine charge marchande aurait encore une distance franchissable de l'ordre de 1 200 km, correspondant à plus de 60 % des lignes européennes.

Sur le plan physique, l'Eurobus serait caractérisé par son fuselage de fort diamètre (6,4 m) permettant d'installer 10 passagers de front en trois rangées de 3, 4 et 3 sièges. Dans ce cas, la capacité serait de 320 places, mais le nombre de sièges prévu au départ est de 269, soit 9 places de front.

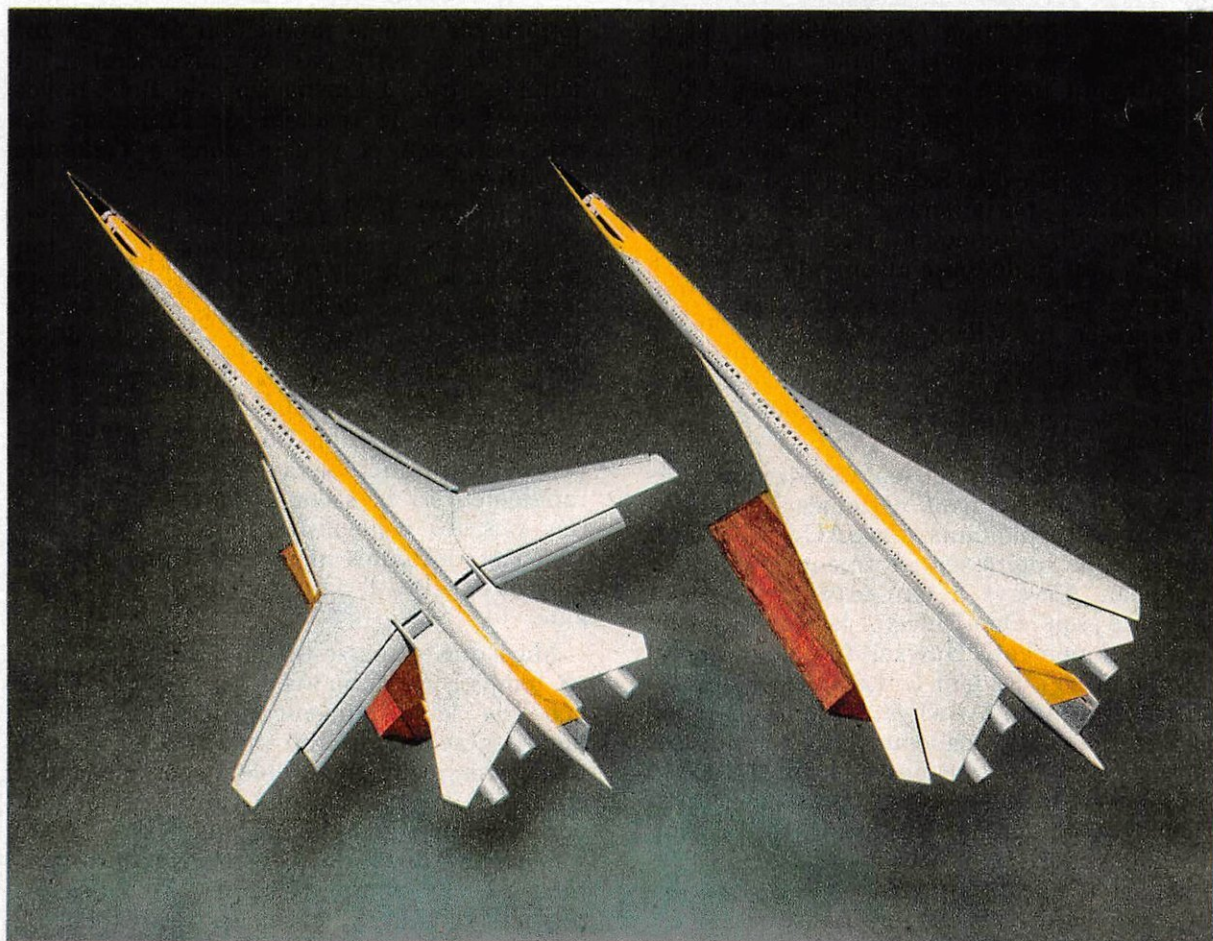
Le marché potentiel est estimé à 150 ou 200 appareils en Europe pour un matériel pouvant entrer en service dès 1972, c'est-à-dire volant en prototype vers 1969-1970, ce qui implique que les études et les programmes soient lancés dans les mois qui viennent. Pour le monde entier, le marché est estimé à quelque 500 ou 600 avions d'ici 1980.

Du point de vue financier, on estime prudemment à 1 800 millions de francs le coût de l'étude, de la mise au point, du lancement des outillages de série. Ce budget serait accru de 30 % au moins par l'adoption du réacteur Rolls-Royce qui n'a encore derrière lui aucune application.

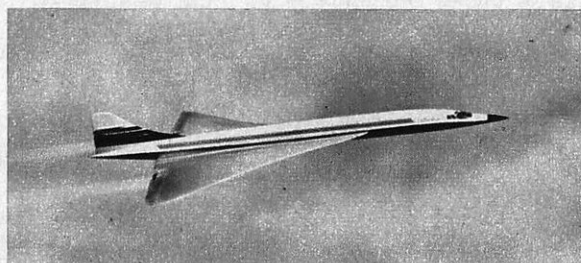
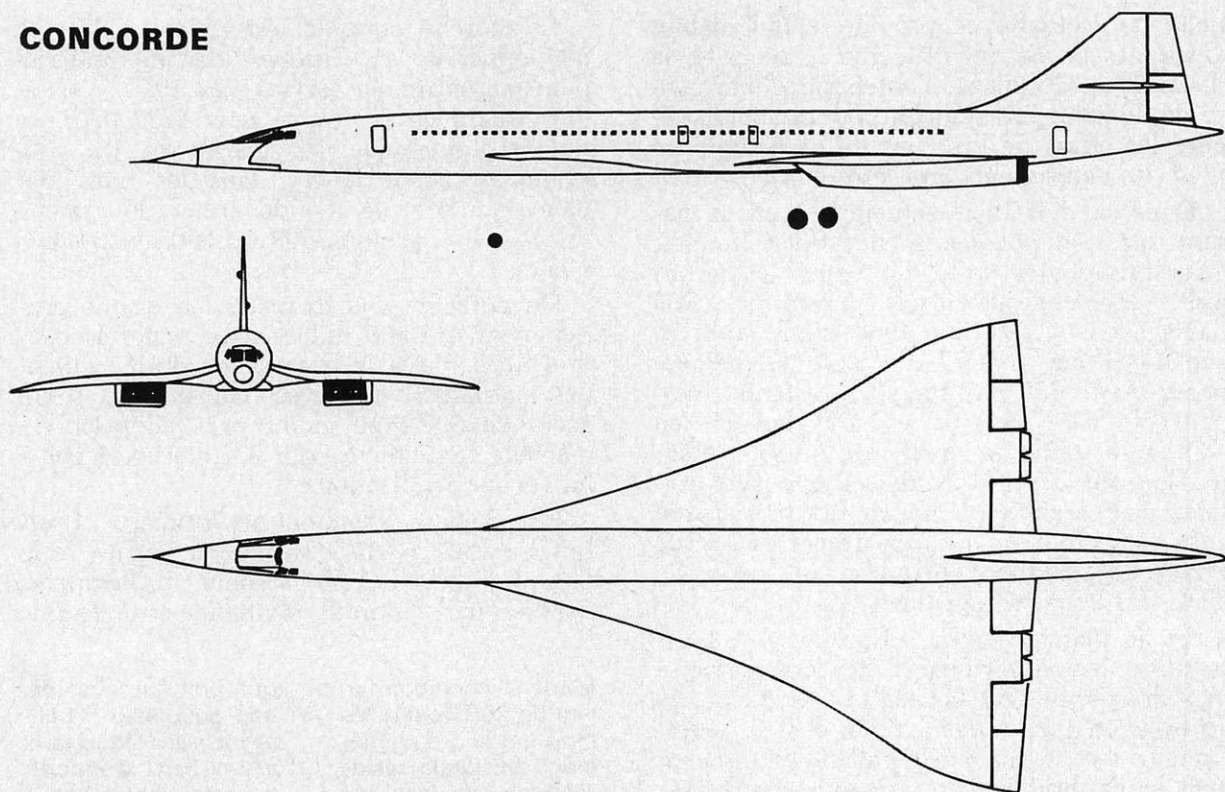
Les dépenses seraient en principe réparties à raison de 37,5 % pour la France et la Grande-Bretagne, 25 % pour l'Allemagne, dont la part pourrait d'ailleurs être accrue,

L'intérêt technique majeur du SST Boeing retenu par le Gouvernement américain réside évidemment dans son aile à flèche variable

qui doit lui accorder une souplesse d'utilisation sans équivalent actuel dans le monde. Il reste seulement à en faire une réalité...



CONCORDE



▲ Au cours de sa gestation, Concorde a été l'objet de diverses modifications. La plus récente est sans doute le nouveau dessin de la pointe avant avec pare-brise à décrochement léger, améliorant la visibilité à l'horizontale.

► Afin d'être en mesure de préciser au mieux avec chaque client les particularités de l'aménagement commercial de Concorde, la British Aircraft Corporation a construit une maquette en grandeur réelle de cet appareil.

compte tenu des charges financières que les gouvernements français et anglais supportent déjà avec le programme Concorde. D'un autre côté, les trois gouvernements sont d'accord pour imposer à l'industrie de prendre à sa charge entre 10 à 20 % du coût total de l'opération.

Les choses ne se présenteraient donc pas trop mal s'il n'y avait certaines hésitations du côté des exploitants. La BAC est en effet parvenue à intéresser vivement les British European Airways à une extrapolation très large de son One-Eleven, le Two-Eleven. Très logiquement, Hawker-Siddeley répond en offrant son Trident 3. Le fait est que les British European Airways veulent un avion de forte capacité beaucoup plus tôt que ses partenaires, « dès que possible après 1968 ». Pour résoudre le même problème, Air-France a commandé, on le sait, des Boeing 727-200, choix qui serait aussi celui des BEA s'il n'y avait de très vives susceptibilités nationales à ménager. La situation est donc pour le moins confuse. Le gouverne-

ment britannique et Rolls-Royce sont favorables à l'Eurobus, les BEA aussi mais à condition qu'on leur permette l'achat de matériel intérimaire, et pas forcément britannique ; le gouvernement britannique dira « oui » à l'Eurobus si les partenaires acceptent le réacteur Rolls-Royce. En somme, la première question sera sans doute résolue rapidement si la seconde l'est d'abord. Les réunions aux échelons les plus élevés se suivent car, de toutes manières, si une décision doit être prise, il faut qu'elle le soit avant l'été.

Mais que se passe-t-il aux U.S.A. pendant ce temps ? Bien qu'avec les versions allongées de leurs moyen-courriers, ils offrent déjà des avions de 160 places, les constructeurs américains ne veulent pas demeurer étrangers au marché de l'airbus. Douglas, par exemple, envisagerait une Series 70 de son DC-8, avec deux versions court-courriers 72 et 73 pour 189 et 251 passagers respectivement. Les fuselages des Model 62 et 63 seraient alors associés à une nouvelle

voilure allégée, portant des réacteurs JT8D-7 de 6,3 tonnes de poussée. L'avenir de ces projets demeure inconnu, compte tenu des difficultés nombreuses que va déjà devoir affronter la toute nouvelle McDonnell-Douglas Aircraft Corp.

Déjà bien accaparé par ses 707, 727, 737, 747 et SST 2 707, Boeing ne paraît pas envisager dans l'immédiat de lancer un 757 correspondant à l'airbus. Par contre, cette firme ne serait pas opposée à une coopération avec les Européens. Tout dépend en somme de la tournure que prendront les événements en ce qui concerne le transport supersonique.

Éliminée du programme supersonique, la Lockheed Aircraft Corporation s'est empressée de remettre ses ingénieurs à l'étude d'un transport à haute capacité, le Model 1 011, concurrent direct de l'Eurobus, d'après les rares informations qui ont filtré à son sujet.

Telle est la situation actuelle. Elle ne manquera pas de se clarifier rapidement car, de part et d'autre de l'Atlantique, les options définitives devront être prises rapidement.

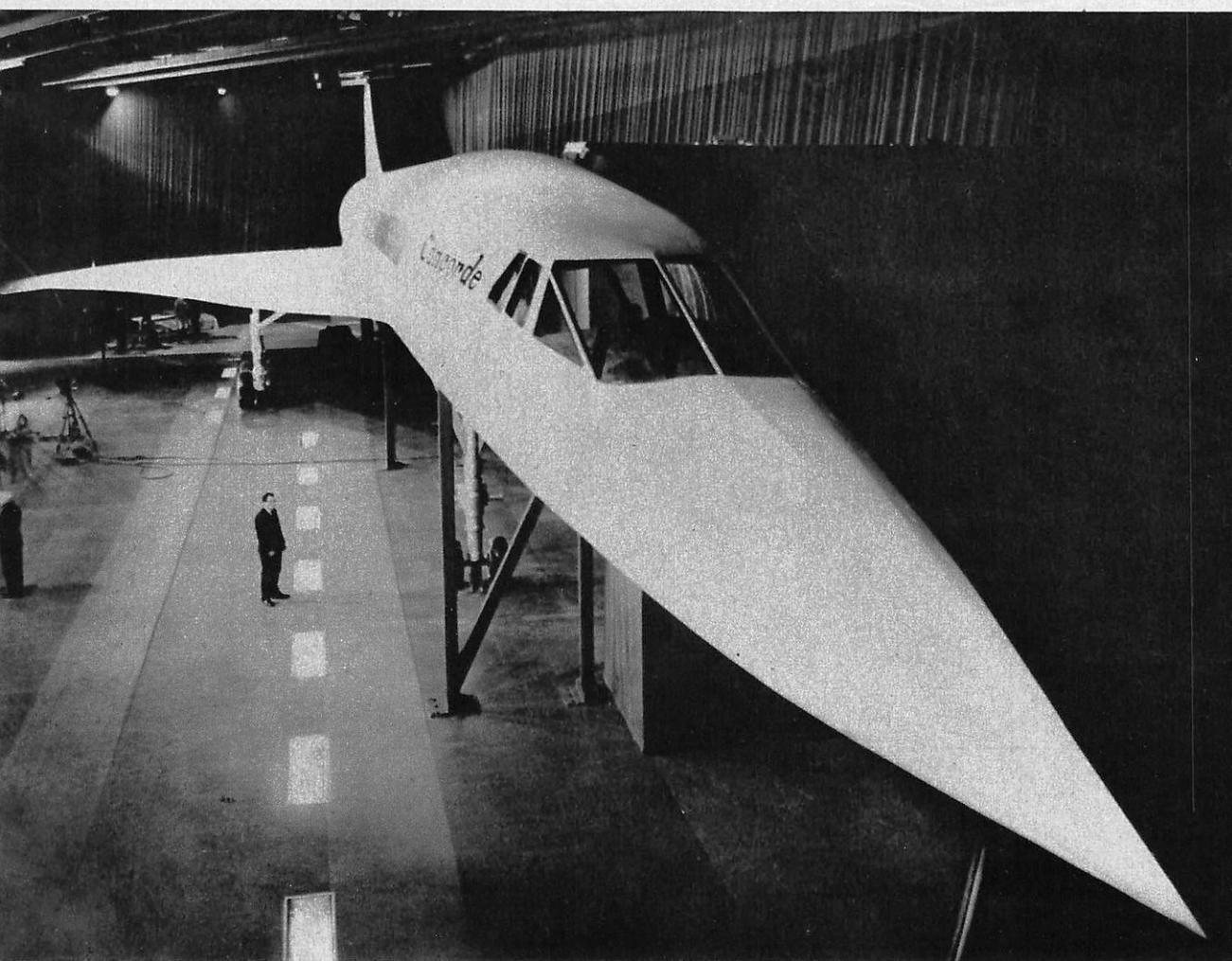
Les supersoniques

Dans le domaine du supersonique, après le choix officiel, au début de janvier, du gouvernement américain en faveur du Boeing 2 707 à géométrie variable de préférence à l'aile delta du Lockheed 2 000, trois concurrents seulement restent en présence, un soviétique, un européen et un américain.

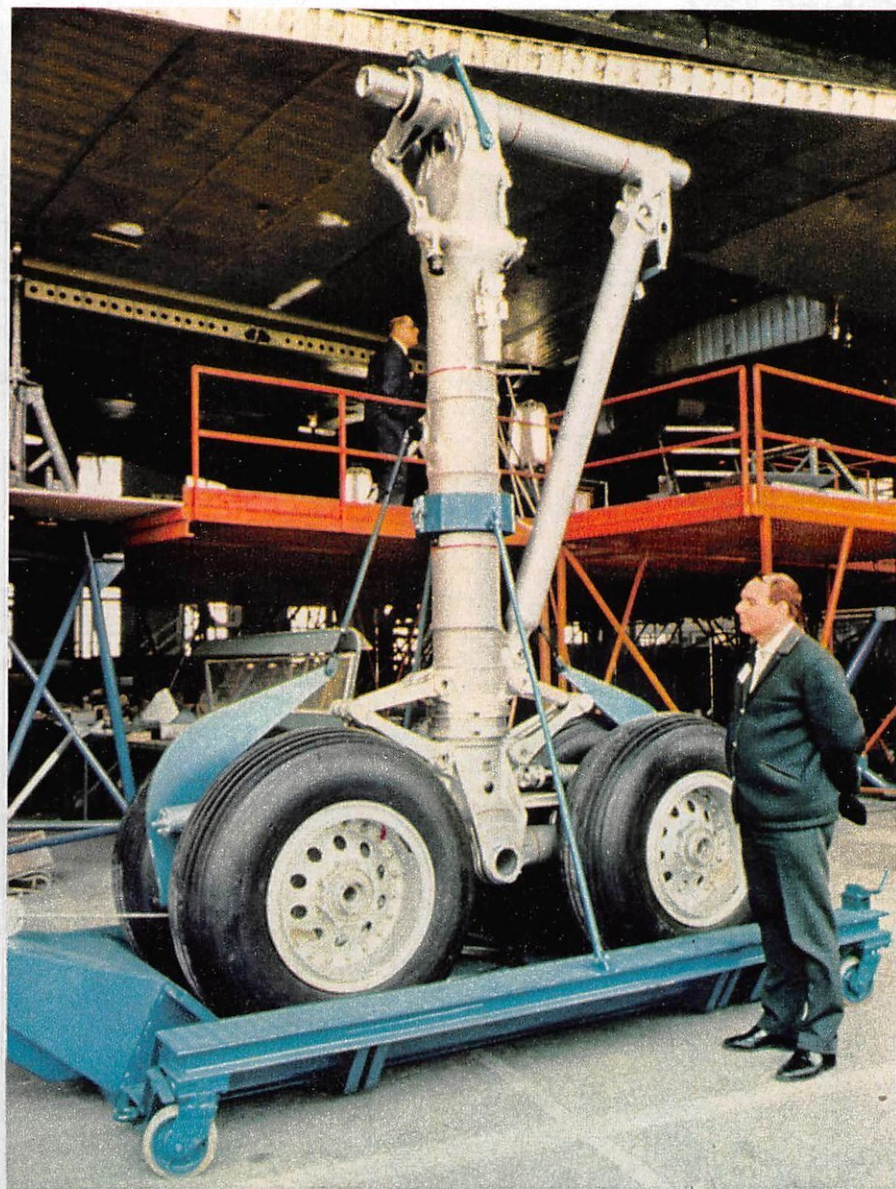
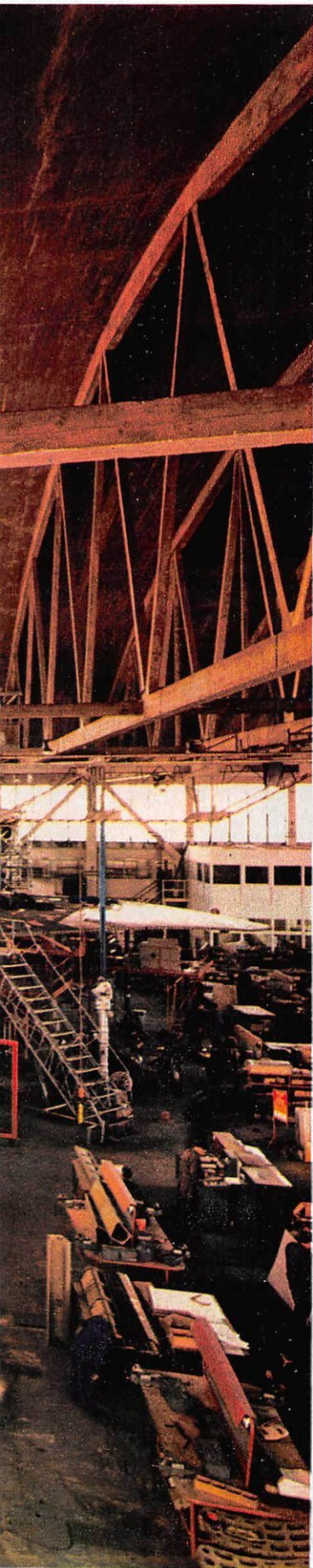
Sur l'avenir commercial du Tupolev 144, il n'y a guère d'illusions à se faire: son marché se limitera à l'URSS et aux pays de l'Est. Le marché pourra d'ailleurs être important étant donné la place du transport aérien en Union Soviétique.

Le Tupolev 144 sera relativement léger puisqu'il pèsera 130 tonnes au décollage, 29 tonnes de moins que la version de série de Concorde, et n'emportera que 121 passagers. Sa rentabilité, selon les critères occidentaux, sera donc plus que problématique, mais les bases de calcul ne sont pas les mêmes en URSS.

Les spéculations les plus fantaisistes ont été avancées quant à la date du premier vol







▲
Belle pièce de mécanique, construite par Hispano-Suiza, l'atterrisseur principal de Concorde, de conception très classique, recevra les 100 tonnes de l'appareil prenant contact avec la piste à près de 300 km/h.

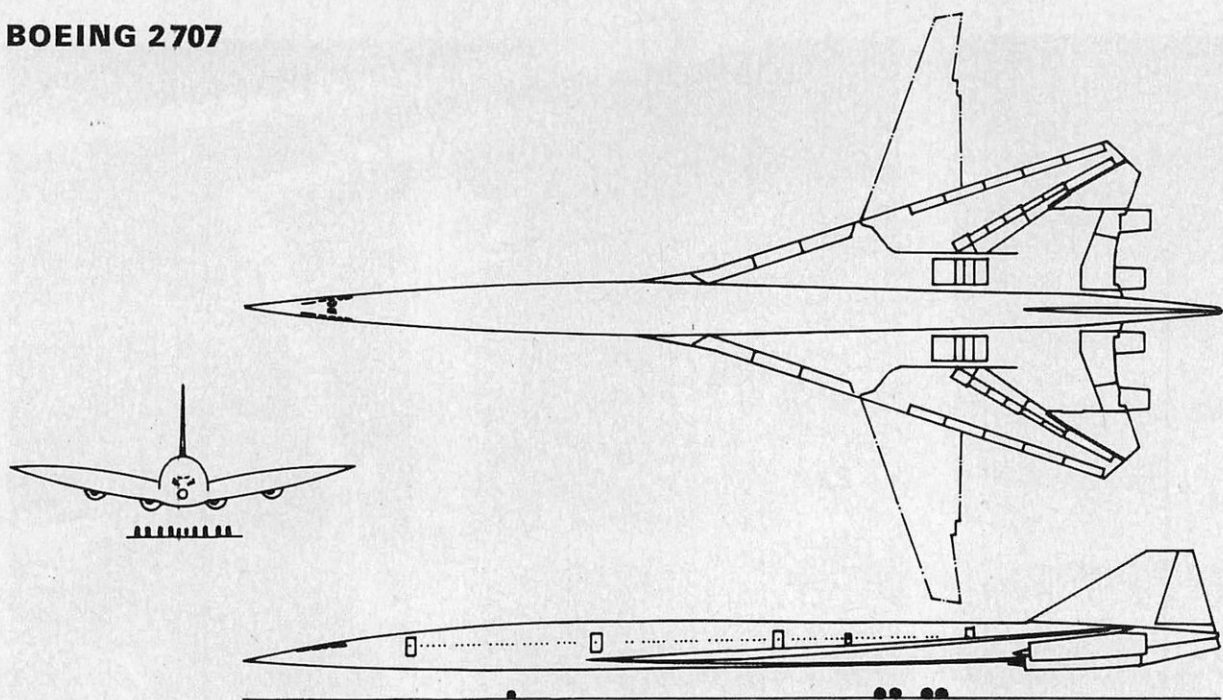
◀ **De part et d'autre de la Manche, les deux prototypes de Concorde prennent forme. Alors que celui de Toulouse est entièrement monté (photo), celui de Filton a un décalage de six mois, prévu par le planning.**

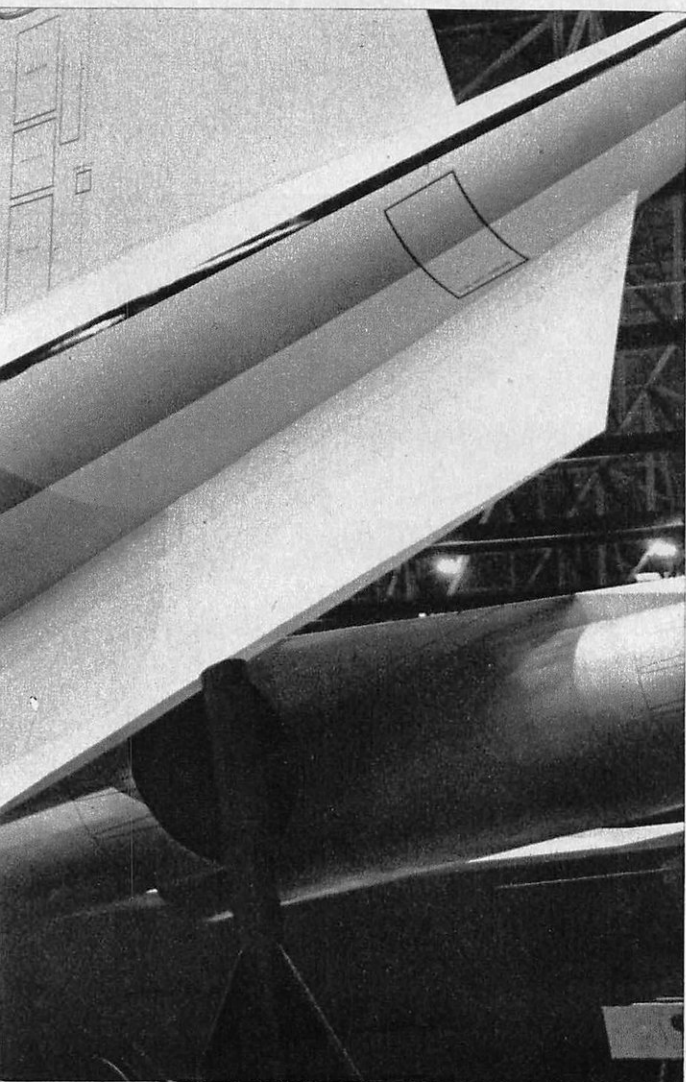
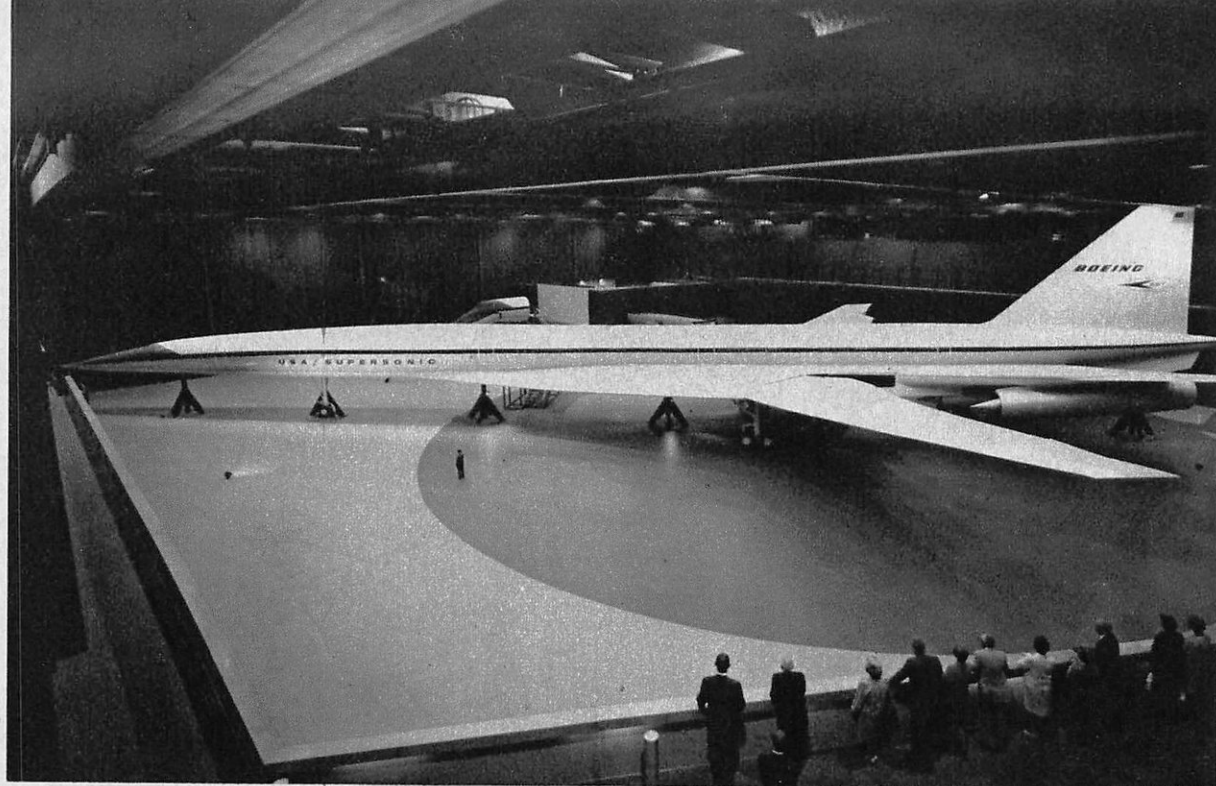
et de l'entrée en service. Sur ce dernier point, 1970 paraissait une date assez logique mais, à l'heure de la rédaction de ces lignes, on parle de l'arrivée possible d'un transport supersonique soviétique au Bourget pour le Salon ! Anticipation hardie ? L'apparition subite de l'Antonov 22 il y a deux ans incite à une certaine prudence...

Concorde fera sa première apparition publique au Bourget non pas sous la forme d'un prototype mais sous celle d'une maquette grandeur réelle en bois, complètement aménagée, réplique fidèle de l'avion N° 001 dont la construction se termine à Toulouse.

Au cours des derniers mois, la position de Concorde s'est considérablement renforcée et la preuve la plus spectaculaire en est le ralliement de la Deutsche Lufthansa, qui avait condamné jusqu'à présent le super-

BOEING 2707





L'implantation des réacteurs sous l'empennage ne sera pas la moindre particularité du Boeing 2707. On notera qu'en position

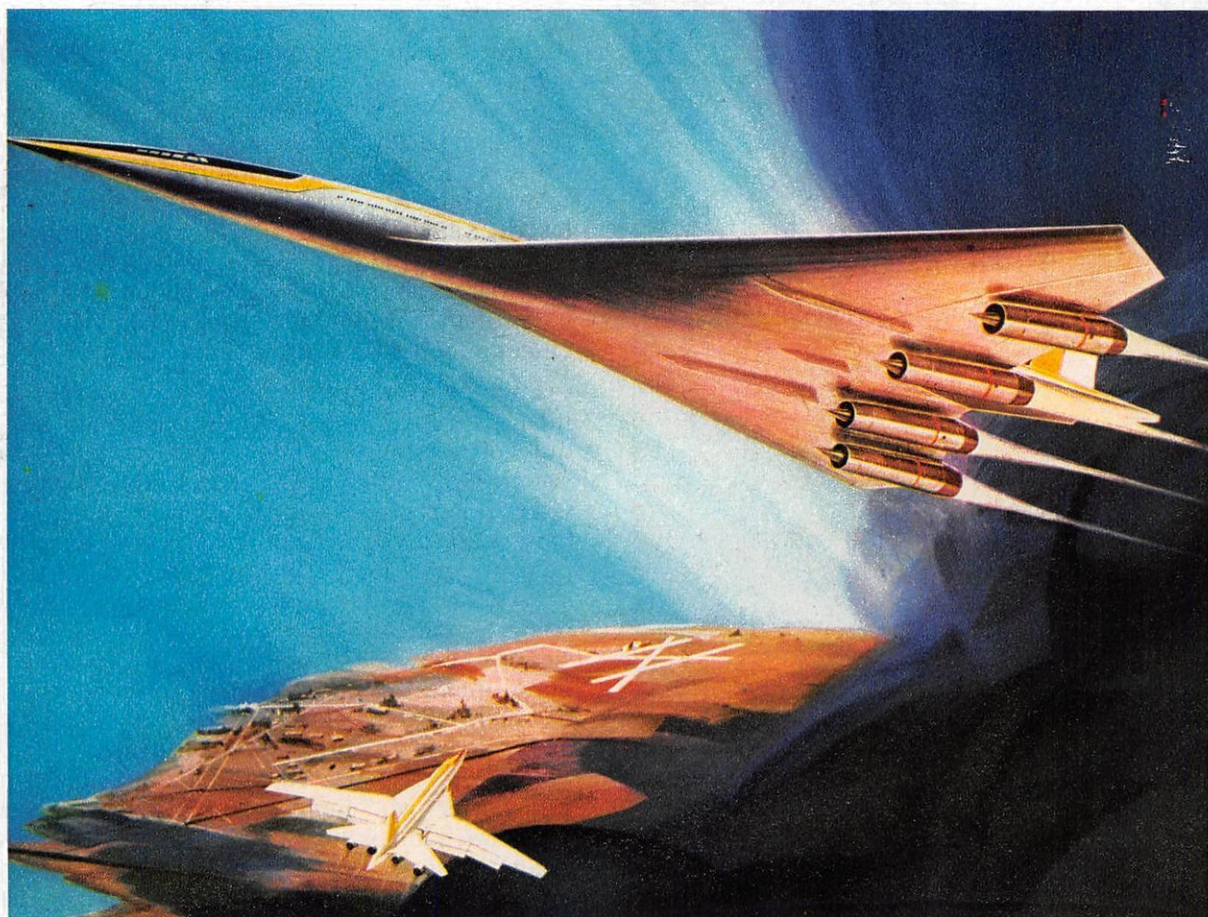
déployée, l'aile a un bord d'attaque en double flèche. Seuls, les panneaux externes de l'empennage serviraient de gouvernes.

sonique franco-britannique et en a finalement commandé trois exemplaires. Deux raisons expliquent ce revirement : l'amélioration sensible des performances annoncées pour Concorde et les retards accumulés par son concurrent américain. Car si, techniquement, les deux avions sont bien complémentaires, ils se concurrencent sur le plan commercial dans la mesure où certains clients du SST ne veulent pas doubler leurs investissements en commandant aussi des Concorde.

Suivant scrupuleusement, avec parfois même un peu d'avance, le calendrier fixé, qui doit conduire à un premier vol le 28 février 1968, Sud-Aviation et la British Aircraft Corporation n'ont cessé d'autre part, en liaison étroite avec tous leurs coopérateurs, de pousser plus loin l'optimisation de la version série. Le dessin d'un nouveau type de pneus a permis, à lui seul, de gagner plusieurs tonnes sur le poids total au décollage, donc quelques centaines de kilomètres de distance franchissable. Dans l'état actuel de l'avancement du projet, le Concorde de série pèsera 159 tonnes au décollage et pourra transporter au moins 136 passagers sur 6 700 km sans escale, avec toutes les réserves réglementaires. Notons cependant que ces chiffres sont calculés en tenant compte de

Gagner du temps sur les longs trajets n'est pas tout. Il faut aussi en gagner sur les liaisons villes-aéroports, pour que les avions rapides aient une signification réelle. L'hélicoptère pourra être promis à cette mission.

Bénéficiant en vol de croisière de la finesse supersonique de l'aile-delta, le Boeing 2707 aura des performances aux basses vitesses comparables à celles des jets actuels grâce à l'hypersustentation octroyée par sa voilure en position déployée.



procédures de vol spéciales, limitant notamment les attentes au point d'arrivée, mais qui seront communes à tous les transports supersoniques.

Sept mois environ après le premier prototype, assemblé à Toulouse, le N° 002 fera son premier vol à Filton, en octobre 1968. Entre-temps, deux cellules complètes auront été livrées pour essais statiques. Deux avions de pré-série voleront, de part et d'autre de la Manche, en juin et août 1969. Tous les efforts tendent actuellement à leur donner une forme aussi proche que possible de celle de l'avion de série.

Prototypes et avions de pré-série seront engagés dans des essais poussés — environ 5 000 heure de vol en tout — qui devraient permettre d'obtenir l'homologation officielle au cours du premier semestre 1971. A cette époque, cinq avions de série au moins seront prêts à entrer en service sur les lignes des Pan American Airways, d'Air-France et de la British Overseas Airways Corporation. Peut-être ce chiffre sera-t-il supérieur si la décision d'augmenter la cadence de livraison prévue — trois avions par mois — est prise en temps voulu. Présentement, le lancement de la série n'a pas été formellement décidé, mais toutes mesures sont prises pour qu'il n'y ait pas de retard. C'est ainsi que certains approvisionnements à cycle long ont déjà été commandés aux sous-traitants pour les premiers exemplaires devant entrer sur les lignes. En fait, le premier avion de production devrait voler dans un peu plus de deux ans afin de participer aux programmes d'entraînement des équipages.

Le principal problème est celui des cadences de sortie. En effet, les commandes passées à partir de mars 1967 concernent une livraison pour le courant de 1973, époque approximative de l'entrée en service du Boeing 2 707, tout au moins selon le calendrier actuel. Malgré tout, les promoteurs de Concorde pensent vendre au moins 200 exemplaires de leur appareil.

On a reproché à Concorde d'être limité en vitesse. Il est un fait que la vitesse ne pourra être poussée au delà de Mach 2,2 du fait de l'échauffement cinétique. Mais il est à remarquer que les Boeing 707 et Douglas DC-8 n'ont pas progressé au cours de leur carrière sur le plan de la vitesse mais bien sur ceux de la capacité et de la distance franchissable. Les responsables de Concorde, sans donner de chiffres précis, estiment que leur avion pourra, lui aussi, s'améliorer sur ces deux points.

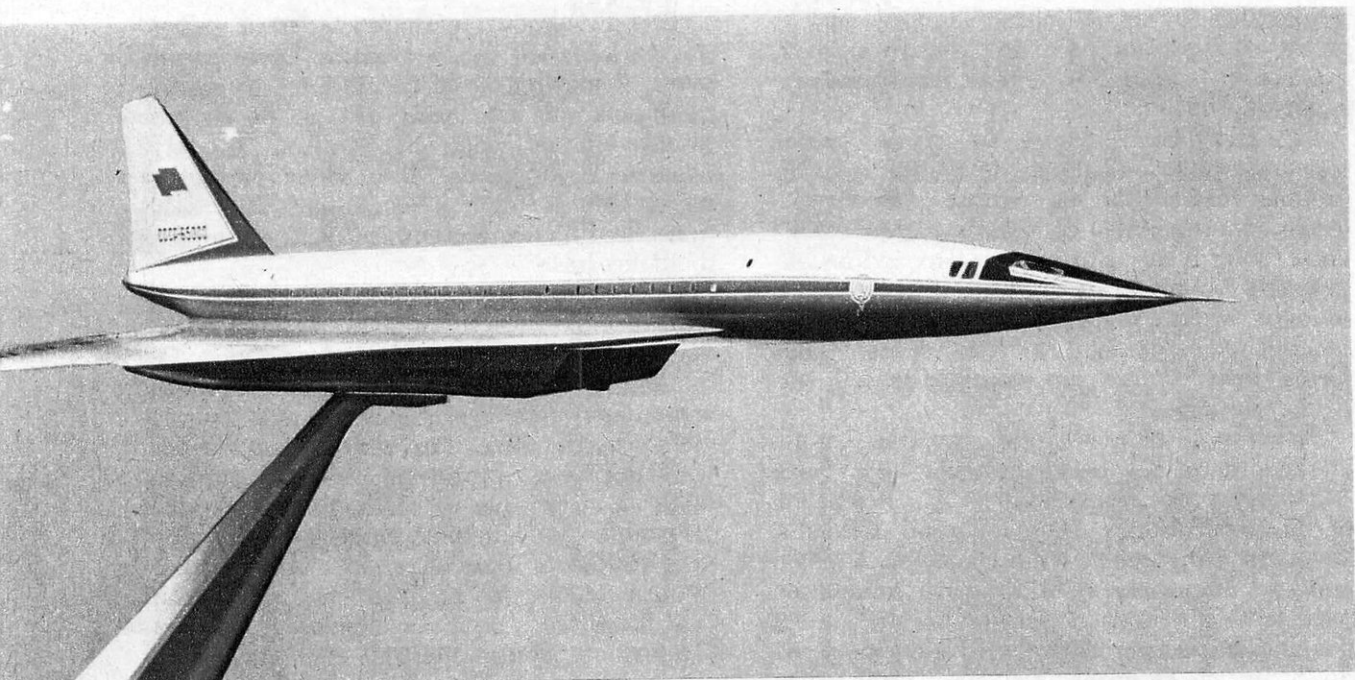
Cependant, il faut bien le dire, l'avenir de Concorde dépend en grande partie de l'évolution de son confrère américain.

Techniquement, le Boeing 2 707 à géométrie variable est très séduisant. Economiquement, il marque aussi des points, en théorie du moins, sur Concorde du fait de sa plus grande vitesse (Mach 2,7) et de sa plus forte capacité (250 places). Mais deux problèmes importants restent présentement sans solution : le financement et le bruit, problèmes d'ailleurs liés.

Le gouvernement américain, en effet, se montre plus qu'hésitant dans le financement du programme SST au delà des études préliminaires. Le président Johnson a prudemment laissé entendre que des études complémentaires devraient être faites avant de passer à la phase « prototype ». C'était une manière de dire que la déflagration sonique, inévitable, pouvait tout remettre en question. Aux dernières nouvelles, le vol en supersonique élevé du SST américain pourrait être limité au survol des océans ce qui, naturellement, compromettrait la rentabilité et réduirait considérablement le marché potentiel de l'appareil. Pourquoi lui et pas Concorde ? Parce que l'intensité de la déflagration sonique varie avec le tonnage et la vitesse et qu'on estime, en ce qui concerne Concorde, que les taux inadmissibles ne seront pas atteints. Il reste cependant à connaître l'avis des populations survolées...

Dans les conditions les plus favorables, le Boeing aura au moins trois ans de retard sur Concorde, et Boeing, financièrement engagé dans de nombreux programmes lancés en promotion privée — comme le 747, par exemple, qui implique la création d'une nouvelle usine — est dans l'impossibilité d'aller seul de l'avant. Non moins sollicité, par le Vietnam et l'Espace notamment, le gouvernement américain lie son propre engagement à une participation financière directe des transporteurs ayant retenu des SST. Il serait demandé à chacune des compagnies américaines de verser au moins 10 % du prix d'achat de chaque avion, qui est estimé à quelque 35 millions de dollars (175 millions de francs). Jusqu'à présent, il n'est pas question de mettre les clients étrangers à contribution, mais certains transporteurs américains s'insurgent contre cette discrimination. Il n'est pas précisé dans quelles conditions ces investissements considérables seraient éventuellement remboursés et par qui. D'aucuns disent même qu'il n'y aurait pas de remboursement en cas d'abandon du programme...

Problème subsidiaire, mais qui a néanmoins son importance, celui des tarifs. Actuellement, les compagnies offrent deux classes dans le même appareil, comme dans les chemins de fer. Seuls le volume alloué à



un passager et la qualité des prestations changent, ce qui ne suffit pas toujours pour remplir les sièges de première classe. On ne trouve pas encore, en aviation, l'équivalent des trains d'affaires genre *Trans Europ Express*, très fréquentés, qui offrent à une clientèle pressée non seulement un grand confort, mais des horaires comprimés avec, il est vrai, des tarifs assez élevés. Les promoteurs des transports supersoniques veulent en somme transposer cela sur le réseau aérien, encore que les spécialistes de Boeing prétendent arriver avec le 2707 au même prix du kilomètre-passager que pour les 707 actuels. Concorde, par contre, serait environ 25 % plus cher.

On retrouvera donc, côte à côte sur les mêmes lignes, des « jumbojets » permettant de diminuer les tarifs de 10 à 20 % par rapport aux tarifs 1967, et des supersoniques, plus chers de 15 à 25 % mais permettant d'aller signer un contrat à New York et d'avoir un dîner d'affaires à Paris dans la soirée. Il ne fait pas de doute que l'on trouvera suffisamment de passagers pour assurer la rentabilité de ces express aériens, même au prix d'un supplément de 20 à 50 dollars, comme en témoigne une récente enquête des TWA.

Régularité et sécurité

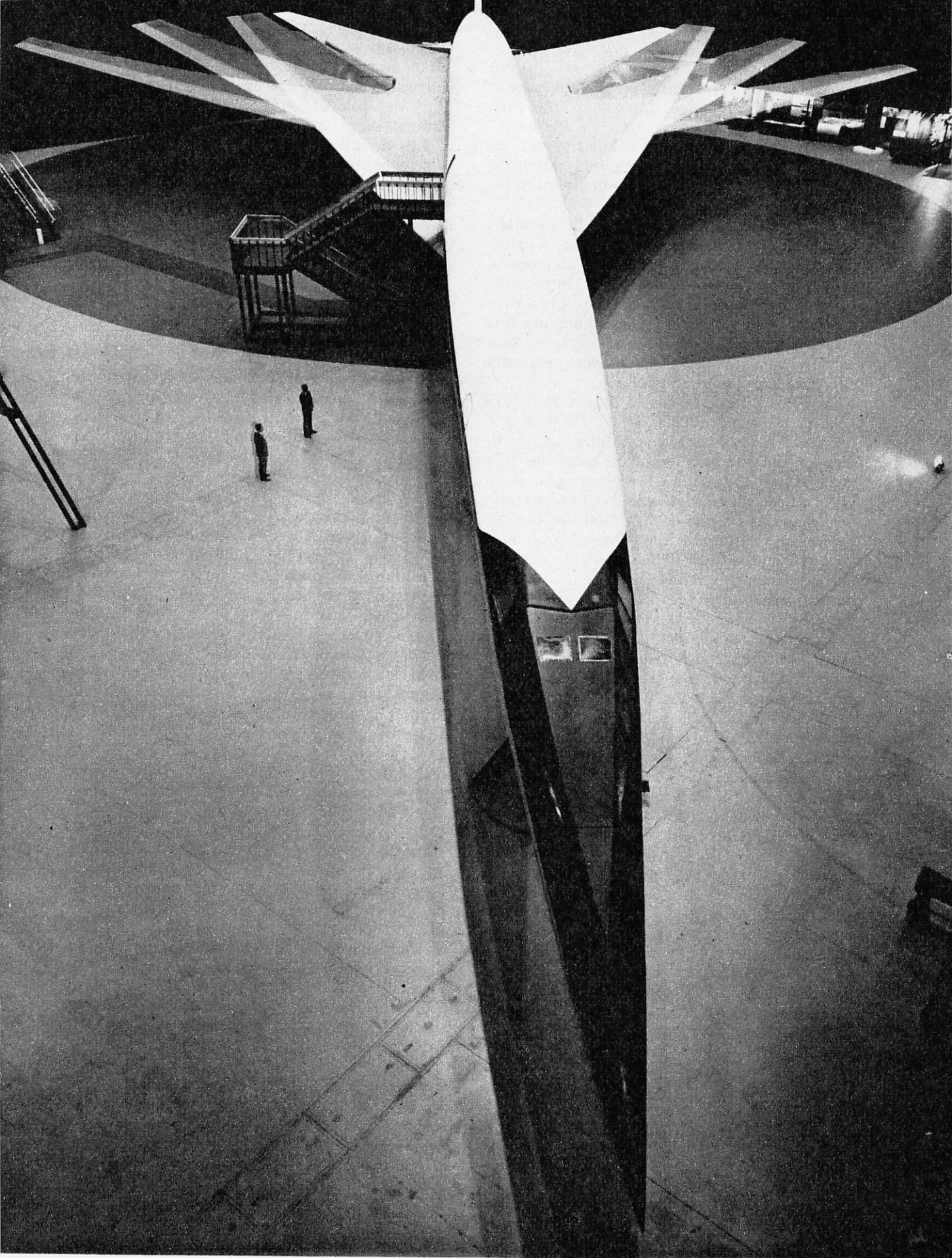
Ces deux tendances techniques du transport aérien, « plus lourd » et « plus rapide », sont les plus spectaculaires, mais ne sont

▲ **Champion soviétique** dans la course au transport supersonique, le Tupolev 144 n'est pas sans rappeler Concorde, à la position des réacteurs près. On peut s'attendre à un premier vol à l'automne 1967.

► **Une triple exposition** montre ici les différentes flèches de l'aile du futur Boeing 2707. La passerelle d'accès à cette maquette vraie grandeur donne idée de la hauteur du fuselage par rapport au sol.

pas les seules. Le transport aérien cherche aussi à accroître sa régularité. La certitude pour le voyageur de se poser au but à l'heure prévue, quelles que soient les conditions atmosphériques, sera peut-être un meilleur argument publicitaire que le gain de quelques heures de voyage. L'offensive sur ce point est menée sur deux fronts.

Au sol, divers moyens sont expérimentés pour lutter contre le brouillard et assurer localement la visibilité dans les limites de sécurité imposées par les règlements. La France tient ici une place de choix grâce aux travaux de l'Aéroport de Paris, qui a mis au point deux systèmes correspondant à des températures supérieures ou inférieures à zéro. Dans le premier cas, une batterie de réacteurs crée une nappe de gaz chaud suffisante pour dissiper ou atténuer le brouillard. Dans le second cas, on fait précipiter le brouillard surfondu par une vaporisation de propane liquide. Les résultats acquis au cours de plusieurs hivers sont excellents. Ces dispositifs peuvent être un heureux complément de l'atterrissage automatique, notamment en cas d'anomalie de fonctionnement des chaînes de pilotage.



Divers systèmes ont en effet été expérimentés qui doivent, dans un proche avenir, permettre l'atterrissage des avions par visibilité nulle.

Si l'amélioration de la régularité est un objectif très important, l'obtention d'une sécurité sans cesse accrue est encore plus essentielle.

Il y a deux manières d'évaluer la sécurité : un taux de décès, toujours modéré, s'exprimant en décès par million de kilomètres-passagers, et un total des décès intervenus en une année, donnée beaucoup plus brutale. Ces deux valeurs peuvent d'ailleurs très bien évoluer en sens opposé, compte tenu du nombre sans cesse accru des passagers emportés par chaque avion.

De 1963 à 1965, le taux a baissé de 0,75 à 0,56. Il est remonté à 0,64 en 1966, année qui a vu 33 accidents se produire sur les lignes régulières, entraînant la mort de 979 passagers et 134 membres d'équipages. Il ne faut pas se dissimuler que l'entrée en service d'avions de 250, puis 350 et bientôt 700 places, risque de bouleverser profondément ces statistiques, trois accidents conduisant au même terrible bilan qu'au cours d'une année entière vers 1960.

Les statistiques démontrent que la grande majorité des accidents interviennent sur les lignes lors des phases d'approche et d'atterrissage ; ce fut le cas en 1966 de 14 accidents sur 31 pour les avions à réaction pure, de 16 accidents sur 24 pour les appareils à turbopropulseurs, de 10 accidents sur 45 pour les avions à moteurs à pistons. Assez curieusement, ces appareils ont une majorité d'accidents en route, le plus souvent des collisions, ceci venant du fait qu'ils circulent dans les couches les plus encombrées de l'espace aérien.

Améliorer la sécurité consistera donc à améliorer les conditions d'atterrissage de nuit et par mauvais temps. L'atterrissage automatique est un pas important dans ce sens. En ce qui concerne les risques de collisions, de nouvelles mesures sont prises : internationalisation du contrôle aérien en Europe, renforcement des moyens électroniques de préparation des plans de vol et de surveillance du ciel. On tend aussi à généraliser les radars de mauvais temps et d'évitement du terrain, déjà d'emploi courant dans l'aviation militaire.

Un gros effort devra également être fait dans le sens d'un meilleur entraînement des pilotes lorsqu'ils ont à mettre en œuvre des appareils aux caractéristiques particulières. Il ne faut pas oublier qu'au moins trois accidents de Boeing 727 intervenus à la fin de 1965 et qui firent plus de 300 morts, ont

eu pour cause probable un entraînement insuffisant au pilotage d'un avion ayant un taux de descente très rapide et des accélérations relativement lentes.

Les défaillances des machines, par contre, sont exceptionnelles, et il est même bien des cas où certains avions se sont montrés d'une robustesse extraordinaire, revenant au sol avec des morceaux d'ailes ou des réacteurs arrachés, sauvant ainsi la vie de plus de 300 personnes en 1965.

Le transport sur courtes distances

L'intérêt du transport aérien ne se limite pas aux longues distances ainsi que le prouve l'essor continu du trafic intérieur aux USA, et aussi le développement en Europe, et notamment en France, avec Air-Inter, des liaisons sur courtes distances.

Depuis la reprise de son activité en 1960, Air-Inter a progressé à une cadence vertigineuse qui, en 1966, a atteint un taux de 50 % par rapport à 1965. De 1960 à 1966, 3 millions de passagers ont été transportés, dont plus d'un million en 1966. Fait remarquable, le taux moyen d'occupation des appareils atteint la valeur extrêmement élevée de 70 % pour les 25 000 vols assurés.

Si les liaisons radiales entre Paris et les grandes villes de province, continuent de drainer la plus grande partie du trafic, Air-Inter n'a cessé de tisser au-dessus de la France une toile de plus en plus serrée de lignes transversales. Dans le même temps, la flotte s'est adaptée aux besoins : Nord-262 pour ouvrir les lignes (cinq appareils), Viscount pour les lignes de moyen trafic (14 avions), Caravelle pour les grandes radiales (5 appareils en 1967, équipés pour l'atterrissage automatique tout temps). A cela viendront s'ajouter sans doute deux Fokker F-27 Friendship, intermédiaires en capacité entre le Nord-262 et le Viscount.

En tenant compte de l'augmentation de capacité offerte (27 % par rapport à 1966), Air-Inter espère transporter 1,4 millions de passagers en 1967 et atteindre les 3 millions par an vers 1970.

Peut-être, d'ici-là, la compagnie aura-t-elle vu une partie de son activité se diriger vers le transport ponctuel, c'est-à-dire du cœur des villes au cœur des villes par avions à décollage court et hélicoptères.

Les expériences en ce domaine ont jusqu'ici été assez décevantes, y compris aux Etats-Unis, du fait du prix de revient assez élevé des hélicoptères. Leur capacité, de plus, était assez limitée, ce qui contribuait à ren-

Cette photo illustre parfaitement le concept relativement récent des cargos mixtes, avec accès pour le fret à l'avant et pour les passagers à l'arrière. C'est ici la version « JetTrader » du Douglas DC-8 Series 50 à turbo-soufflantes.



dre le transport coûteux. Cependant, des machines plus aisément exploitables commencent à faire leur apparition aux USA comme en Europe, sans parler de l'URSS où volent les plus grosses machines du monde à voilure tournante.

C'est ainsi qu'en France, Sud-Aviation a préparé une version civile du Super-Frelon qui pourrait faire ses premières armes entre Lyon et Grenoble à l'occasion des Jeux olympiques d'hiver en 1968. De même, on parle pour 1970 de liaisons-navettes par hélicoptères entre Paris-Nord et Orly.

L'avion à décollage court reste toujours au stade des études de marché bien que des formules prometteuses soient maintenant au point. Sur certains itinéraires comme Paris-Bruxelles, l'avion à décollage court permettrait de réduire la durée du trajet de centre à centre à deux heures, contre trois heures pour le train et l'avion de ligne conventionnel.

Disons un mot enfin des lignes « de troisième niveau » ou lignes d'apport, qui prennent un peu partout un essor rapide. Il s'agit de lignes courtes, exploitées par des avions d'une quinzaine de places se contentant de pistes modestes, et qui drainent vers les grands aéroports la clientèle des centres ruraux ou de certains centres urbains défavorisés du point de vue liaisons terrestres.

Aux USA, ces lignes « commuter » desservent certaines des immenses banlieues qui s'étendent sur près de 100 km de rayon. Des expériences du même ordre, même si le problème de base est différent, ont lieu en France, dans le Massif Central et en Bretagne.

Le fret aérien

Le problème que pose aujourd'hui le fret aérien mériterait une étude particulière tant la question est complexe et tant sont nombreux les points de vue sous lesquels elle peut être envisagée.

Le trafic mondial de fret a augmenté de 700 % de 1950 à 1965, mais, si l'on en croit les prédictions des experts, il n'en est encore

qu'à un stade embryonnaire. Leur optimisme est fondé sur l'apparition d'appareils mieux adaptés à leur mission et parfois même spécialement conçus, jointe au fait que le public s'est peu à peu adapté à l'idée de faire voyager ses marchandises par avion et a compris tous les avantages d'économie, de sécurité, de rapidité de ce moyen de transport.

Pouvant recevoir facilement des palettes de types standardisés, d'où une importante accélération des opérations de chargement et de déchargement et un gain de temps appréciable aux escales qui influencera directement la rentabilité, ces appareils pourront transporter, selon le type, de 15 à 100 tonnes de charge marchande sur des distances de 1 000 à 7 000 km, à des prix sans cesse en régression.

L'avenir

Parler de l'évolution du transport aérien au terme de 10 années peut paraître déjà assez risqué, tant est rapide le rythme de progression de l'industrie aéronautique. Mais déjà les ingénieurs se penchent sur les besoins de l'an 2 000.

Avions géants super-économiques, hélicoptères, combinés, supersoniques de Mach 3, tout cela est déjà connu, presque construit et démodé. La course à la vitesse se poursuivant, les chercheurs pensent à une nouvelle catégorie d'avions, les HST (pour *Hyper-Sonic Transport*), qui transporteront 200 passagers à 6 500 km/h ! Des contrats officiels ont été passés aux Etats-Unis à ce sujet, à General Dynamics notamment, qui a publié la silhouette d'une aile en delta de 225 tonnes, construite en alliage de nickel et propulsée par des statoréacteurs alimentés à l'hydrogène liquide.

On sourit un peu aujourd'hui de projets aussi fantastiques. Ne souriait-on pas, il y a dix ans, en parlant de transports supersoniques ? Nous y voici...

Roland DE NARBONNE



▲ Jusqu'à 45 tonnes de charge payante peuvent être transportées à 960 km/h par la version fret du Boeing Intercontinental. Les hublots sont conservés pour le transport de passagers éventuels.

AVIONS DE TRANSPORT (voir pour la France p. 34)

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie (km)	Observations
ALLEMAGNE FÉDÉRALE DORNIER DO-27	12	9,6	1 850	1 moteur Lycoming GO-480-B de 270 ch	230	6/8	1 100	Monomoteur tous usages ; aile haute, train fixe. Version H-2 à moteur Lycoming GSO-480 de 340 ch.
DO-28 B-2	13,80	9	1 730	2 moteurs Lycoming IO-540 A de 290 ch	290	6/8	1 680	Bimoteur léger tous usages à aile haute, train fixe. En projet, version C à cabine pressurisée, 2 turbopropulseurs Turboméca Astazou II de 530 ch, vitesse 460 km/h.
DO-Skyservant	15	11,40	3 500	2 moteurs Lycoming GSO-540 de 380 ch	320	15	2 000	Bimoteur tous usages à décollage court, aile haute, train fixe.
DO-31	19,50	21,50	25 000	2 turboréacteurs double-flux de 4 000 kg à tuyères orientables, 10 réacteurs de sustentation de 2 500 kg	750		1 800	Transport tactique V/STOL expérimental à aile haute. Construit en collaboration avec le groupe Entwicklungsring-Nord.
HAMBURGER HFB 320 Hansa	14,50	16,60	8 500	2 turboréacteurs General Electric CJ 610-1 de 1 300 kg	820	12	2 300	Biréacteur d'affaires ou de transport léger. Aile en flèche à 15° vers l'avant. Fuselage pressurisé et conditionné.
VFW 614	21,50	20,60	15 900	2 turboréacteurs double-flux Bristol-Siddeley SNECMA M 45H de 3 500 kg	735	36	800	Biréacteur pour étapes courtes en construction, transport passagers ou fret ; aile en flèche à 15°.
ARGENTINE DINFIA Guarani II	19,50	14,86	7 120	2 turbopropulseurs Turboméca Bastan V I-A de 930 ch	500	10/15	2 575	Transport léger et affaires.
TURBAY T-3 A	13,50	9,40	1 850	2 moteurs Lycoming O-360-A1D de 180 ch	320	6	1 800	Transport léger à décollage court en prototype.
CANADA CANADAIR 400	43,40	46,30	95 000	4 turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne R Ty-12 de 5 730 ch	610	189/214	8 460	Long-courrier pour transport passagers ou fret. Version pour étapes courtes 214 passagers. Fuselage pressurisé et conditionné. En version cargo ou mixte, chargement rapide du fret par section arrière du fuselage pivotante.

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie (km)	Observations
CL-84	10,16	14,40	4 800	2 turbopropulseurs Lycoming T-35 de 1 400 ch	500	16	560	V/STOL à voilure pivotante. Applications civiles et militaires. Deux rotors de queue horizontaux pour contrôle en vol vertical et à faible vitesse, diamètre 2,13 m. Appareil amphibie conçu primitivement comme avion-citerne de lutte contre les incendies. En construction.
CL-215	28,60	19,40	15 875	2 moteurs Pratt et Whitney R-2 800 de 2 100 ch.	350	30		
DE HAVILLAND DHC-2 Beaver	14,64	9,25	2 300	1 moteur Pratt et Whitney R-985 Wasp Junior de 450 ch	225	7	1 250	Transport léger civil et militaire à décollage court; aile haute, train fixe; peut être équipé de skis ou de flotteurs. Existe en version amphibie. Version Turbo-Beaver avec turbopropulseur Pratt et Whitney PT 6A-6 de 580 ch, vitesse 270 km/h; pour 10 passagers.
DHC-3 Otter	17,70	12,80	3 630	1 moteur Pratt et Whitney R-1340 de 600 ch	250	10	1 500	Transport léger civil et militaire à décollage court; aile haute, train fixe. Peut être équipé de flotteurs ou de skis. Existe en version amphibie. Production terminée.
DHC-4A Caribou	29,15	22,13	12 930	2 moteurs Pratt et Whitney R-2 000 de 1 450 ch	350	30	2 100	Transport civil et militaire à décollage court, aile haute, rampe de chargement arrière.
DHC-5 Buffalo	29,26	23,57	18 600	2 turbopropulseurs General Electric T 64-GE-10 de 2 850 ch	435		3 500	Transport militaire tactique à décollage court, aile haute, rampe de chargement arrière.
DHC-6 Twin Otter	19,81	15,10	4 500	2 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT 6A-6 de 580 ch	300	13/18	1 480	Transport léger civil et militaire à décollage court; aile haute, train fixe.
ESPAGNE CASA 207 Azor	27,80	20,85	16 500	2 moteurs Bristol Hercules 730 de 2 040 ch	450	30/40	2 600	Transport militaire ou avion cargo construit en petite série. Cabine conditionnée.
ÉTATS-UNIS BOEING 707-120 B	39,90	44,20	116 000	4 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 3 D-3 de 8 165 kg	995	131/181	6 800	Long-courrier transcontinental, aile en flèche à 35°, cabine pressurisée et conditionnée.
707-320 B	44,40	46,60	148 000	4 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 3 D-3 de 8 165 kg	966	147/189	9 900	Version intercontinentale. Version C cargo ou mixte.
720-B	39,90	41,70	106 000	4 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 3 D-3 de 8 165 kg	980		6 700	Version allégée moyen-courrier.
727	32,90	40,60	64 400	3 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 8 D-1 de 6 350 kg	970	94/131	3 300	Triréacteur pour étapes courtes ou moyennes. Aile en flèche à 32°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée. Version C mixte passagers et fret. Version 727-200 allongée (46,70 m) pour 163/189 passagers.
737	28,35	28,65	44 000	2 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 8 D-7 de 6 350 kg	925	80/101	3 000	Biréacteur pour étapes courtes ou moyennes; aile en flèche à 25°; cabine pressurisée et conditionnée. Version C mixte passagers et fret. Version 737-200 allongée pour 88/113 passagers.
747	59,60	70,65	308 000	4 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 9 D de 18 600 kg	1030	363/490	7 400	Quadriréacteur à grande capacité en construction; aile en flèche à 37°, cabine pressurisée et conditionnée. Version C mixte passagers et fret. Version cargo F.
2707	54 32,60	91	272 000	4 turboréacteurs General Electric GE4/J 5	Mach 2,7	300	6 440	Long-courrier supersonique à géométrie variable en projet. Panneau externe de l'aile pivotant; flèche de 20° au décollage et à l'atterrissage, flèche de 72° en croisière supersonique. Structure en alliage de titane. Réacteurs à l'arrière.
KC-135	39,90	41,53	135 000	4 turboréacteurs Pratt et Whitney J-57-P de 6 240 kg	860		5 000	Avion-citerne pour ravitaillement en vol dérivé du Boeing 707. Version Stratolifter de transport militaire passagers et fret.
DOUGLAS DC-8 series 50	43,40	45,85	143 000	4 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 3 D-1 de 7 720 kg ou JT 3 D-3 de 8 175 kg	930	132/185	9 200	Long-courrier; aile en flèche à 30°, cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version intercontinentale (séries 30,40 et 50) et en version pour lignes domestiques (séries 10 et 20). Version intercontinentale DC-8F Jet Trader mixte ou cargo. Nouvelles versions séries 60 à fuselage allongé, jusqu'à 251 passagers.
DC-9	27,25	31,80	35 000	2 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney JT 8 D-5 de 5 440 kg ou JT 8 D-1 de 6 350 kg	900	80/90	2 300	Biréacteur pour étapes courtes et moyennes, aile en flèche à 24°, réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Existe en versions mixte et cargo.
GRUMMAN Gulfstream I	24	19,50	16 000	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart 529 de 2 200 ch	560	10/14	4 000	Avion d'affaires; cabine pressurisée et conditionnée; peut être aménagé en transport léger pour 24 passagers.
Gulfstream II	21	24,40	24 500	2 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey 25	940	30		Biréacteur d'affaires et de transport léger; aile en flèche à 25°; cabine pressurisée et conditionnée.
LEARJET Model 24	10,85	13,20	5 900	2 turboréacteurs General Electric CJ 610 de 1 300 kg	860	6	1 800	Avion d'affaires; aile en flèche à 13°; réacteurs à l'arrière; cabine pressurisée et conditionnée. Version allongée pour 8 passagers.
Model 40	21,50	29	23 500	2 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey 25 de 5 170 kg	900	40	4 000	Biréacteur en projet; aile en flèche; réacteurs à l'arrière; cabine pressurisée et conditionnée.

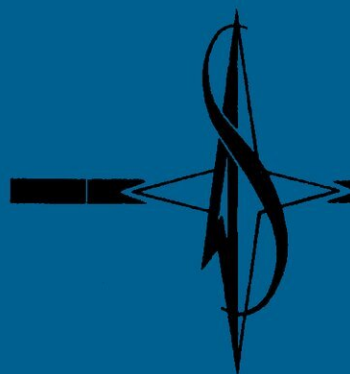


Large et haute de 4,40 m, la soute de 32 m de long de l'Antonov 22 peut recevoir les frets les plus encombrants, y compris des véhicules de gros tonnage. L'AN-22 est utilisé pour alimenter les chantiers des régions peu accessibles en matériaux et en véhicules lourds de travaux publics, chargés par rampe arrière.



AVIATION

la plus importante Société de Constructions
Aéronautiques d'Europe Occidentale par ses
productions et ses moyens.



37⁰⁰ DE MONTMORENCY - PARIS 16^e - 224.84-00

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie (km)	Observations
LOCKHEED Hercules	40,25	29,80	61 000	4 turbopropulseurs Allison T 56-A-7 de 4 050 ch	600		3 700	Transport militaire à aile haute. Fuselage pressurisé et conditionné. Utilisations multiples: fret ou personnel équipé: 64 parachutistes, véhicules, missiles lourds, etc. Version HC - 130 H de reconnaissance et sauvetage à long rayon d'action équipée de 4 turbopropulseurs Allison T 56-A-15 de 4 200 ch. Existe en version commerciale.
Jetstar	16,60	18,40	19 000	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT 12 A-8 de 1 500 kg	900	10	3 400	Quadriréacteur de transport léger; aile en flèche à 30°, réacteurs par paires à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
Starlifter	48,75	44,20	144 000	4 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney TF 33 -P-7 de 9 525 kg	910		6 400	Transport militaire à long rayon d'action; aile haute, en flèche à 25°, rampe de chargement arrière; cabine pressurisée et conditionnée. Peut transporter 154 hommes équipés. Version commerciale pour transport de fret, allongée à 55,50 m.
C-5 A	67,90	75	330 000	4 turboréacteurs double-flux General Electric CTF-39 de 18 600 kg	870	900	4 600	Transport lourd civil et militaire en construction; aile haute en flèche à 25°, fuselage pressurisé et conditionné.
GRANDE-BRETAGNE BAC VC-10	44,55	48,36	141 500	4 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Conway RCo 42 de 9 525 kg	910	151	8 100	Quadriréacteur long-courrier; aile en flèche à 32°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version militaire passagers et fret, 4 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Conway RCo-43.
Super VC-10	44,55	52,30	152 000	4 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Conway RCo-43 de 9 900 kg	910	163/174	7 450	Version allongée du précédent.
One-eleven series 200	27	28,50	35 000	2 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey-2 MK-506 de 4 720 kg	880	65/79*	2 000	Biréacteur pour étapes courtes ou moyennes; aile en flèche à 20°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée. Series 300 et 400 à 2 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey MK-511 de 5 170 kg; autonomie 3 000 km. Series 500 en préparation pour les B.E.A., fuselage allongé pour 99 passagers.
BRITTEN-NORMAN BN-2 Islander	15	10,90	2 500	2 moteurs Lycoming O-540 de 260 ch	260	10	550	Transport léger passagers ou fret; aile haute, train fixe.
HANDLEY-PAGE Herald series 200	28,90	23	19 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart MK-527 de 1 900 kg	440	50/56	2 800	Transport pour étapes courtes ou moyennes; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée. Series 400 de transport militaire à missions multiples.
Jetstream	15,85	14,75	5 560	2 turbopropulseurs Turboméca Astazou XIV de 840 ch	490	4/18	3 200	Avion d'affaires en préparation; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée.
HAWKER-SIDDELEY Heron	21,8	14,8	6 125	4 moteurs Bristol-Siddeley Gipsy Queen 30 de 250 ch	300	14/17	2 500	Quadrimoteur léger à aile haute; existe en version affaires pour 6/8 passagers.
125	14,33	14,45	9 780	2 turboréacteurs Rolls-Royce Viper 522 de 1 525 kg	800	8	2 750	Biréacteur d'affaires, aile en flèche à 20°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée. Version militaire Dominie pour utilisations multiples.
748 series 2	30	20,40	20 200	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart RDa-7 de 2 100 ch	440	40/62	3 200	Transport pour étapes courtes ou moyennes. Cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version affaires, cargo ou mixte. Version militaire (Andover) allongée, à 2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart RDa-12 de 3 245 ch; rampe de chargement arrière; peut transporter 52 hommes équipés ou véhicules divers.
Argosy 650 series 220	35	26,45	42 000	4 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart MK-532/1 de 2 030 ch	450	89	2 830	Transport passagers et fret; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée. Version militaire 660 avec rampe de chargement arrière, 4 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart RDa-8 MK-101 de 2 680 ch; transporte 69 hommes équipés, véhicules blindés divers, ou 48 blessés couchés; poids max. au décollage 44 000 kg.
Trident I E	29	35	61 000	3 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey RB-163-25 de 5 170 kg	970	91/115	3 170	Triréacteur moyen-courrier, aile en flèche à 35°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée. Version 2 E en préparation à 4 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey RB-163-25 Mk-512 W de 5 410 kg, autonomie accrue pour liaisons sans étapes entre Londres et le Moyen-Orient; poids 65 000 kg.
SHORT Belfast	48,40	41,70	102 000	4 turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne RTy-12 de 5 730 ch	570		8 530	Transport militaire lourd à aile haute, conçu pour le transport des plus lourdes charges: véhicules blindés, pièces d'artillerie, missiles; rampe de chargement arrière, cabine pressurisée et conditionnée pour 150 hommes équipés.
Skyvan	19,50	12,20	5 670	2 turbopropulseurs Turboméca Astazou XII de 640 ch	330	18	980	Transport léger civil et militaire; aile haute, train fixe.
ITALIE FIAT G-222	23,50	21,50	18 750	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart; 8 réacteurs de sustentation Rolls-Royce RB-162	460		3 700	Transport militaire V/STOL en projet pour 40 hommes équipés; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée. Diverses versions à décollage conventionnel, civiles et militaires, sont prévues ou en construction.

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max. ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie (km)	Observations
PIAGGIO P-166 B Portofino	13,50	11,90	3 800	2 moteurs Lycoming IGO-540 de 380 ch	360	5/10	2 400	Transport léger et affaires ; aile haute, double commande. Version C pour 12 passagers.
PD-808	11,45	12,85	8 165	2 turboréacteurs Rolls-Royce Viper de 1 510 kg	700	5/8	2 350	Biréacteur léger civil et militaire mis au point en collaboration avec Douglas. Réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version affaires.
JAPON MITSUBISHI MU-2-B	12	10,15	4 050	2 turbopropulseurs AiResearch TPE-331 de 600 ch	450	6/9	1 900	Transport léger à décollage court ; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée. Version militaire de reconnaissance et de sauvetage.
NAMC YS-11	32	26,30	23 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart MK-542-10 de 3 060 ch	470	52/60	2 400	Transport passagers et fret pour étapes courtes et moyennes. Version militaire à l'étude.
PAYS-BAS FOKKER F-27 Friendship	29	23,50	18 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart R Da-6 de 1 715 ch	430	40/52	2 000	Moyen-courrier, aile haute, cabine pressurisée et conditionnée, construit aussi aux États-Unis par Fairchild-Hiller. Existe en versions cargo, mixte, et en version allongée (25 m).
F-28 Fellowship	23,60	27,40	25 000	2 turboréacteurs double-flux Rolls-Royce Spey Junior de 4 470 kg	850	40/65	2 000	Biréacteur prototype pour étapes courtes, construit en collaboration avec les firmes Hamburger, VFW et Short ; aile en flèche à 16°, réacteurs à l'arrière ; cabine pressurisée et conditionnée. Une version raccourcie sera construite aux U.S.A. par Fairchild-Hiller (FH-228).
SUISSE PC-6 Porter	15,15	10,20	2 000	1 moteur Lycoming G50-480 de 340 ch ou 160-540 de 350 ch	210	7/10	1 200 1 500	Monomoteur tous services à décollage court ; aile haute, train fixe, éventuellement combinaison skis, roues ou flotteurs. Version Turbo-Porter, à turbopropulseur Turboméca Astazou de 520 ch, vitesse 250 km/h, Pratt et Whitney PT 6 A 550 ch, Garrett AiResearch 575 ch.
U.R.S.S. ANTONOV AN-10 A	38	34	55 000	4 turbopropulseurs Ivchenko AI-20K de 4 000 ch	680	100/130	4 000	Transport pour lignes domestiques ; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée ; peut être équipée de skis. Version cargo AN-12 civile et militaire, rampe de chargement arrière.
AN-22 Anthée	64,50	57,80	250 000	4 turbopropulseurs Kuznetsov NK-12 MV de 15 000 ch à 2 hélices contrarotatives	680		11 000	Transport lourd long-courrier en prototype ; aile haute, rampe de chargement arrière. Une version deux-ponts pour 724 passagers est prévue.
AN-24 V	29,20	23,50	20 000	2 turbopropulseurs Ivchenko AI-24 de 2 550 ch	450-500	44/50	2 000	Transport pour lignes d'apport ; aile haute, cabine pressurisée et conditionnée ; existe en versions cargo, mixte, convertible et affaires.
ILYUSHIN IL-18 V	37,40	36	61 000	4 turbopropulseurs Ivchenko AI-20 K de 4 000 ch	600	90/122	5 200	Moyen-courrier ; cabine pressurisée. Versions développées à 4 turbopropulseurs de 4 250 ch.
IL-62	43,30	53,10	157 500	4 turboréacteurs double-flux Kuznetsov NK-8 de 10 500 kg	50/900	115/186	9 200	Quadriréacteur long-courrier, aile en flèche à 35°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée.
TUPOLEV TU-104	34,50	38,85	76 000	2 turboréacteurs Mikulin AM-3 M-500 de 9 700 kg	900	70	3 100	Biréacteur moyen-courrier dérivé du bombardier TU-16, aile en flèche à 37°, cabine pressurisée. Version allongée pour 100 passagers.
TU-114	51,10	54,10	164 000	4 turbopropulseurs Kuznetsov NK-12 MV de 14 800 ch à 2 hélices contrarotatives	770	170/220	9 000	Version civile long-courrier du bombardier TU-20 ; aile en flèche à 35°, cabine pressurisée et conditionnée.
TU-124	25,55	30,60	38 000	2 turboréacteurs double-flux Soloviev D-20P de 5 400 kg	870	56	2 100	Biréacteur pour étapes courtes et moyennes ; aile en flèche à 35°, cabine pressurisée et conditionnée.
TU-134	29	34,30	44 000	2 turboréacteurs double-flux Soloviev D-30 de 6 800 kg	900	64/72	3 100	Biréacteur pour étapes courtes et moyennes ; dérivé du précédent ; aile en flèche à 35°, réacteurs à l'arrière, cabine pressurisée et conditionnée.
TU-144				4 turboréacteurs double-flux Kuznetsov NK-144 de 17 500 kg	Mach 2,35	120	6 500	Long-courrier supersonique à l'étude ; aile ogivale en delta.
TU-154	37,55	47,90	86 000	3 turboréacteurs double-flux Kuznetsov NK-8 de 9 500 kg	900	128/164	6 000	Triréacteur moyen/long-courrier en préparation ; doit remplacer les TU-104, IL-18 et AN-10 ; aile en flèche à 35°, réacteurs à l'arrière ; cabine pressurisée et conditionnée.
YAKOVLEV YAK-40			12 400	3 turboréacteurs double-flux Ivchenko AI-25 de 1 500 kg	550/600	24	600	Triréacteur pour étapes courtes (prototype) pouvant opérer à partir de pistes sommaires ; voilure conventionnelle, réacteurs à l'arrière.

Une nouvelle génération d'aéroports

On estime que d'ici 1970-71, le trafic aérien de passagers aura sensiblement doublé et que, vers 1975, il atteindra au moins le triple du chiffre actuel. Encore faut-il remarquer que ces estimations ne tiennent pas compte de l'accroissement du trafic non régulier, voyages à la demande en particulier, dont on attend un accroissement considérable et difficile à préciser.

En même temps, deux faits majeurs vont, sur les plans technique et économique, bouleverser dans les dix années à venir l'industrie du transport aérien : l'apparition vers 1971 d'appareils à très haute capacité (ou « jumbo-jets »), dont le Boeing 747 constitue le type ; la mise en service, un peu plus

tard, de long-courriers supersoniques tels que Concorde, Boeing 2707 ou même de leur frère soviétique, le Tupolev-144.

Les aéroports seront-ils prêts à accueillir les centaines de nouveaux appareils conventionnels dont on attend la mise en service ? Pourront-ils, surtout, recevoir des monstres de 300 tonnes et plus et « traiter » les quelques centaines de passagers d'un Boeing 747 ou les 900 passagers d'un Lockheed L-500 ? Un peu partout dans le monde de l'aéronautique commerciale, la question est posée et c'est avec une certaine angoisse que l'on envisage l'arrivée simultanée, en période de pointe, de deux ou trois « jumbo-jets » sur un aéroport.

Adapter l'infrastructure aéroportuaire aux progrès de la technique et à la démocratisation du transport aérien est donc un impératif majeur. Encore faut-il que des solutions se dessinent rapidement. Les premières versions « allongées » du Douglas DC-8, qui

Le plan de modernisation de l'aéroport de Newark (État de New York) prévoit la construction de trois aéro-

gares reliées chacune à trois pavillons satellites pouvant accueillir une dizaine de gros « jets » commerciaux.

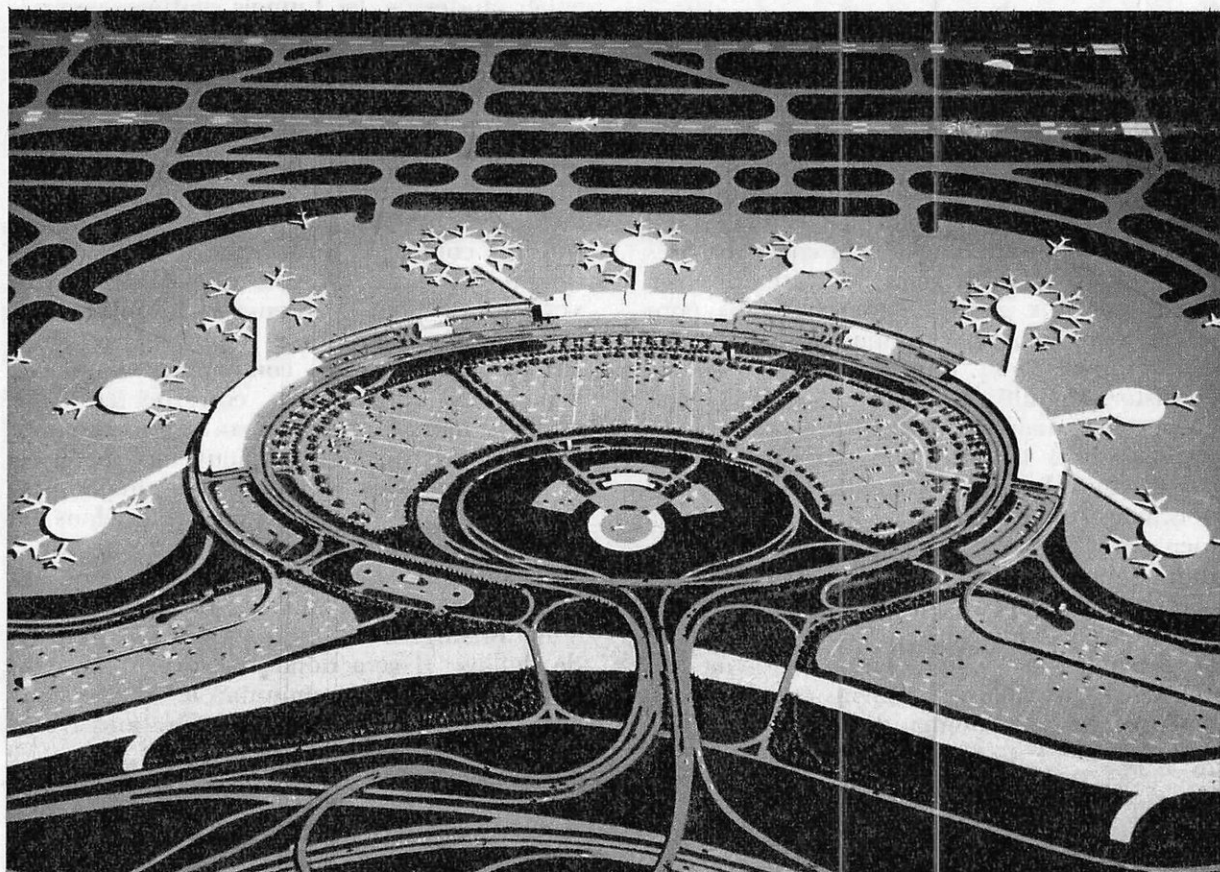




PHOTO A.P.N.

Le bâtiment principal de l'aéroport de Moscou-Domodedovo évoque fortement l'aérogare d'Orly. Domo-diedovo, réservé au trafic intérieur, n'accueille pas moins de 6 millions de passagers par an et l'on prévoit même de doubler sa capacité au cours des prochaines années.

n'offrent pas moins de 250 places, viennent d'être mises en service, et l'étude d'«aérobuses» de 200 à 300 places, pour courtes et moyennes distances, se poursuit des deux côtés de l'Atlantique.

DE NOUVEAUX AEROPORTS

Même si la capacité des appareils de transport de demain permet de limiter la multiplication des appareils de type conventionnel, le nombre d'avions en circulation sera de toutes façons toujours plus élevé. Il faut d'ailleurs remarquer que l'on prévoit pour 1975 un accroissement de 1 à 8 du tonnage de fret transporté. Cette montée en flèche se traduira par la mise en service de véritables « flottes » d'avions-cargos que les aéroports devront accueillir eux aussi. Il est même probable que l'on devra construire des aéroports spécialisés dans le trafic de fret, identiques aux gares de marchandises pour le trafic ferroviaire. Augmenter la capacité des aéroports peut, dans un premier temps, consister à multiplier le nombre des pistes en service, mais on arrive cependant assez rapidement à la saturation des installations, car le contrôle de la circulation aérienne au voisinage des aéroports devient extrêmement précaire. Le souci de la sécurité conduit donc à la construction de nouveaux aéroports. On peut penser néanmoins que des progrès importants seront réalisés dans le contrôle de la circulation aérienne au cours des prochaines années et, d'ailleurs, ces progrès sont commandés par l'apparition

des long-courriers supersoniques dont la vitesse ne s'accommodera pas, dans la zone d'approche des aéroports, des systèmes de contrôle actuellement en service.

Il ne semble pas que les « jumbo-jets » ni que les transports supersoniques réclameront des distances au décollage ou à l'atterrissage plus importantes que les appareils actuellement en service. Cependant le renforcement des pistes et des aires de parking, en particulier au-dessus des tunnels routiers, sera nécessaire, dans le cas des « jumbo-jets » tout au moins, dont le poids atteindra plusieurs centaines de tonnes.

Si on considère qu'un Boeing 747 atteindra une longueur hors-tout de 70 m pour près de 60 m d'envergure, que le Boeing 2707 aura un peu plus de 90 m de long, ce qui lui conférera un rayon de giration de quelque 140 m, on voit quelles difficultés vont surgir pour manœuvrer au sol de tels mastodontes. En même temps, et ce point est essentiel pour les compagnies aériennes, les pertes financières correspondant au « temps mort » passé au sol seront, compte tenu du prix d'achat des nouveaux matériels aériens, l'un des éléments les plus importants des frais d'exploitation. Rappelons en effet qu'on évalue le coût d'un Concorde à 16 millions de dollars, celui d'un Boeing 747 à une vingtaine de millions de dollars, celui d'un Boeing 2707 à quelque 35 millions de dollars. Il sera donc absolument impératif de réduire au minimum le temps mort passé en roulage au sol, en opérations d'avi-

taillement et d'entretien, et surtout d'embarquement et de débarquement des passagers, de manipulation des bagages et du fret.

La nécessité d'assurer une « rotation » rapide à des matériels aériens extrêmement coûteux aura de profondes répercussions sur la conduite de toutes les opérations au sol et sur la physionomie elle-même des aéroports. Peu à peu s'imposera l'avitaillement des avions à poste fixe (hydrant-system) qui est déjà pratiqué sur certains aéroports. On verra de la même façon disparaître le cortège de véhicules spécialisés pour l'approvisionnement en énergie électrique, en eau, le nettoyage de la cabine, etc., qui encombre inutilement les aires de parking et de manœuvre. C'est pourquoi, aussi, on sera amené à supprimer le transport des passagers par autobus entre l'aérogare et le poste d'embarquement. Il faudrait d'ailleurs un trop grand nombre de véhicules, compte tenu de la capacité des avions, pour acheminer ainsi les passagers.

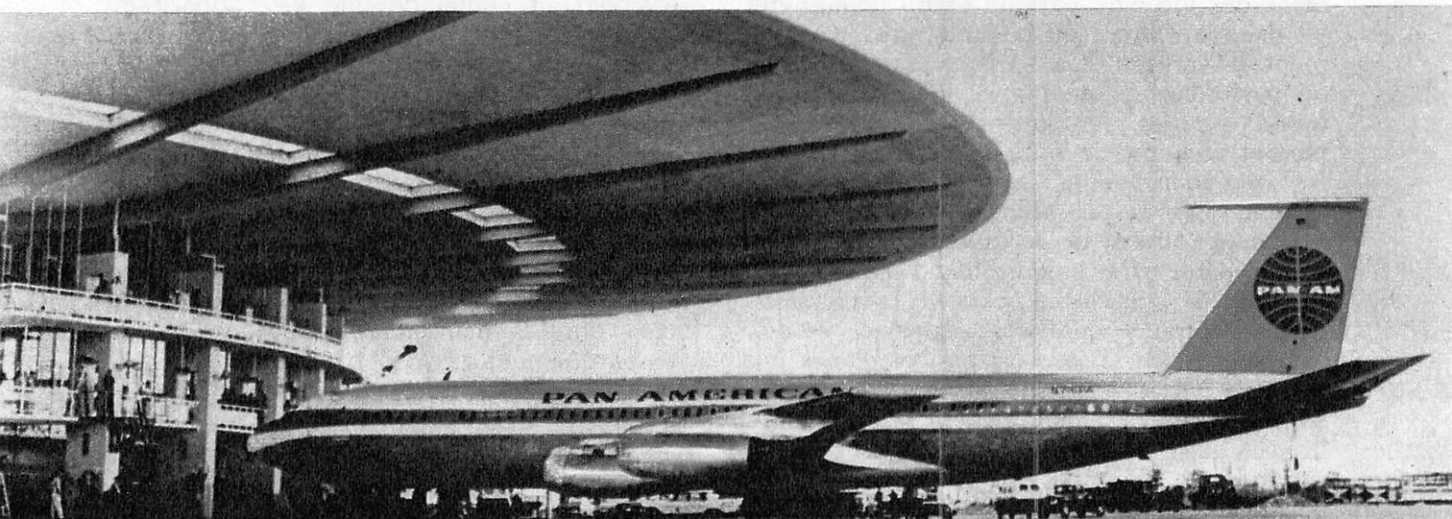
L'ÉCOULEMENT DES PASSAGERS

En fait, c'est bien le passager lui-même qui va poser les problèmes les plus délicats dans la conception de l'aéroport de demain. L'extension des installations aéroportuaires, la nécessité de dégager des aires de parking et de manœuvres correspondant aux dimensions des nouveaux modèles, vont, en fonction de l'accroissement du nombre de passagers, commander un remodelage des aérogares. Déjà, dans un certain nombre de réalisations récentes, comme dans divers projets à l'étude, on voit succéder à la conception de l'aérogare massive et centralisée qu'illustre parfaitement pour les Parisiens

l'actuelle aérogare d'Orly, conçue dans les années 1950, des formules beaucoup plus souples. Dans un certain nombre de cas, l'aérogare centrale où restent groupés les différents services de contrôle : enregistrement, police des passeports, etc., se prolonge par des jetées étirées en doigt de gant le long desquelles viennent se ranger les avions. Tel est le cas, par exemple, pour l'aéroport de Londres-Heathrow, ou pour la nouvelle aérogare d'Amsterdam-Schiphol, actuellement en construction. Dans d'autres cas, on préfère une configuration circulaire dont le principal mérite est d'autoriser l'accostage d'un nombre important d'avions de larges dimensions sur un espace relativement restreint et de réduire les distances à parcourir pour le passager. L'aérogare de la Pan American, à l'aéroport Kennedy de New York, ou encore la nouvelle aérogare de Toronto illustrent cette autre conception. Un cas en quelque sorte intermédiaire est celui de l'aéroport à pavillons-satellites où plusieurs avions peuvent accoster une plate-forme couverte reliée à l'aérogare par une jetée. Une des réalisations les plus spectaculaires de cet autre type est l'aérogare T.W.A., à l'aéroport Kennedy elle aussi. On voit donc que le type de l'aéroport des années 1970-75 n'est pas encore fixé. On se trouve actuellement à une étape de transition où un foisonnement d'idées prépare la solution la mieux adaptée au transport de masse des prochaines an-

Avec la disposition adoptée par les Pan American Airways à Kennedy Airport (New York), les passagers

peuvent passer directement de l'aérogare dans la cabine de l'avion sur de simples passerelles ouvertes.





L'aéroport international de Los Angeles a vu passer 14 millions de voyageurs en 1966. A droite, on aperçoit deux des six aéro-gares ;

la zone de parking centrale permet le stationnement, sur un ou sur plusieurs niveaux, de plus de 10 000 voitures particulières.

nées, c'est-à-dire à l'écoulement d'un flot continu de passagers tant au débarquement qu'à l'embarquement en évitant l'encombrement des aires de parking et de manœuvre et, dans la mesure du possible, sans changement de niveau. Le système des jet-ways, ou passerelles télescopiques, déjà largement utilisé sur les aéroports les plus récents, permet en effet de faire passer directement les voyageurs de la jetée à la cabine de l'avion. Les responsables des aéroports se plaignent souvent de ce qu'on leur demande de préparer dès aujourd'hui l'escale d'un Boeing 747 ou d'un Lockheed L-500 alors qu'ils ignorent encore si ces appareils se déchargeront par le nez ou par les flancs ou les deux à la fois, ni s'ils auront un ou plusieurs ponts. Il est bien évident que de nombreuses inconnues subsistent et que pareille situation ne simplifie pas la tâche des responsables de la conception des aéroports. Compte tenu du temps nécessaire pour la construction d'un aéroport, on ne peut cer-

tes attendre que les « jumbo-jets » soient en service pour déterminer la meilleure méthode d'exploitation et baser là-dessus les plans de l'aérogare. Il convient de trouver dès maintenant des formules assez souples pour s'adapter aux exigences encore mal connues des transports à grande capacité ou des long-courriers supersoniques. Ainsi, les services de l'Aéroport de Paris ont prévu pour Paris-Nord dont l'entrée en service, vers 1971, sera sensiblement contemporaine de l'apparition des Boeing 747, un système d'embarquement - débarquement extrêmement souple avec passerelles télescopiques adaptables à un grand nombre de types d'appareils. Les passerelles donneront accès à des bâtiments de faible hauteur, baptisés « docks », reliés par souterrains à l'aérogare centrale. Dans sa forme définitive, Paris-Nord comportera cinq unités de ce type. Un problème identique de rationalisation se pose pour les bagages dont la manipulation au moment de l'embarquement et du débarquement est encore l'objet d'opérations longues et pénibles. Grouper les bagages des passagers en containers, selon une méthode inspirée du conditionnement de fret, apparaît la solution d'avenir. Une solution encore plus simple est que, contrairement aux habitudes instituées sur les lignes aériennes depuis la fin de la se-

conde guerre mondiale, les passagers conservent leurs bagages avec eux. A cet effet, on étudie actuellement aux Etats-Unis pour les « jumbo-jets » des casiers à bagages individuels fermés, placés au-dessus des sièges de passagers.

Dans l'aéroport de 1970-75, le passager aura dans la plupart des cas des distances importantes à parcourir entre l'aérogare centrale et le poste d'embarquement. On sera ainsi amené à mécaniser les transferts de passagers le long des jetées d'embarquement à l'aide de systèmes à fort débit, dont le plus simple est le trottoir roulant, tel qu'il sera mis en service au nouvel aéroport de Genève en 1968 pour la desserte par passages souterrains de pavillons d'embarquement satellites. On peut imaginer aussi des procédés plus raffinés et plus rapides, du genre « ascenseur horizontal », dont le principe a été retenu par la British Airport Authorities, et en France, pour Paris-Nord.

C'est finalement peut-être l'aérogare centrale et ses services de contrôle et d'enregistrement qui devront subir les plus importantes transformations pour s'adapter aux conditions nouvelles du transport de masse. S'il importe de regrouper ces passages obligés que le voyageur aérien doit franchir et qui sont souvent à l'heure actuelle disséminés à travers l'aérogare, voire même situés à des niveaux différents, il faut en même temps simplifier les formalités. Déjà on envisage d'abandonner la pesée des bagages, d'introduire des procédés d'enregistrement automatique. On peut même imaginer de remplacer le traditionnel contrôle de passeport par une machine électronique capable de « lire » une carte perforée individuelle. Qui sait même si l'auscultation automatique des bagages en douane ne sera pas un jour chose courante ? Il est d'ailleurs certain que, à l'échelon européen, l'abaissement des barrières douanières et la collaboration plus étroite des administrations nationales joueront largement dans le sens d'une simplification des procédures du voyage aérien. On peut d'ailleurs s'attendre à voir se développer en Europe des aéroports spécialisés dans le trafic à courte et moyenne distance, tel Orly-Ouest dont la capacité atteindra 6 millions de passagers par an.

L'AÉROPORT ET LA VILLE

Créer de nouveaux aéroports ou élargir les installations existantes pour accueillir un nombre de passagers double ou triple de ce qu'il est actuellement implique l'établissement de liaisons routières et autoroutières rapides, capables d'absorber un trafic toujours plus important de voitures particulières, d'au-

tocars, de véhicules de service. Sous peine de perdre tout intérêt, l'aéroport ne peut d'ailleurs s'éloigner indéfiniment des centres urbains qu'il dessert. On peut aussi songer à l'intérêt des liaisons ferroviaires, de « rapid transit systems » comme on dit aux Etats-Unis en invoquant les développements techniques les plus poussés, mais on risque souvent de se heurter à un délicat problème de rentabilité économique. En fonction du rythme périodique, avec périodes « de pointe » entrecoupées de vastes « creux », qui caractérise l'activité des aéroports, un tel système ne paraît en effet rentable que par la desserte intermédiaire d'autres centres d'activité. Cela revient à dire que l'aéroport doit s'inscrire dans un schéma urbanistique bien déterminé. Sous ces réserves, la grande capacité des transports ferroviaires peut permettre de décongestionner dans une large mesure les liaisons routières entre l'aéroport et la ville. On parle souvent aussi d'hélicoptères ou même d'avions à décollage vertical. Il faut remarquer que les expériences récentes en matière d'hélicoptères de transport civil n'ont pas été très encourageantes et, par ailleurs, que la technique du décollage vertical n'est pas encore bien maîtrisée.

AMELIORER OU REPENSER ?

Quoi qu'il en soit, un nombre toujours plus grand de passagers utilisera la voiture particulière pour se rendre à l'aéroport. Il n'est certainement pas souhaitable de voir se développer à l'infini les parcs à voitures qui déjà, au voisinage des aérogares, occupent un espace considérable. Les distances à franchir à pied pour le passager, surtout s'il est chargé de lourds bagages, deviendraient vite prohibitives, à moins d'envisager la complication d'un transport de liaison entre le parc à voitures et l'aérogare. La tendance actuelle, au contraire, est de rapprocher autant qu'il est possible la voiture particulière de l'avion. On peut ainsi, comme au nouvel aéroport de Toronto ou comme ce sera le cas à Paris-Nord, disposer plusieurs étages de parcs à voitures au-dessus de l'aérogare elle-même. On peut en même temps imaginer que le passager puisse effectuer diverses opérations (enregistrement, etc.) sans avoir à quitter sa voiture. Divers projets d'aérogares de ce type, dit « drive-in », sont actuellement à l'étude.

Aux Etats-Unis, les multiples difficultés auxquelles se heurtent les responsables qui doivent mettre en place l'infrastructure aéroportuaire des années 1970-75 alors que les installations actuelles sont souvent proches de la saturation et réclament des aménagements immédiats, poussent à l'examen de for-



L'aérogare T.W.A. à Kennedy Airport, en service depuis quelques années, se compose d'un bâtiment principal relié par une jetée à un pavillon en

forme d'araignée. Un système de passerelles télescopiques ou jet-ways, dont l'utilisation est très souple, active les embarquements et les débarquements.

mules révolutionnaires. C'est la mission même de l'aéroport qui se trouve remise en question. On envisage de placer à l'extérieur, « en ville », des aérogares satellites chargées d'assurer toutes les formalités et de ne conserver l'aéroport que pour les seuls besoins de l'aviation. Débarrasser l'aéroport de tous les services annexes aboutit en même temps à en interdire l'accès aux voitures particulières pour ne plus recourir qu'à des transports de masse terrestres ou aériens dont la

nature reste encore à préciser. On va même jusqu'à imaginer de grouper passagers et bagages dans de vastes containers baptisés « people pods » et de transporter le tout à grande vitesse de l'aérogare satellite à la cabine de l'avion, au besoin par hélicoptère de type « grue volante »...

De telles suggestions peuvent paraître exagérées. Au moins peut-on reprendre les paroles de J.E. Steiner dans la revue américaine *Astronautics and Aeronautics* : « Nul ne part dans l'industrie du transport aérien les effets de l'ingéniosité et de l'industrie humaines ne seront plus sensibles au cours des dix ou quinze prochaines années que dans l'aménagement des aéroports. »

André ROUVILLE

L'avenir du ciel européen

Chacun en est conscient : nous vivons une époque de transition marquée principalement par la recherche de l'harmonisation de notre société aux incessants perfectionnements de la technique.

Dans l'éventail des techniques évolutives, l'Aéronautique, plus que toute autre, accuse ce caractère de progression rapide et irréversible. En un demi-siècle, elle a contribué à réduire les dimensions terrestres, à annihiler les frontières, se révélant ainsi un incomparable trait d'union international. Aujourd'hui, elle autorise aux usagers de l'air les déplacements les plus lointains à des vitesses sans cesse croissantes avec un maximum de régularité.

Vitesses plus élevées, débits en constante augmentation, une conclusion s'impose : il faut affecter les moyens destinés à assurer la sécurité du transport aérien d'un coefficient de perfectionnement égal à celui de la technicité du moyen de transport lui-même.

Dans les systèmes de contrôle de la circulation aérienne développés à l'heure actuelle dans la plupart des pays européens, les services de contrôle proprement dits ne sont généralement assurés que jusqu'à l'altitude de 25 000 pieds, niveau de vol FL (Flight Level) 250, soit 7 600 m ⁽¹⁾.

Au-dessus, il ne s'agit plus que de services consultatifs ou de fourniture d'informations de vol. Etant donné que le nombre d'aéronefs s'accroît constamment et que les niveaux de vol utilisés sont toujours de plus en plus élevés, il va devenir indispensable

d'étendre le contrôle à l'espace aérien supérieur. La mise en exploitation prochaine d'avions de transport supersoniques implique que le contrôle de la circulation aérienne soit assuré jusqu'à 80 000 pieds (FL 800), soit 24 400 m.

La clientèle de l'espace aérien

La circulation aérienne telle que nous la connaissons aujourd'hui englobe des mouvements extrêmement variés d'avions que l'on peut rattacher à trois catégories principales : l'aviation générale, l'aviation militaire et l'aviation de transport.

Le développement de l'*aviation générale* (ou aviation d'affaires) est fonction du développement économique et de l'évolution des mœurs : on prend l'avion avec autant d'aisance aujourd'hui qu'on prenait le train il y a quelques années, et la hantise de l'accident aérien s'est estompée pour beaucoup de personnes. Tout fait présager que, comme aux Etats-Unis où l'on compte environ 90 000 avions d'affaires, l'aviation générale va prendre dans le ciel européen une place importante dont il faudra tenir compte.

Les *vols militaires* ont conservé longtemps l'usage pratiquement exclusif de l'espace aérien supérieur. Il n'en est plus de même aujourd'hui, et l'incessante évolution des performances de l'aviation civile pose de délicats problèmes de coordination aux responsables du contrôle. En effet, la liberté dont jouissaient les vols militaires il y a quelques années encore est en voie de disparition. Tous les vols doivent faire l'objet d'un préavis de vol, dont la durée peut être certes réduite, mais dont l'obligation est indispensable à la connaissance des mouvements aériens. L'identification des avions est devenue une nécessité majeure. L'existence de trafics civils et militaires qui cohabitent dans les mêmes zones et sont contrôlés par des organismes différents a entraîné la mise en place d'éléments de coordination dont le rôle est d'assurer de la manière la plus rapide et la plus sûre la transmission des informations nécessaires à assurer la sécurité de ces vols.

Mais c'est certainement du côté de l'*aviation de transport* qu'on enregistrera dans les années qui viennent l'augmentation la plus importante du nombre de vols. Les phénomènes de pointes de trafic (qui peuvent être journalières ou saisonnières), le souci pour les compagnies aériennes de faire face aux conditions de régularité et de rentabilité, et surtout la concentration de ces vols dans les zones économiquement développées, sont autant de facteurs qui conditionnent le trans-

(1) A l'exception de la France, de l'Irlande et d'une partie de l'espace aérien britannique (Hébrides) où le contrôle est assuré jusqu'au niveau de vol 450.

port aérien et aggravent en quelque sorte la tendance actuelle vers la saturation des routes aériennes.

Centres A.T.C.	Coefficients 1964 (General Air Traffic)	Prévisions des pointes horaires		
		1965	1970	1975
Shannon	21	24	40	50
Scottish	12	18	30	35
Preston	11	16	30	40
Londres	29	40	65	80
Paris	31	49	90	110
Aix	22	26	45	60
Bordeaux	14	27	45	60
Amsterdam	13	20	40	50
Bruxelles	23	25	55	65
Hanovre	13	21	45	60

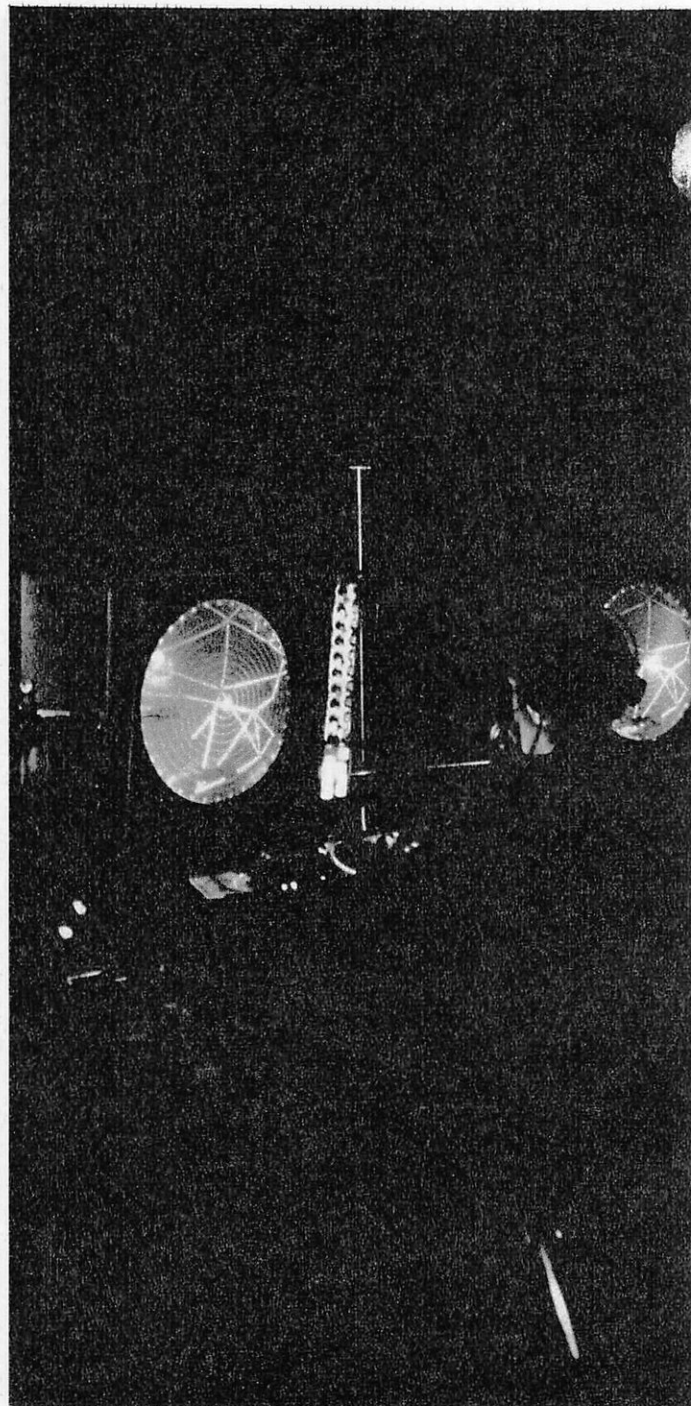
Risques de saturation

Dans ce contexte, comment peut-on imaginer l'avenir et prendre les mesures qui s'imposent pour y faire face ?

En ce qui concerne l'aviation militaire, il est difficile d'établir des prévisions solides quant au nombre de vols dans les dix années à venir, mais il semble a priori qu'aucune diminution ne doive être raisonnablement envisagée. L'aviation d'affaires, on l'a vu, marque des signes évidents de croissance : il faudra également tenir compte de sa présence dans le ciel européen. Quant à l'aviation de transport, des prévisions sur la densité de son trafic dans les prochaines décennies ont été entreprises par de nombreux organismes. L'étude de ces prévisions et leur recoupement (car elles diffèrent légèrement suivant l'organisme qui les a établies, et ceci en fonction de l'optique poursuivie) aboutit à des constatations assez impressionnantes. Ainsi, selon ces statistiques, le trafic international intra-européen serait-il porté, d'ici 1975, à trois fois et demie ce qu'il représente actuellement, tandis que le trafic transatlantique de passagers serait, d'ici 1975, multiplié par 3,5 (prévisions O.A.C.I., Organisation de l'Aviation Civile Internationale) ou 4 (prévisions I.T.A., Institut du Transport Aérien).

Les actuels projets d'avions à haute capacité tels que Jumbojets, Eurobus et autres Boeing ou Tupolev, constituent sans doute une première mesure salubre pour faire face à l'augmentation prévue et combattre la saturation. Ces aéronefs géants permettront en effet d'acheminer un trafic plus important pour un même nombre de mouvements aériens.

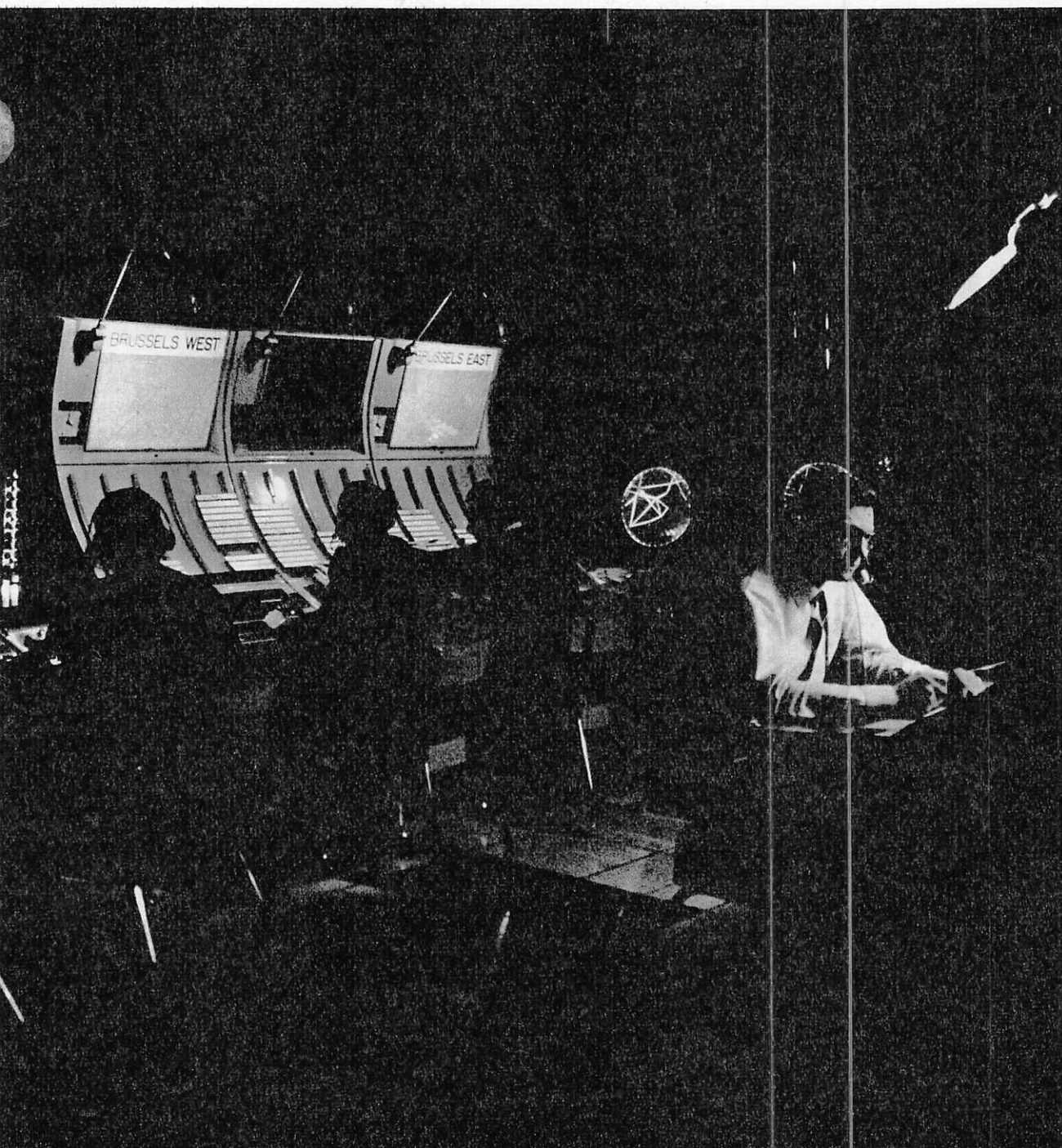
Toutefois, l'utilisation de ces appareils sera forcément limitée aux lignes à fort tra-



fic et ne résoudra donc que partiellement le problème du contrôle de la navigation aérienne pour l'ensemble.

Vers une paralysie des systèmes actuels de contrôle ?

Tout organisme de contrôle a pour objectif d'assurer aux utilisateurs de l'espace aérien un maximum de protection contre les risques de collision en entravant au minimum leur liberté de mouvement. Pour atteindre ce but, le contrôle est basé sur la



connaissance des intentions des pilotes consignées dans un « plan de vol » et, d'autre part, sur la vérification de la position réelle des avions. Cette tâche est actuellement facilitée en canalisant, dans la mesure du possible, les mouvements aériens le long de certaines routes prédéterminées sur lesquelles les avions sont séparés verticalement et horizontalement par des intervalles de sécurité définis. L'appareil est ainsi suivi tout au long de son vol et transféré d'un organisme de contrôle à l'autre selon des règles dont l'application a été standardisée dans

Au centre de Brétigny, simulation du trafic dans la zone aérienne de Bruxelles. Les informations diffusées

par les écrans-radar sont en grande partie fournies par un calculateur numérique à programme enregistré.

tous les pays appartenant à l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

Il existe deux méthodes pour vérifier les espacements de sécurité entre aéronefs. La première, que l'on pourrait qualifier de « manuelle », et qui constitue le système qui écoule la majorité du trafic actuel, a l'avant-



Un aspect de la salle des contrôleurs au centre expérimental de Brétigny. Les consoles

radar horizontales peuvent être chacune utilisées par quatre contrôleurs simultanément.

tage de ne nécessiter que des moyens simples à bord et au sol. Avec cette méthode, dite « aux procédures », les heures auxquelles certains points de reports (radiophares) sont survolés — celles qui sont communiquées par le pilote ou celles qui sont estimées par le contrôleur — sont comparées entre elles grâce à l'inscription de ces données sur des bandes de papier ou « strips ». Ce système, perfectionné ensuite par l'emploi du radar de surveillance, a permis de réduire considérablement les marges de sécurité entre aéronefs.

Toutefois, les pilotes restent obligés de fournir des comptes rendus réguliers de position au contrôleur. Cette obligation vient du fait que le radar classique, encore appelé radar primaire, qui envoie une impulsion et qui attend son retour après réflexion sur une surface quelconque, ne permet pas de déterminer l'altitude de l'avion. Aussi, voulant automatiser de plus en plus le contrôle aérien, la navigation aérienne a-t-elle été obligée

de faire appel à des systèmes plus évolués, les radars secondaires. Le but recherché consiste à établir une liaison automatique sol-air afin d'obtenir des informations d'identification, de position et d'altitude sur un appareil. Pour ce faire, un émetteur-sol transmet des signaux d'interrogation selon un code préétabli et, sur chaque avion, un répondeur ou « transpondeur », excité par l'émission du sol, renvoie une réponse elle aussi codée. L'émetteur-sol émet d'une part une impulsion de contrôle et d'autre part une ou deux impulsions d'interrogations. La position des impulsions dans le temps a été normalisée par l'O.A.C.I. selon les modes appelés A,B,C,D (ceci pour les avions civils). Quant au répondeur, l'intervalle de temps entre les impulsions permet de coder l'altitude et les autres informations à transmettre, ceci sans aucune intervention humaine. Au sol, le décodage de la réponse fournit au contrôleur, par affichage direct, toutes les informations dont il a besoin. Bien entendu, tous les radars secondaires fonctionnent sur la même fréquence pour que n'importe quel avion puisse être interrogé.

Ainsi, ce nouveau radar permet de s'orienter progressivement vers l'automatisation du

contrôle aérien. « Il faut, ainsi que le soulignait l'Ingénieur Général de l'Air René Bulin, Directeur général d'Eurocontrol, au cours de la conférence qu'il prononça aux journées de l'aéronautique civile (Royan, 9 juin 1966), repenser courageusement le problème du contrôle dans son ensemble si l'on veut éviter la véritable paralysie que serait la saturation de notre espace aérien. »

Une simulation du trafic aérien de 1975

Dégager des solutions à tous les problèmes que pose l'accroissement du trafic aérien ne peut se faire que progressivement. On serait tenté de penser que l'expérience passée devrait y suffire. Ce n'est pas le cas : la mise en service de techniques et d'équipements nouveaux, dont l'utilité pour d'aucuns peut ne pas être évidente, se heurte aux habitudes prises, à la routine et à la confiance que l'on place dans les outils de travail et les méthodes déjà connus et éprouvés.

C'est précisément pour établir la valeur de nouveaux instruments en dehors de l'expérience déjà acquise et pour préparer dès à présent les équipements et les techniques de demain que les sept pays qui constituent Eurocontrol (France, Grande-Bretagne, Allemagne de l'Ouest, Pays-Bas, Belgique, Luxembourg, Irlande) se sont dotés d'un Centre expérimental, vaste laboratoire électronique où la navigation aérienne future sera prévue et étudiée, en particulier grâce à un simulateur dynamique de trafic aérien. Les équipements de ce complexe unique en Europe, installé à Brétigny, permettront de simuler un trafic aérien d'importance variable à volonté, pouvant même comporter des appareils dont la mise en service n'est pas encore effective, tels les avions de transport supersoniques.

L'atout majeur que constitue ce simulateur va notamment permettre au Centre expérimental :

- d'entreprendre la prospection systématique des problèmes relatifs à l'écoulement du trafic aérien et d'en dégager les principaux paramètres, lesquels seront alors analysés séparément afin de déterminer leur influence qualitative et quantitative ;

- d'étudier le comportement de nouveaux équipements et leur aptitude à répondre aux nécessités futures ;

- d'assurer la formation des contrôleurs et leur entraînement à l'emploi de ces nouveaux matériels ainsi qu'à l'utilisation de nouvelles méthodes de travail ;

- de développer, enfin, les programmes de calculateurs pour le traitement automa-

tique des informations de contrôle aérien.

Le groupe de calcul du simulateur, un ordinateur numérique à programme enregistré, constitue l'élément essentiel de cet ensemble. Il permet notamment :

- de calculer les trajectoires de 60 à 300 avions évoluant dans une zone de 600 milles nautiques (environ 2 000 km de rayon) ;

- de déterminer les coordonnées et la probabilité de détection de ces avions par six radars pouvant être situés en des points quelconques de la zone ;

- d'effectuer tous changements de route, de codes radars secondaires demandés par les contrôleurs par l'intermédiaire des pilotes ;

- de fournir les éléments nécessaires aux équipements de génération des signaux radar et de visualisation ;

- d'assurer l'enregistrement des données essentielles en vue de la répétition des situations en temps normal ou accéléré.

En d'autres termes, le simulateur de trafic aérien de Brétigny permet de restituer d'une façon tout à fait réaliste un trafic aérien pouvant comprendre jusqu'à 300 avions qui se déplacent dans une zone dont la surface représente une grande partie de l'Europe occidentale. La trajectoire de chaque aéronef étant prédéterminée grâce à un plan de vol, c'est sur la base des caractéristiques de chaque appareil, des conditions aérologiques (simulées) et de la courbe statistique d'erreurs du système de navigation que le ordinateur peut déterminer la trajectoire réelle. Pour être encore plus proche de la réalité, cette trajectoire peut en outre être modifiée en fonction des effets d'une panne, de déroutement de l'appareil, d'attentes, etc.

Les coordonnées de chaque aéronef étant ainsi connues à tous moments, leur position sera calculée par rapport à un réseau de six stations radar. L'ensemble est prévu pour simuler deux paires de radars primaires et secondaires à caractéristiques totalement indépendantes et un groupe de quatre paires de radars primaires et secondaires à caractéristiques communes (rotation, fréquence de récurrence et largeur d'impulsion), mais qui peuvent être situés en des endroits différents.

Par ailleurs, un groupe de « pilotes » assure en permanence la liaison entre les contrôleurs et le ordinateur. Par exemple, lorsqu'un avion passe au-dessus d'un point de report, le ordinateur envoie un message au pilote correspondant et celui-ci le répercute au contrôleur. Inversement, toute modification d'instruction de vol signifiée par le contrôleur est introduite par le pilote dans le



calculateur qui corrige la trajectoire en conséquence.

Le système de télécommunications qui permet ces liaisons air-sol (entre contrôleurs et pilotes), intercommunications (entre contrôleurs) et sol-sol (entre contrôleurs de centres différents) est complété par des équipements d'enregistrement sur bande magnétique permettant de rejouer un exercice dans les conditions exactes de son déroulement, d'étudier le coefficient d'utilisation des fréquences air-sol, d'analyser la nature des messages transmis, etc.

Tout cet ensemble n'a pour objet, en définitive, que de fournir les données normalement disponibles dans une salle de contrôle et permettre ensuite leur traitement en fonction des conditions qui seront imposées par le trafic aérien futur.

L'association de ce complexe avec un équipement de traitement de données et les actuels pourparlers d'Eurocontrol avec Sud-Aviation et la British Aircraft Corporation pour relier le simulateur d'études de Concorde installé à l'usine de Blagnac près de Toulouse au simulateur de contrôle aérien de Brétigny, permettront, d'une part, de déterminer les impératifs d'exploitation du projet franco-britannique et des avions de la même génération avant que ces appareils ne soient en service et, d'autre part, d'étudier les modifications de procédure et d'infrastructure qu'entraînera l'implantation de nouveaux aéroports, tels que Paris-Nord, en tenant compte de l'avènement des avions de transport supersoniques.

Enfin, et ceci est probablement son rôle essentiel, le simulateur dynamique de Bré-

Le centre Eurocontrol de Brétigny dispose de vingt postes de « pilotes » (ci-dessus). En

fait, chaque pilote prend en charge plusieurs vols fictifs, jusqu'à quinze au maximum.

tigny va permettre l'étude complète des différents aspects de l'automatisation des centres de contrôle en vue des problèmes que le trafic aérien futur fera surgir.

L'avenir : les centres automatisés

L'évolution de ces dix dernières années en matière de performances aéronautiques est éloquent. Ainsi que l'indique le schéma de la page 88, les exigences de la circulation aérienne future impliquent une amélioration, sinon une conception nouvelle, de l'infrastructure de navigation, condition préalable à la mise au point d'un système efficace de contrôle des espaces tant supérieur qu'inférieur.

Pour un trajet direct (théorique) Paris-Copenhague, on constate qu'un Douglas DC3, toujours en service, met 50 minutes de Paris à la frontière belge, 30 minutes pour franchir le territoire belge, 36 minutes pour traverser les Pays-Bas et respectivement 78 et 36 minutes pour effectuer les survols de l'Allemagne du Nord et du Danemark, soit un temps total de 3 heures 50. La Caravelle effectuerait ce même trajet en 1 heure 25 et le Boeing 707 en 1 heure 10.

Vingt-huit minutes seulement seront nécessaires à Concorde pour franchir cette distance tandis que le supersonique américain de Mach 3 n'en utilisera que dix-neuf !

Lorsque l'on sait que le contrôle de chaque

avion actuellement en service est assuré selon les procédures indiquées plus haut par des centres de contrôle à compétence strictement nationale, deux conclusions, d'ailleurs complémentaires, s'imposent : il faut unifier le contrôle pour une zone donnée ; le centre de contrôle responsable de cette zone doit être automatisé.

Dans le cadre des réalisations d'Eurocontrol, une première réponse a déjà été apportée : l'implantation à Maastricht (Pays-Bas) d'un centre de contrôle chargé de l'espace aérien supérieur du Nord de l'Allemagne, des Pays-Bas et de la Belgique. Ce centre, qui sera unique en son genre puisque, pour la première fois, le contrôle de la circulation aérienne en Europe sera assuré par une équipe internationale et conçu pour faire face aux besoins croissants des usagers civils et militaires de l'espace aérien, sera terminé vers 1971 et deviendra opérationnel quelque temps plus tard. Sa zone de responsabilité aura une surface d'environ 200 000 km² et les 180 contrôleurs qui y travailleront auront à surveiller un réseau de 35 000 km de routes aériennes.

Un second et sans doute un troisième centre viendront vraisemblablement compléter dans l'avenir la couverture de toute la zone Eurocontrol. Ainsi, à l'avantage que présente la concentration des opérations de contrôle dans un seul centre pour une zone qui ne tient pas compte des frontières nationales, s'ajoute celui de pouvoir améliorer dans une large mesure l'organisation de cet espace et d'utiliser de nouvelles techniques et procédures qu'il ne serait pas possible de mettre en œuvre sur le seul plan national.

Le centre automatisé de demain devra avoir à sa disposition une image complète, claire et sûre, de la situation du trafic et cela grâce à l'utilisation du radar. On peut imaginer que ce centre futur aura en charge le contrôle d'une zone dont la surface sera de l'ordre de 200 000 à 400 000 km² ; cette zone comportera l'implantation judicieuse de 6 à 8 radars primaires dont les images seront transférées au centre.

L'ensemble des informations arrivant par la voie des installations périphériques, il s'agira de les exploiter et d'y inclure celles provenant des aérodromes, des centres voisins, des tours de contrôle, des services météorologiques, du service fixe aéronautique. C'est la raison pour laquelle le traitement automatique des données s'avérera indispensable. Il offrira non seulement la possibilité d'améliorer l'efficacité et la sécurité des services ATS (Air Traffic Services) mais en outre, il facilitera la répartition des informations, les affichages, la coordination, la déli-

vance d'autorisations appropriées, les transferts de contrôle et la régularité de fonctionnement.

Les buts recherchés par cette automatisation peuvent se résumer comme suit :

- décharger les contrôleurs des tâches de routine : le rassemblement, le collationnement, le traitement et la répartition des informations relatives au vol ;

- perfectionner les systèmes d'affichage de ces informations aux contrôleurs ;

- simplifier et accélérer les échanges d'information nécessaires à la coordination entre les positions de contrôle d'un centre donné, entre les différents centres et, le cas échéant, entre ces unités et les stations de défense aérienne ;

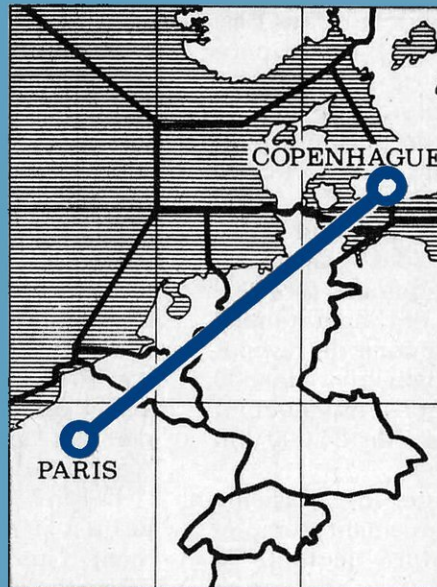
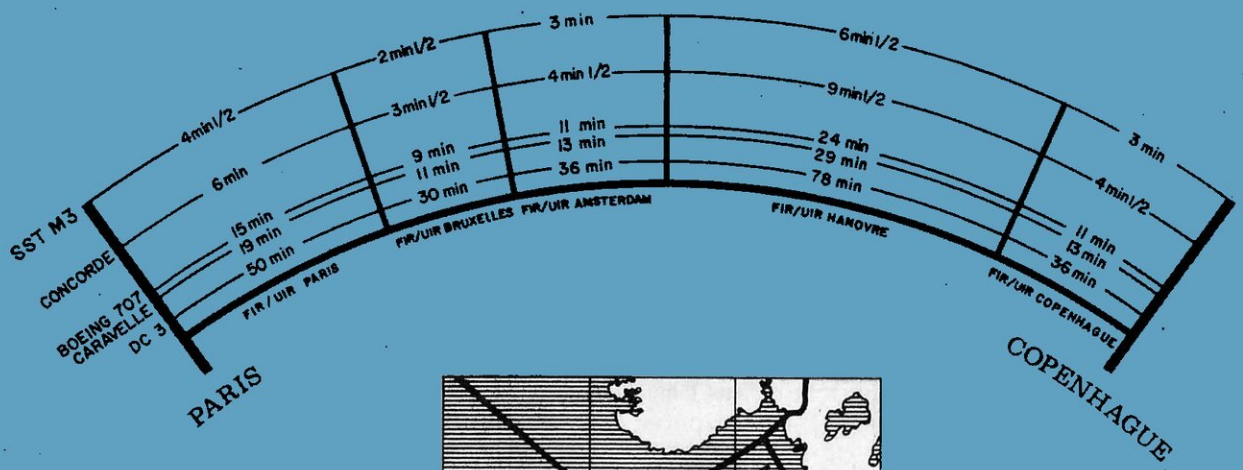
- prévoir les risques de conflits (abordages) et présenter aux contrôleurs les résultats fournis par le système de recherche automatique des conflits sous une forme facile à interpréter ; cette présentation doit permettre de disposer des autorisations qu'il y a lieu de donner immédiatement, et d'accorder des autorisations parfaitement explicitées pour de plus longs trajets.

D'après les études et expériences faites jusqu'à présent avec les systèmes de traitement d'informations, on peut estimer que la capacité de ces nouveaux centres automatisés portera à 16 avions au lieu de 6 la prise en charge sous contrôle radar. C'est dire que les centres automatisés assureront à de nombreux avions évoluant dans un espace restreint les mêmes avantages et les mêmes services que les centres traditionnels fournissent à quelques-uns d'entre eux seulement.

Automatisation partielle aux États-Unis

La Federal Aviation Agency (F.A.A.) qui constitue aux États-Unis l'organisme responsable de l'aviation tant civile que militaire, a mis au point un programme d'automatisation partielle du contrôle (N.A.S., National Airspace System) qui tend à imposer aux compagnies aériennes l'obligation de compléter l'équipement actuel de leurs avions par un répondeur radar capable de travailler en mode C pour donner automatiquement des indications d'altitude.

Un tel équipement coûte au moins 2 000 dollars, ce qui représente un investissement important aux yeux de beaucoup d'exploitants. Mais étant donné que les usagers qui font fréquemment appel aux services de contrôle finiront par généraliser l'emploi du mode C, on peut d'ores et déjà prévoir que l'indication automatique de l'altitude deviendra obligatoire pour les vols aux instru-



ments dans certaines zones, au même titre que le D.M.E. (Distance Measuring Equipment) et le transpondeur sont actuellement imposés pour tous les vols effectués à partir de 24 000 pieds au-dessus des Etats-Unis.

Les avantages que présente le projet de la F.A.A. pour les utilisateurs américains peuvent se résumer comme suit :

Le traitement automatique de l'information accélère l'exploitation, fournit aux contrôleurs des renseignements plus exacts et plus actuels sur les vols et réduit de façon sensible la coordination orale dont le système actuel ne dépend que trop. En bref, plus grande souplesse, efficacité améliorée et réduction appréciable des retards et des déroutements imputables au contrôle.

Par ailleurs, le stockage préalable des plans de vols usuels est une tâche pour laquelle les ordinateurs sont particulièrement indiqués. De cette manière, le pilote d'une ligne donnée ne remplit plus qu'un seul plan de vol type dont la validité s'étend sur des mois. C'est ainsi qu'aux Etats-Unis, l'emploi de calculateurs appropriés permet déjà, dans une certaine mesure, d'appliquer cette méthode dans les centres de contrôle en route de la F.A.A.

Le contrôle de la circulation aérienne est aujourd'hui encore assuré par des centres à compétence nationale (Paris, Bruxelles, Amsterdam, etc.). L'accroissement de vitesse

des avions commerciaux, illustré ici pour un vol Paris-Copenhague, rend nécessaire l'unification du contrôle à l'intérieur de zones géographiques beaucoup plus vastes.

En outre, l'encombrement des fréquences du contrôle radar se trouve sensiblement diminué car chaque vol est identifié et contrôlé grâce à son code.

En cas de panne radio également (sauf quand il s'agira d'une coupure totale), le pilote pourra utiliser son transpondeur pour communiquer avec le sol. Cette possibilité, jointe à la transmission automatique d'altitude, permettra d'intégrer au trafic normal les vols en état d'urgence sans qu'il soit nécessaire de dégager l'espace environnant comme c'est souvent le cas à l'heure actuelle.

Les appareils de transport à réaction sont plus rentables quand leur exploitation s'effectue à une altitude et suivant un profil de vol donnés. Dans les conditions de sécurité déjà mentionnées (identification et altitude), les contrôleurs pourront aisément sous-

crire aux demandes des pilotes exprimées dans les plans de vols. Les exploitants des transports supersoniques à venir en profiteront très largement. Ces conditions plus souples joueront d'ailleurs également en faveur de l'aviation militaire.

Enfin, avec le système N.A.S., la situation météorologique sera schématisée et circonscrite sur les écrans radar sans en gêner la lecture. Les zones de mauvais temps pourront par conséquent être mieux évitées. Si l'on ajoute que des essais ont démontré que les ordinateurs peuvent aider les contrôleurs à établir la séquence des arrivées et à prévoir le meilleur espacement possible entre les atterrissages, on constate que là encore la supériorité des cerveaux électroniques sur les cerveaux humains s'avère indiscutable.

Grâce à l'automatisation, les pilotes n'auront donc pratiquement plus à faire des comptes rendus au sol et les contrôleurs des centres se verront heureusement déchargés de la plupart des tâches annexes qui leur sont actuellement imposées.

En conséquence, et ainsi que l'ont démontré ces trente dernières années, toute aide apportée au contrôleur profite également au pilote et réciproquement. L'automatisation ne fera donc qu'associer plus étroitement les pilotes et les contrôleurs.

A tous ces avantages de l'introduction partielle de l'automatisation dans l'infrastructure de contrôle, il ne faudrait pas négliger d'ajouter la possibilité de détecter les risques d'abordage et d'échanger des données en

temps réels entre les ordinateurs des compagnies aériennes et ceux des services de contrôle. Ainsi pourra-t-on développer le système de traitement des plans de vol et aider les utilisateurs à accélérer leurs rotations et à améliorer leur exploitation.

Et l'homme ?

Les communications entre l'homme et la machine constitueront vraisemblablement le goulet d'étranglement tant que les calculateurs ne seront pas capables de reconnaître l'écriture manuscrite ou de comprendre la parole, capacité que les possibilités de la technologie actuelle ne semblent pas devoir laisser espérer dans un avenir prévisible. Les difficultés de ces communications homme-machine exigent un long entraînement des contrôleurs sur simulateur et dans des centres de contrôle.

Pour répondre aux impératifs de la sécurité, l'évolution de la navigation aérienne requiert, on l'a vu, l'utilisation de techniques avancées alliées à une prévision réaliste du développement et des incidences d'une discipline aussi rapidement évolutive que l'aéronautique.

Les conceptions et les projets avancés par Eurocontrol en Europe et par la Federal Aviation Agency aux Etats-Unis ont, dans ce domaine, marqué une prise de conscience hardie dont la valeur prospective est indéniable. Avec les réalisations déjà faites, ces conceptions préfigurent les grands ensembles télécommandés de demain, les centres de contrôle unifiés et automatisés, ceux qui relayeront l'homme, aujourd'hui rivé à un combiné ou à des cadrans, demain libéré par l'électronique pour des tâches plus nobles.

En Europe, l'interpénétration des espaces aériens supérieur et inférieur, la détermination des secteurs de contrôle du trafic, la structuration, la composition et la formation des équipes des centres et la cohabitation des vols civils et militaires dans le même espace aérien, sont autant de programmes d'études que l'Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne Eurocontrol s'attache à remplir à court et à long terme.

On peut d'ailleurs affirmer que les résultats obtenus à ce jour témoignent pleinement en faveur de l'orientation choisie et peuvent être considérés comme la garantie qu'aucun effort ne sera ménagé dans la collaboration internationale pour que la sauvegarde des usagers de l'espace aérien de l'avenir puisse être assurée.

André J. M. PAULUS

Un des vingt centres de contrôle aérien répartis sur le territoire des Etats-Unis. Tous

sont prévus pour être adaptés au programme N.A.S. tendant à l'automatisation du contrôle.



Les équipements de

De l'avion, le public connaît surtout la forme extérieure. Sur cette silhouette, il est capable parfois de mettre un nom de baptême, beaucoup plus rarement celui d'un constructeur. Les moteurs, quant à eux, sont de bruyants anonymes. La science aéronautique du public s'arrête à cet examen superficiel et c'est à peine s'il a conscience du monde étrange, fascinant de complexité, qu'est un appareil moderne.

La cellule d'un avion n'est en effet qu'une coquille. Elle ne représenterait que quelques tonnes de métal habilement ouvragé si elle n'était animée par des moteurs transmettant une partie de leur puissance à une infinité de mécaniques complexes.

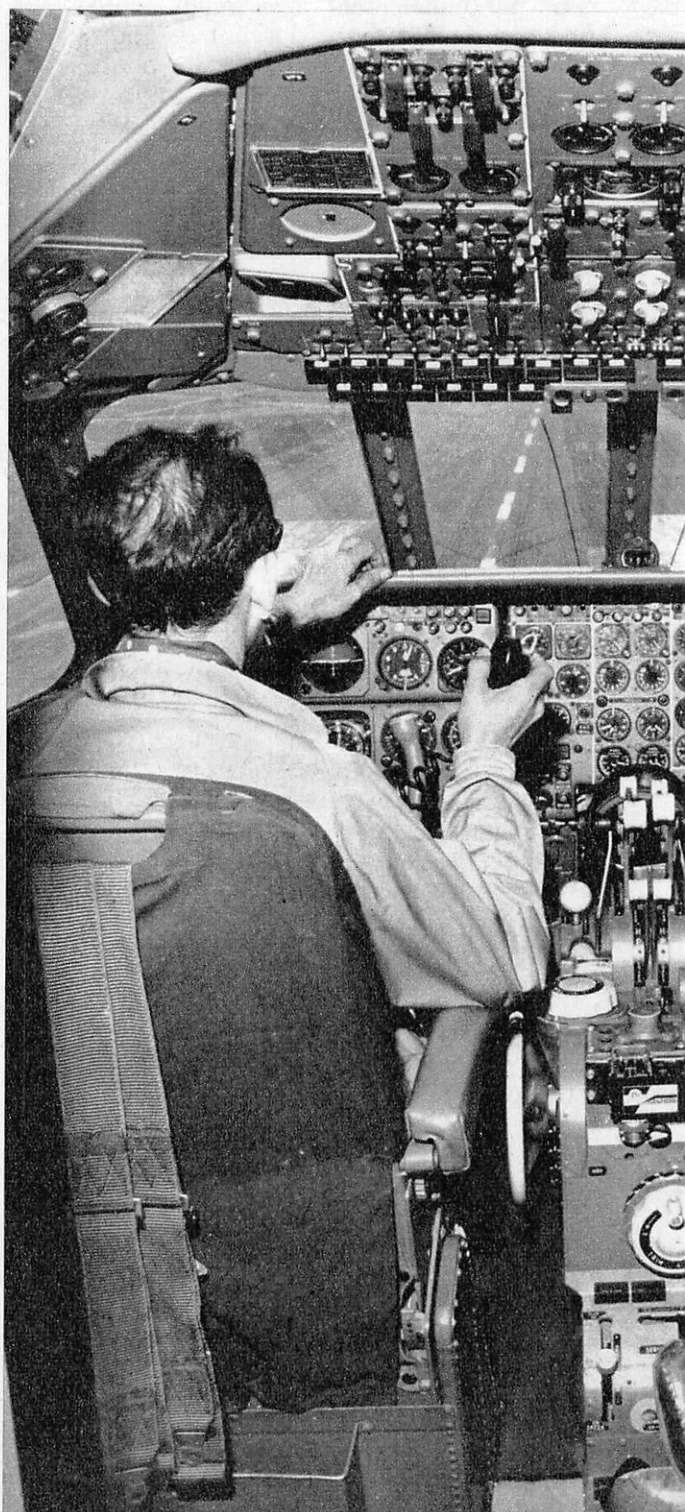
Ces mécaniques, ce sont les équipements. Leur rôle est vital et, dans un avion de ligne moderne, ils se partagent le prix total à égalité avec la cellule et les moteurs.

On peut classer les équipements de nombreuses manières. La meilleure référence est sans doute leur fonction. Sur cette base, on peut dégager les grandes familles suivantes :

- Les équipements qui permettent au pilote d'effectuer des manœuvres dépassant ses capacités naturelles, soit qu'il s'agisse d'un effort physique trop grand, soit qu'il y ait risque de surcharge de son attention ;
- les équipements qui permettent au pilote de mener son avion d'un point à un autre avec précision et sécurité ;
- les équipements qui surveillent et auscultent l'avion en permanence ;
- les équipements de missions, c'est-à-dire spécifiques à l'utilisation de l'avion.

La mécanique au secours du pilote

Il peut paraître miraculeux qu'un homme puisse, à lui seul, manier un mastodonte de 200 tonnes se déplaçant selon trois dimensions. On conçoit aisément qu'avec sa seule force, un pilote serait incapable d'escamoter l'atterrisseur d'un avion de gros tonnage ou de manœuvrer des gouvernes de plusieurs



SUD-AVIATION



l'avion moderne

mètres carrés, fouettées par un vent de 900 km/h.

L'aide dont le pilote a besoin lui est fournie par des « servocommandes », mécanismes agissant comme amplificateurs d'effort et permettant un contrôle très précis du travail effectué. Il s'agit de vérins qui peuvent être hydrauliques, pneumatiques, électriques, électropneumatiques, etc. Une servocommande est alimentée par un générateur de puissance, qui lui-même puise souvent son énergie au groupe propulseur.

Lorsqu'un avion quitte l'aire de stationnement pour la piste d'envol, c'est par l'intermédiaire d'une servocommande que le pilote oriente la roue avant, de même qu'au moment du point fixe, moteurs à pleine puissance, ce sont les servofreins qui interviennent pour bloquer les roues.

Dès que l'avion a décollé, une force de moins de 100 grammes exercée par le pilote sur une manette, ou une simple pression sur un bouton, suffisent à faire rentrer le train d'atterrissage, pesant une tonne et plus. De la même façon, une chaîne amplificatrice s'interpose entre le pilote et les gouvernes de vol, les volets hypersustentateurs, les aérofreins, etc.

Livrée à elle-même, une gouverne aurait tendance, en fin de déplacement, à osciller autour de sa position idéale et ce n'est pas le pilote qui, par une action sur le manche à balai ou le palonnier, pourrait prévenir ces oscillations. On a donc conçu des servo-amortisseurs de gouvernes qui maintiennent chaque surface à sa place sans pour autant gêner l'exécution des ordres de pilotage.

L'équipage doit pouvoir consacrer le maximum de son attention au pilotage et à la navigation et ne pas avoir à s'occuper de

Poste de pilotage d'une Caravelle équipée du système d'atterrissage automatique Sud-Lear ;

la boîte de commande de ce système est visible en arrière de la console entre les pilotes.

« questions d'intendance », comme le réglage du débit de carburant ou la circulation des différents fluides. Des servovalves et électrorobinets effectuent automatiquement ces régulations en fonction des différents paramètres du vol.

L'électronique était, jusqu'à présent, demeurée à peu près absente de ce domaine. Elle commence à y faire son apparition.

Particulièrement spectaculaire, le directeur de décollage de Concorde sera le premier du genre. Son rôle sera de déterminer l'évolution optimale du décollage et de la montée, de telle sorte que la consommation de carburant soit la plus faible possible, compte tenu des caractéristiques de l'avion et des conditions météorologiques, et également que le bruit au sol soit le plus réduit possible. Le directeur de décollage fournira tous les ordres de pilotage dans le plan vertical. Son intégration avec le pilote automatique est en cours d'étude.

Sur le transport supersonique Boeing 2707 des systèmes de télévision en circuit fermé permettront au pilote de suivre les opérations de rentrée et de sortie du train d'atterrissage et de voir les bords des chemins de roulement au cours des manœuvres au sol.

Un autre exemple caractéristique est fourni par le dispositif mis au point par la société Elliott pour l'avion de transport géant Lockheed C 5-A. Il permettra l'atterrissage par vent de travers en toute sécurité. Ce système, moyennant l'affichage de l'angle de dérapage, alignera les roues du train avec l'axe de la piste, puis, après l'impact, ramènera l'avion dans la direction du train. Il permettra également à l'avion de virer au sol selon un très faible rayon, en faisant pivoter les bogies arrière de l'atterrisseur principal selon l'orientation du train avant. Ce système utilise un calculateur analogique.

Une navigation précise

La mission de l'avion de ligne est de conduire son chargement de passagers ou de fret d'un point à un autre du globe dans les meilleures conditions de sécurité et d'économie, en mettant le moins de temps possible, et ceci quelles que soient les conditions météorologiques. Toute une série d'équipements spécialisés ont été mis au point pour assurer cette régularité des vols.

Une navigation précise requiert la connaissance de quatre paramètres fondamentaux au moins : le temps, la vitesse, le cap et l'altitude.

Pour mesurer le temps, l'instrument idéal demeure bien entendu le chronomètre. Quant à la vitesse, sa mesure précise intervient à tout instant : au décollage, le pilote doit sa-

voir à partir de quel moment il peut solliciter son avion ; en vol de croisière, la connaissance de la vitesse permet d'éviter le dépassement des limites imposées par la résistance de la structure ; elle évite au pilote de se placer dans des configurations où l'équation de vol ne peut plus être vérifiée (perte de vitesse) ; elle assure enfin une approche et un atterrissage corrects.

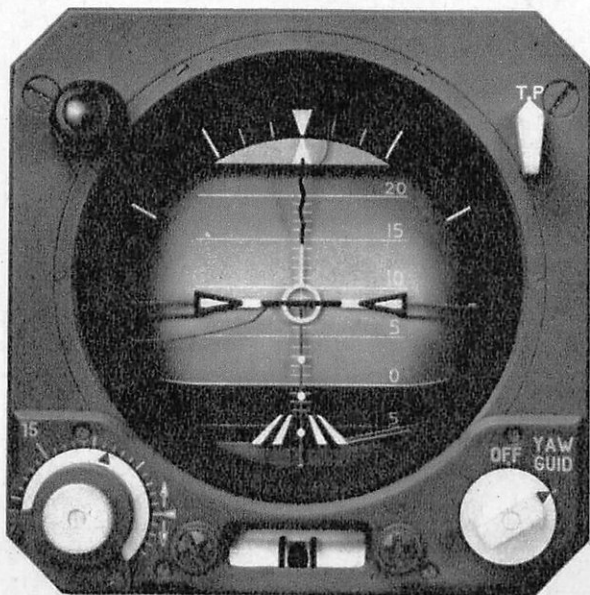
A l'origine, on mesurait la vitesse de façon très simple à partir de l'effort exercé par l'air sur une surface normale au vent. C'est le fameux *Etévé* datant de la première guerre mondiale. Si mesurer une vitesse revient toujours à mesurer une pression, les équipements les plus utilisés actuellement en ce domaine sont les anémomètres compensés, les Machmètres et les centrales aérodynamiques, qui tous permettent de connaître directement la vitesse propre de l'avion. La centrale aérodynamique effectue un certain nombre de calculs dont les résultats sont communiqués aux équipements qui lui sont asservis. Le modèle monté à bord des Dassault Mirage III, par exemple, donne la vitesse de l'avion par rapport à l'air, l'altitude, le nombre de Mach, la pression statique et la pression dynamique. C'est elle notamment qui commande les « souris », corps coniques placés dans l'axe des entrées d'air et assurant, par formation d'une onde de choc, l'alimentation correcte du réacteur.

La connaissance de l'altitude est nécessaire au décollage et à l'atterrissage, mais aussi en vol afin de pouvoir respecter les trajectoires fixées par la sécurité aérienne et pour éviter, par comparaison avec la carte, de rencontrer les obstacles naturels.

L'altimètre classique donne l'altitude en mesurant la pression atmosphérique qui, comme on le sait, décroît lorsque l'on s'élève. Les sondes radioaltimétriques (radioaltimètres) déterminent l'altitude en mesurant le temps séparant l'émission d'un signal radio-électrique vers le sol de sa réception en retour. Sur le même principe, le variomètre permet de connaître la vitesse verticale.

Le pilote a également besoin — surtout lorsque la visibilité est nulle et qu'il ne peut se référer à aucun repère au sol — de connaître l'assiette longitudinale (angle de l'axe longitudinal de l'avion avec l'horizontale) et l'angle de roulis (angle avec l'horizontale du plan de symétrie de l'avion). Pour ce faire il dispose d'un dispositif gyroscopique, l'« horizon artificiel ».

Le pilote doit aussi connaître son cap afin de savoir, à tout moment, s'il suit bien la direction qu'il s'est imposée. Il dispose pour cela d'un compas — sorte de boussole classique — et d'un conservateur de cap utili-



Horizon directeur de vol mis au point par la S.F.E.N.A. pour le transport supersonique Concorde. L'assiette

longitudinale à tenir pourra être affichée par le pilote à l'aide du bouton placé à la partie inférieure gauche.

sant un repère gyroscopique. Sur les avions les plus importants est aussi montée une centrale de cap pouvant effectuer automatiquement toutes les corrections nécessaires.

Reste à faire le point, principalement au cours des longs vols. On peut employer le dérivomètre, dont l'utilisation est basée sur des visées au sol, ou le sextant se rapportant aux étoiles.

Mais l'absolue nécessité pour les avions de voler et de se poser quelles que soient les conditions météorologiques a conduit en ce domaine au développement spectaculaire de procédés de radionavigation, sous forme d'aides radioélectriques.

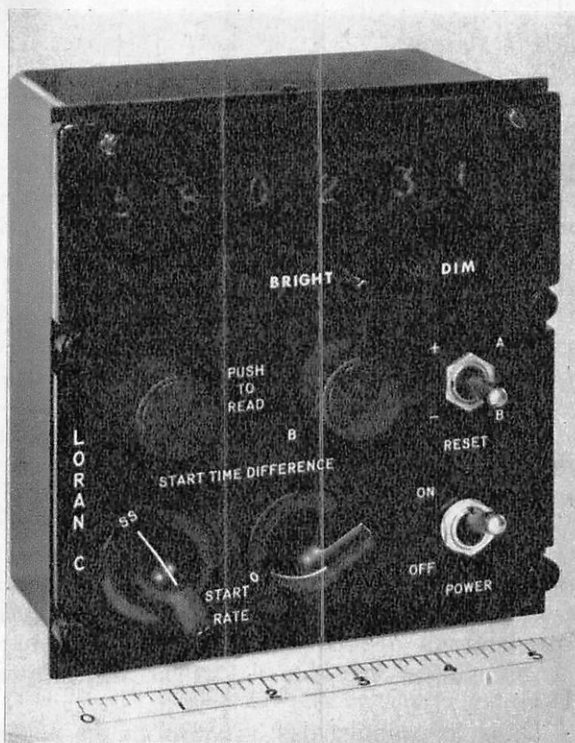
A bord des avions modernes, des appareils de radiocommunication VHF (Very High Frequency) ou UHF (Ultra High Frequency) permettent les liaisons directes par voie orale avec des opérateurs disposant d'un radiogoniomètre ou d'un radar de surveillance. L'opérateur « localise » l'avion et lui donne sa position par radio, la portée étant de 100 à 300 km.

Les aides sonores sont plus généralement fournies par des radiophares qui donnent au pilote le relevé de la station elle-même.

Les aides à la navigation par voie visuelle peuvent se classer selon l'échelle des distances aux stations. En ce qui concerne la navigation à grande distance (de plusieurs centaines à quelques dizaines de km), les sys-

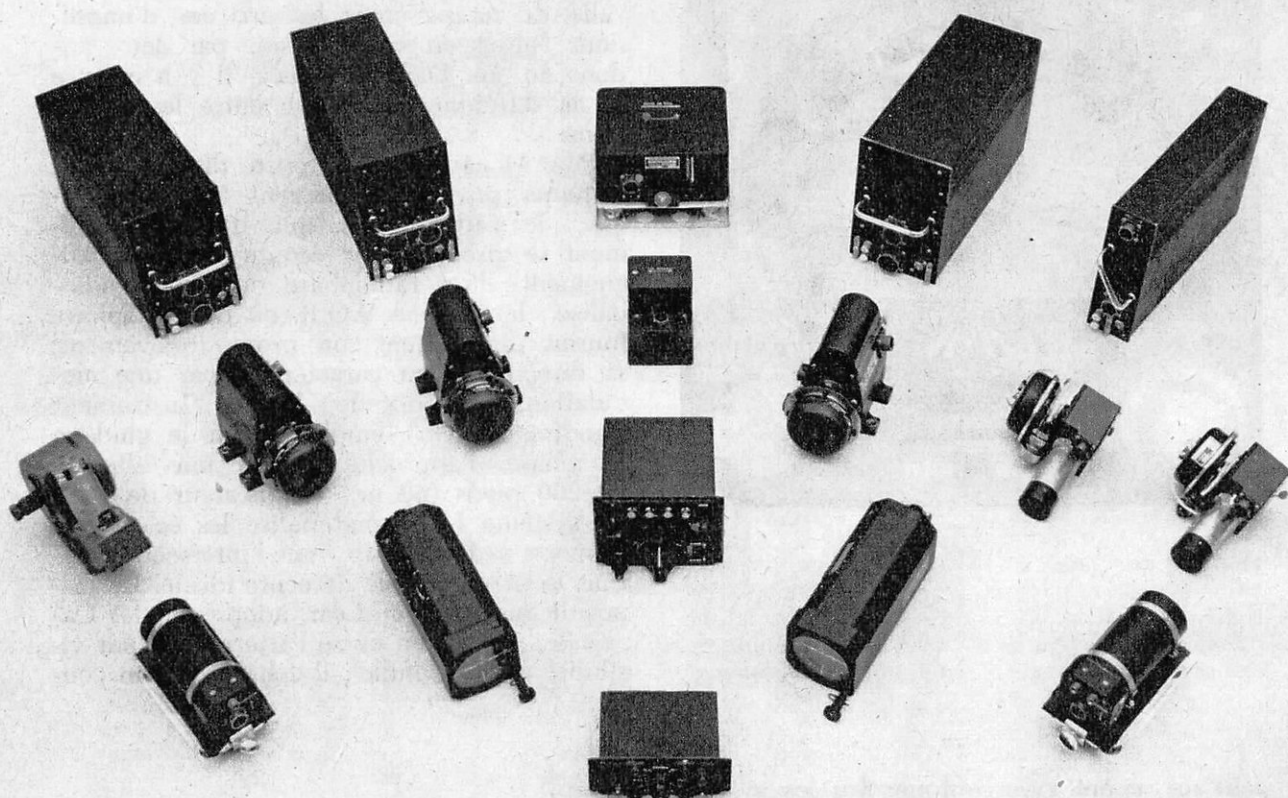
tèmes Loran et Decca ont des principes assez comparables. Le Loran donne la position de l'avion d'après la mesure de l'intervalle de temps entre les arrivées d'impulsions émises en synchronisme par deux stations au sol. Dans le Decca, il y a mesure de la différence de phase entre les impulsions.

Pour la navigation à courte distance, trois systèmes principaux peuvent être mentionnés : le radiocompas qui donne directement le gisement par écoute d'un radioalignement, d'un radiophare ou d'une radiobalise ; le système V.O.R. où un radiophare fournit directement son propre relèvement, sa direction étant caractérisée par une modulation en amplitude ; l'I.L.S. (Instrument Landing System), employé pour le guidage en phase d'approche jusqu'à une altitude de 200 pieds (60 m). L'indicateur de bord du système I.L.S. matérialise les écarts par rapports à deux plans dont l'intersection définit la trajectoire de descente idéale. Le dispositif Sud-Aviation-Lear, adopté sur les Caravelle, permet en outre l'atterrissage par visibilité presque nulle ; il consiste en un cou-



Boîtier de commande du Loran C, fonctionnant par mesure des temps de propagation de signaux radioélectriques émis par deux

stations au sol. Les résultats peuvent être fournis directement à un calculateur de bord associé au pilote automatique de l'appareil.



plage des récepteurs I.L.S. avec le pilote automatique Lear, complété d'un détecteur de vitesse verticale et d'un radioaltimètre qui commandent une réduction de la vitesse de descente proportionnellement à l'altitude.

En association avec les procédés de radio-navigation, on emploie de plus en plus fréquemment pour la mesure précise des distances le D.M.E. (*Distance Measuring Equipment*). Ce système fonctionne sur le principe de l'évaluation automatique du temps de propagation aller-retour d'un signal émis par l'avion et renvoyé par le sol.

Sur les gros avions à hautes performances, des systèmes nouveaux, précis mais onéreux, font peu à peu leur apparition. Pour les vols sur longues distances, on peut mentionner la navigation par inertie et la navigation Doppler.

Dans le premier cas, on mesure les accélérations de l'avion suivant deux axes fixes par rapport à la terre. Par une double intégration, on obtient successivement les vitesses et distances parcourues le long de ces axes. La plate-forme sur laquelle sont montés les accéléromètres doit donc être stabilisée par rapport à la Terre à l'aide de gy-

Une version du pilote automatique Tapir, dont les composants sont rassemblés sur cette photographie,

réalise l'atterrissage également automatique. Elle a été étudiée spécialement pour les biturbines Nord-262.

roscopes. La précision dépend de la dérive des gyroscopes qui a pu être réduite à moins d'un degré par heure.

Un navigateur Doppler, par contre, mesure la vitesse par rapport au sol en comparant les fréquences d'impulsions radar émises vers le sol à celles des échos reçus après réflexion, la différence de fréquence étant directement proportionnelle à la vitesse de l'avion. En fait, on utilise généralement deux faisceaux d'impulsions symétriques par rapport à l'axe longitudinal de l'avion pour éliminer la vitesse de dérive. Un calculateur intègre alors la vitesse de l'avion pour avoir la distance parcourue et la combine au cap fourni par une référence de cap pour restituer la trajectoire de l'avion. Un tel appareil sera notamment utilisé sur Concorde. L'erreur maximale est de l'ordre de 1 % de la distance parcourue, mais l'inconvénient principal est que les indications sont parfois

difficilement exploitables au-dessus d'une mer très calme par suite de la mauvaise réflexion des signaux.

En ce qui concerne les aides radioélectriques, les progrès les plus récents portent sur le système Dectra, dont le principe repose sur la mesure de la différence de phase des signaux émis par deux groupes de deux stations au sol ; les mesures peuvent être introduites dans un traceur de route automatique. La précision est d'une dizaine de kilomètres. Une couverture Dectra existe sur l'Atlantique Nord. Dans de nombreuses régions du globe, cependant, la navigation est assurée par des systèmes V.O.R.-D.M.E., composés d'un radiophare omnidirectionnel fournissant le relèvement de la station par rapport à l'avion et d'un dispositif interrogateur de bord mesurant la distance avion-station d'après le temps de parcours aller et retour d'une impulsion radioélectrique émise par l'avion et renvoyée par la station.

Enfin, l'on tend à s'orienter vers des systèmes automatiques de synthèse visant à alléger considérablement la tâche du pilote. C'est le cas du *Sperry Zero Leader Flight Director* qui, sur un cadran unique, donne deux indications gauche-droite et bas-haut ; si les deux index sont au zéro, le pilotage est correct. Un autre dispositif automatique spectaculaire (P.H.I. pour *Position Homing Indicator*) projette devant le pilote la carte

de la région qu'il survole et repère automatiquement sur cette carte le lieu où se trouve l'appareil.

Signalons enfin qu'en atterrissage automatique, le pilote doit, sans effort d'accommodation, pouvoir reprendre un contact visuel avec l'extérieur et en même temps le pilotage manuel de l'avion. Pour ce faire, toutes les informations nécessaires semblent apparaître à l'infini à travers le pare-brise grâce à un système optique adapté. C'est le pilotage « tête haute » ou « head up display ».

Les équipements de surveillance

Ces équipements ont pour but de signaler immédiatement à l'équipage une anomalie quelconque. Ils se composent tous de capteurs, de circuits de transmission et de moyens de visualisation.

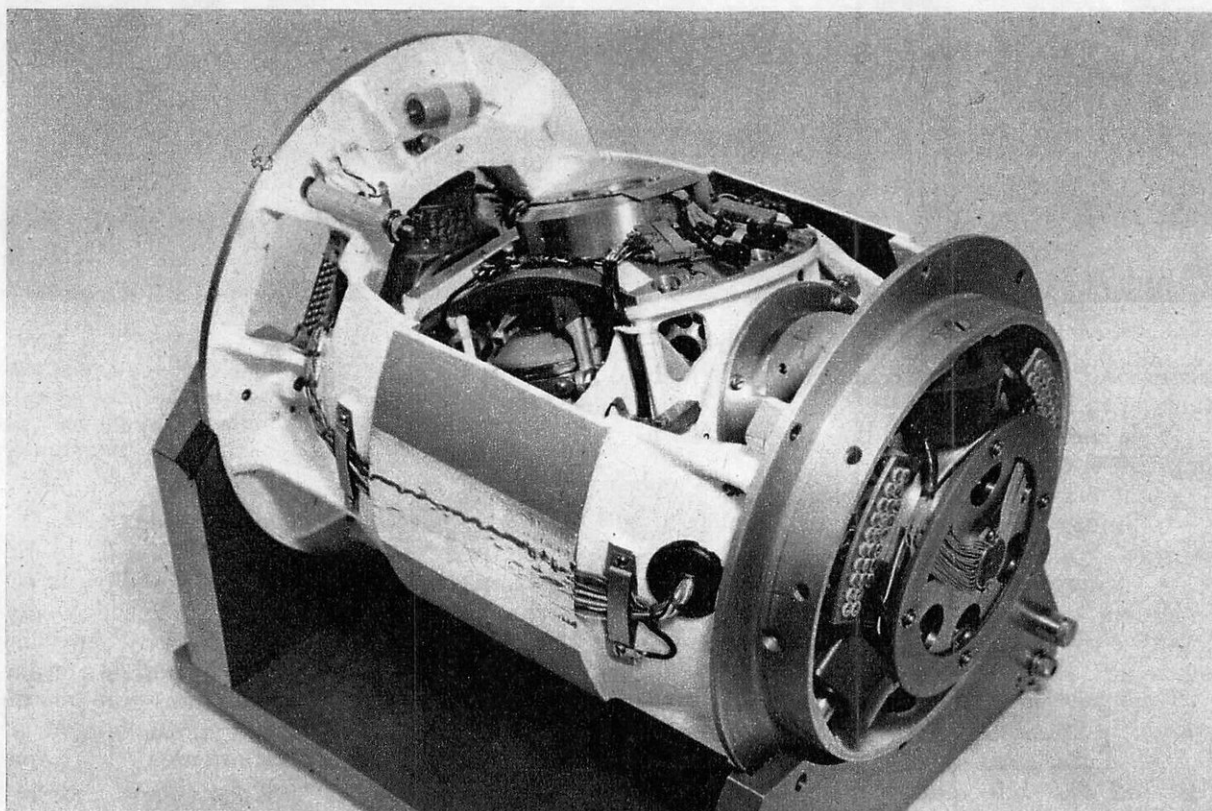
Le contrôle des groupes propulseurs est le plus complexe. Il s'exerce par :

— la mesure de la vitesse de rotation par tachymètres ou synchroscopes ;

— la mesure de la température en différents points du moteur, du liquide de refroidissement ;

Les Boeing 707 de la Pan American Airways ont été dotés d'un navigateur à inertie Sperry. On voit ici la plateforme à inertie elle-

même : deux des accéléromètres associés aux gyroscopes placés dans la partie centrale sont bien visibles sur le côté droit.





dissement éventuel, des gaz éjectés (réacteurs et turbopropulseurs) ;

- la mesure du niveau de carburant et de la pression d'alimentation ;

- la mesure du couple moteur ;

- l'indication de fin de poussée (réacteur) ;

- la mesure des vibrations (turbine), etc.

Divers systèmes sont en général plus ou moins étroitement associés sur les appareils modernes.

Tous les circuits vitaux de l'avion (électrique, hydraulique, pneumatique) sont aussi l'objet d'une surveillance constante, de même que des détecteurs d'incendie décèlent

La mise au point du conditionnement d'air de Concorde se poursuit à Toulouse : les

passagers sont représentés par des silhouettes harnachées de sondes thermiques.

sans retard la moindre alerte au feu.

Du point de vue vol, l'utilisation de radars anti-collision contribue à accroître la sécurité. Déjà utilisés pour la détection des obstacles naturels, ces radars vont être associés à des interrogateurs-répondeurs grâce auxquels les avions en vol dans une même zone pourront s'interroger mutuellement et se communiquer automatiquement des informations sur leurs paramètres de vol (vitesse,

altitude, direction). Introduites dans un calculateur, ces informations restitueront la trajectoire de l'avion interrogé, sa distance se déduisant du temps qui sépare l'interrogation du retour de la réponse.

Les équipements de mission

Pour les avions civils, les équipements spéciaux concernent les passagers et leur confort. Un impératif rigoureux subsiste : gagner du poids, car une économie de 100 kg correspond à un passager de plus avec ses bagages. C'est pourquoi sièges, installations de cuisines et toilettes font l'objet d'études très sérieuses, d'autant que la résistance de certains de ces équipements contribue d'une manière essentielle à la sécurité du passager en cas de choc.

Parallèlement à l'accroissement des vitesses de vol, l'altitude de croisière des avions augmente, et c'est ainsi que celle prévue pour Concorde est de 18 000 mètres. On conçoit que, dès lors, le conditionnement d'air et la pressurisation de la cabine doivent présenter toute sécurité, car la moindre défaillance aurait des conséquences catastrophiques.

L'air destiné à la pressurisation est prélevé à un étage intermédiaire des compresseurs des réacteurs, et comme il en sort à une température assez élevée, il traverse un ou plusieurs échangeurs de chaleur qui l'amènent

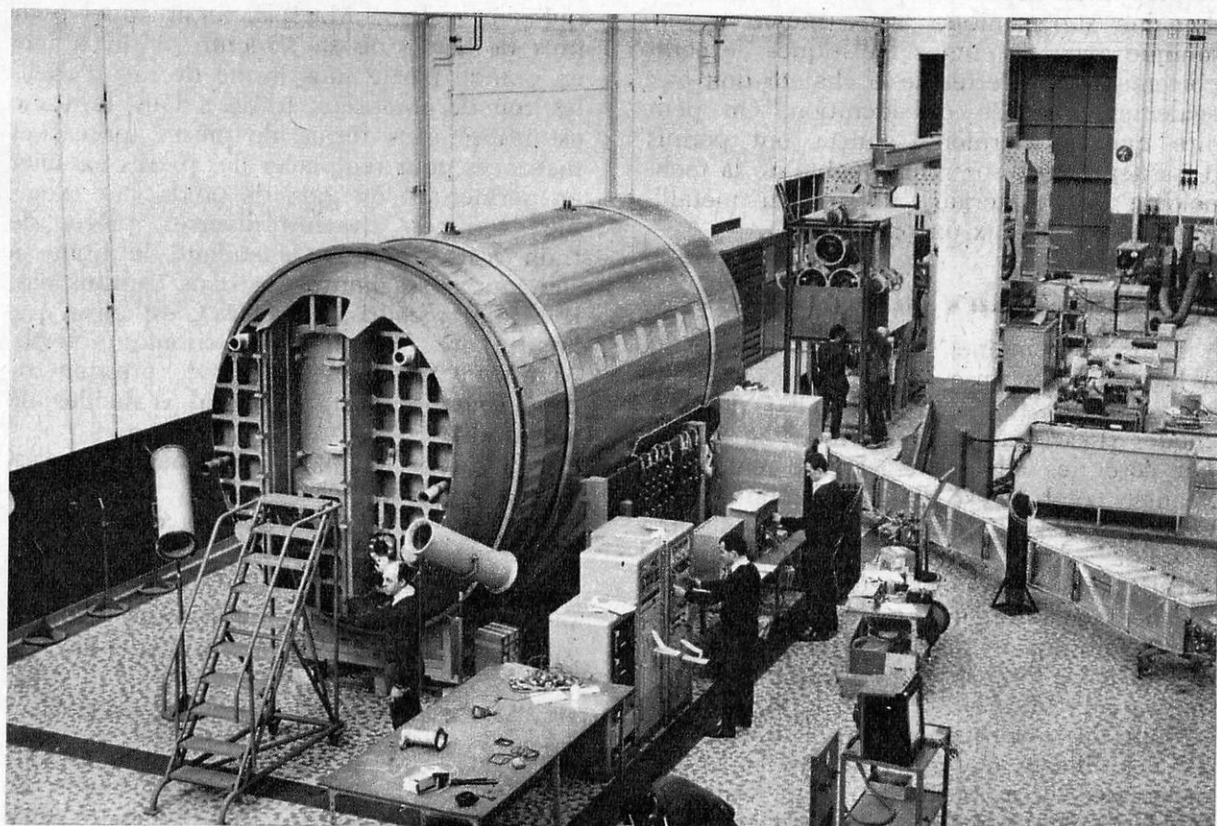
en équilibre thermique avec la cabine. Dans le cas de Concorde, les compresseurs haute-pression de trois des réacteurs sont utilisés. Chacun d'eux peut à lui seul fournir le débit nécessaire, ce qui garantit toute sécurité en cas de panne d'un moteur. Le refroidissement s'effectue soit au contact d'air prélevé à l'intérieur (température 24°), soit au contact du carburant, seule masse disponible susceptible d'emmagasiner beaucoup de calories. Le prélèvement aux compresseurs aura par ailleurs l'avantage d'éliminer complètement l'ozone qui, présent dans l'atmosphère au-dessus de 15 000 mètres d'altitude, est décomposé en oxygène moléculaire dès que la température dépasse 300° C.

L'avion moderne est devenu un monstre de complexité dans lequel l'homme n'a plus, bien souvent, qu'un rôle de surveillant à jouer. Mais le pilote, cependant, garde un atout irremplaçable : son pouvoir de réflexion et de décision. Et c'est pourquoi il restera toujours le plus fascinant « équipement » de l'avion.

Jacques SPINCOURT

C'est à l'intérieur de ce tronçon de fuselage, baptisé « éprouvette de régulation des tem-

pératures », que sont installés les étranges personnages figurant en page ci-contre.



Les matériaux nouveaux dans la construction aéronautique

L'augmentation des performances, tant dans le domaine des moteurs que dans celui des cellules, oblige l'industrie aéronautique à rechercher constamment des matériaux nouveaux aux caractéristiques améliorées. Pendant longtemps, cette recherche a porté essentiellement sur l'aspect légèreté, mais depuis la pénétration dans le domaine supersonique, voire même hypersonique avec les engins balistiques, le comportement sous l'effet de la chaleur doit être également pris en considération. On peut dire que les dernières années ont permis d'assister à un essor remarquable de la technologie des matériaux aussi bien métalliques que minéraux ou organiques.

Les matériaux métalliques

Dans ce domaine, les progrès ont résulté à la fois de la mise au point de matériaux nouveaux et du perfectionnement des méthodes d'élaboration et de mise en œuvre. Du côté des alliages légers, la seule nouveauté notable est l'alliage adopté pour Concorde, l'AU2GN, alliage d'aluminium à 2 % de cuivre, jusqu'alors utilisé dans la construction des avions seulement sous forme de pièces forgées ou matricées. Des essais nombreux et probants, notamment de fatigue et de fluage, ont permis d'étendre son emploi aux tôles et autres produits laminés.

Pour des avions volant au delà de Mach 2,5, les alliages d'aluminium sont cependant incapables de supporter les températures de parois résultant de l'échauffement cinétique.

Il a fallu alors faire appel aux alliages de titane, légèrement plus lourds, mais utilisables jusqu'à près de 400° C. C'est ainsi que l'avion de transport supersonique américain Boeing 2707 utilisera pour la plus grande partie de ses éléments un alliage à 90 % de titane, 4 % de vanadium et 6 % d'aluminium ; de même, l'intercepteur YF-12 A, qui peut voler à Mach 3, ferait appel pour près de 35 % de sa structure à du titane, en grande partie sous forme de nid d'abeilles. Sur de nombreux autres avions, le titane est utilisé sous forme de pièces forgées et matricées pour remplacer des pièces en acier en permettant un gain de poids, par exemple : ferrures, attaches diverses, pièces de train d'atterrissage. Cependant, le titane à son tour a ses limites, et dans certains cas, il a fallu recourir à l'acier. C'est ainsi que la structure du bombardier trisonique North-American XB-70 est constituée presque exclusivement en sandwich nid d'abeilles en acier.

Pour les engins balistiques, il s'est également révélé nécessaire de rechercher des niveaux élevés du rapport résistance à la rupture.

Parmi ces nouvelles densité nuances d'acier, mentionnons le Vascojet 1000, acier à 5 % de chrome, 1,2 % de mo-

Un alliage d'aluminium à 2 % de cuivre, baptisé AU2GN en France et RR-58 en Grande-Bretagne, est le ma-

tériau principal de Concorde, sous forme usinée, comme pour cette âme de longeron, ou sous forme de tôles.



lybdène et 0,5 % de vanadium, dont la résistance à la rupture est supérieure à 160 kg/mm² et le comportement à la chaleur très satisfaisant ; ce matériau est même supérieur aux alliages légers sur le plan de la résistance spécifique aux températures ambiantes.

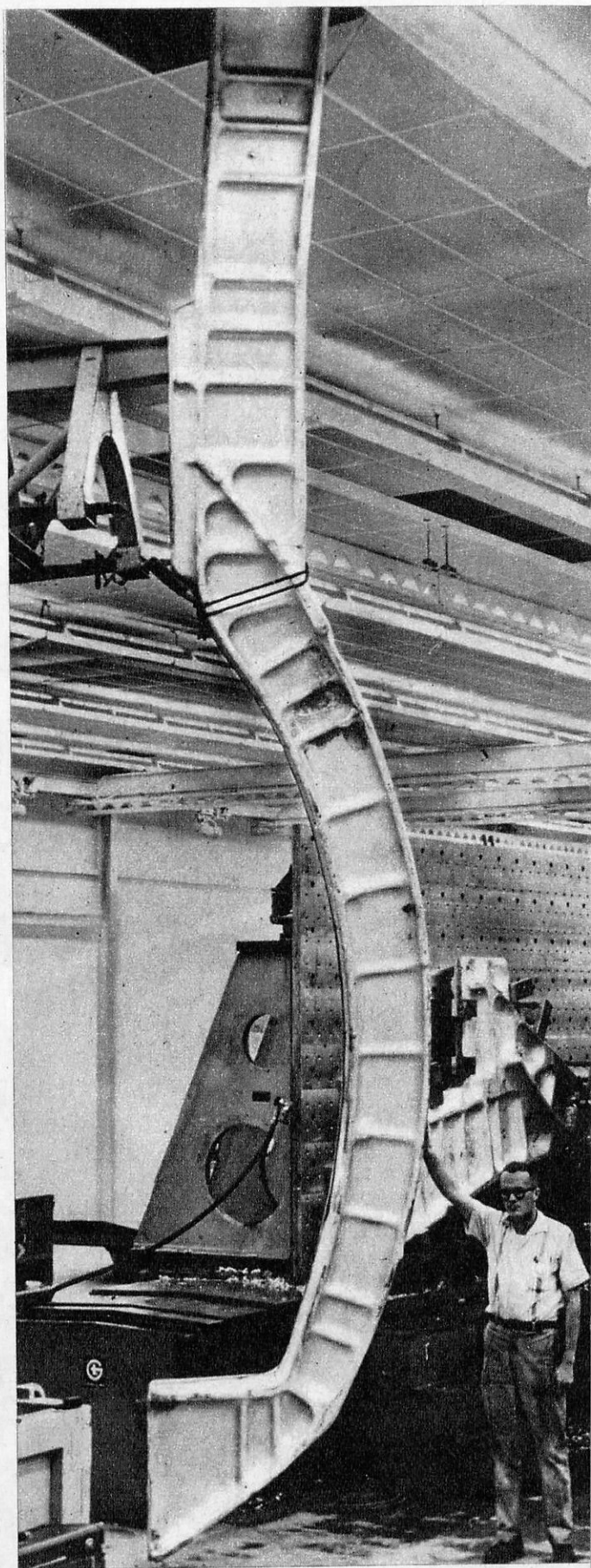
Dans le domaine des moteurs, la course aux hautes températures qui conditionnent en partie le rendement du propulseur est extrêmement vive. C'est ainsi que des progrès importants des performances des turbo-réacteurs sont dus à l'augmentation de la température des gaz de combustion en amont de la turbine. Dans cette optique, des alliages réfractaires nouveaux, à base de nickel et de cobalt, ont été mis au point, qui permettent d'atteindre 1 100° C. Les deux propriétés les plus importantes à considérer sont alors la résistance à la rupture par fluage, c'est-à-dire par allongement du métal sous l'effet combiné de la charge et de la température, et la tenue à la corrosion. Mais, d'ores et déjà, les recherches en cours sur des alliages à base de niobium devraient conduire à des températures admissibles de 1 200° C ; les principaux éléments d'addition seraient alors le tantale, le zirconium, le molybdène, le vanadium ou le tungstène.

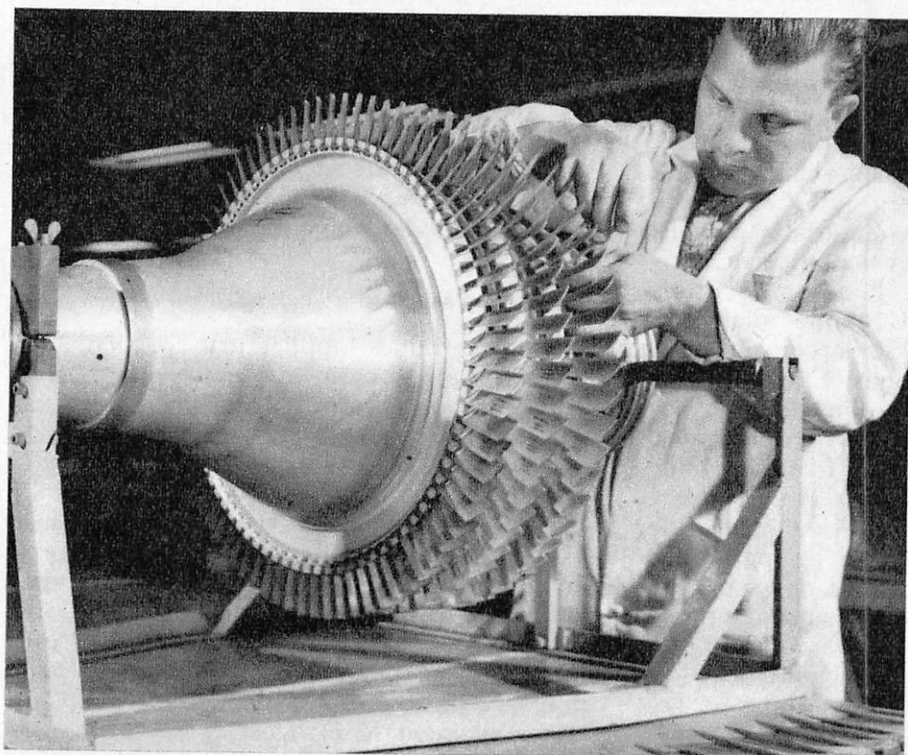
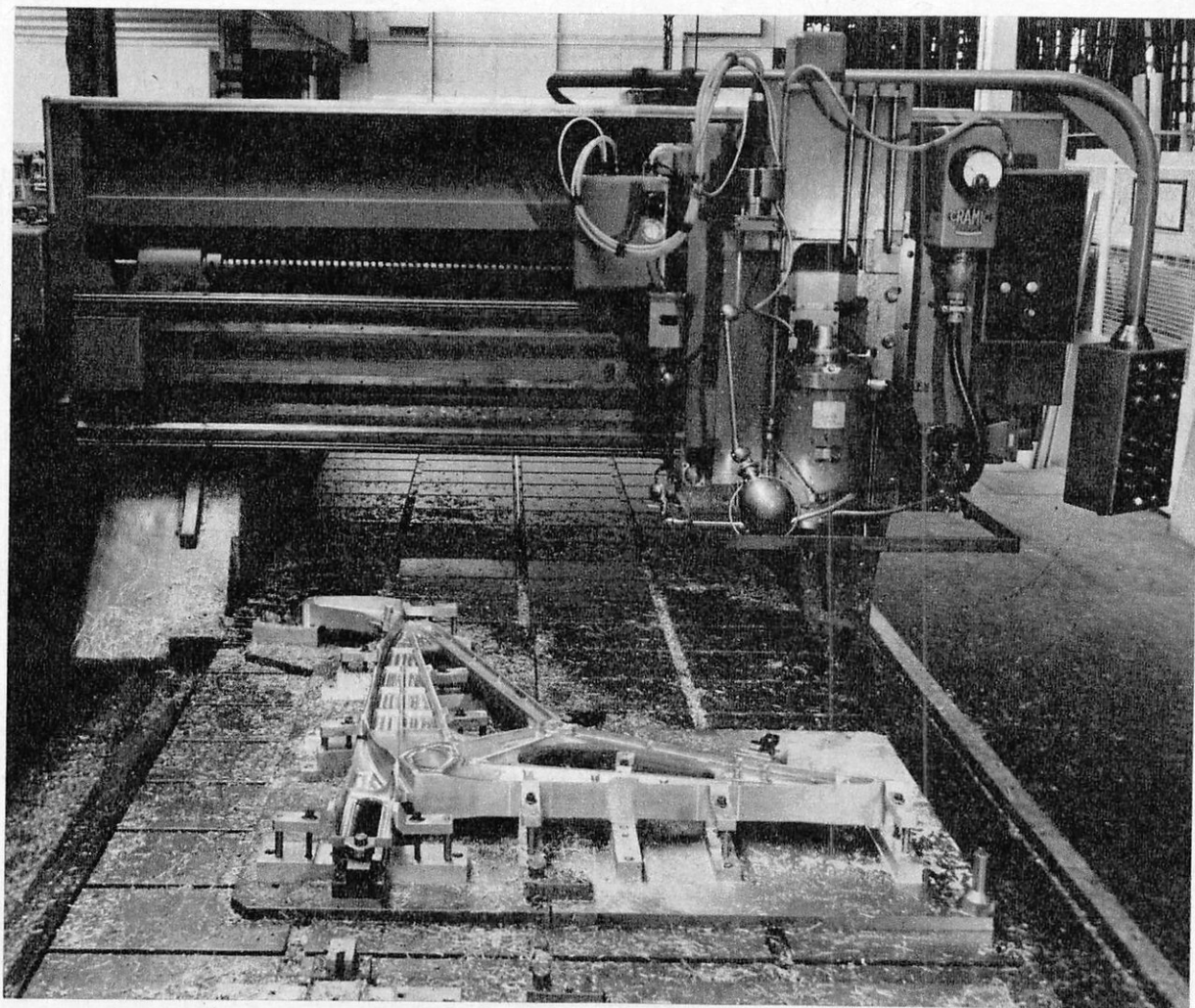
Le niobium devrait d'ailleurs voir ses possibilités d'emploi s'étendre aux revêtements pour avions hypersoniques et peut-être à certaines structures de fusées pour lesquelles des matériaux capables de résister à 300° C deviendront nécessaires. Le niobium est en effet un des quatre métaux connus les plus réfractaires, les trois autres étant le tungstène, le molybdène et le tantale.

Bien qu'il n'ait pas encore fait l'objet d'applications importantes, nous mentionnerons l'intérêt exceptionnel du béryllium déjà utilisé dans l'industrie nucléaire, qui joint à une densité inférieure à celle de l'aluminium une résistance mécanique plus élevée que celle du duralumin et un comportement à la chaleur très satisfaisant. Que ce soit pour les structures d'avions hypersoniques ou pour les compresseurs de turbo-réacteurs de haute performance, le béryllium devrait conduire à des gains de poids appréciables. Malheureusement son prix de revient est encore considérablement élevé, et il est par ailleurs très toxique.

L'ossature du cargo géant C-5 A, actuellement en construction pour le compte de l'U. S. Air Force, sera constituée de dix-huit

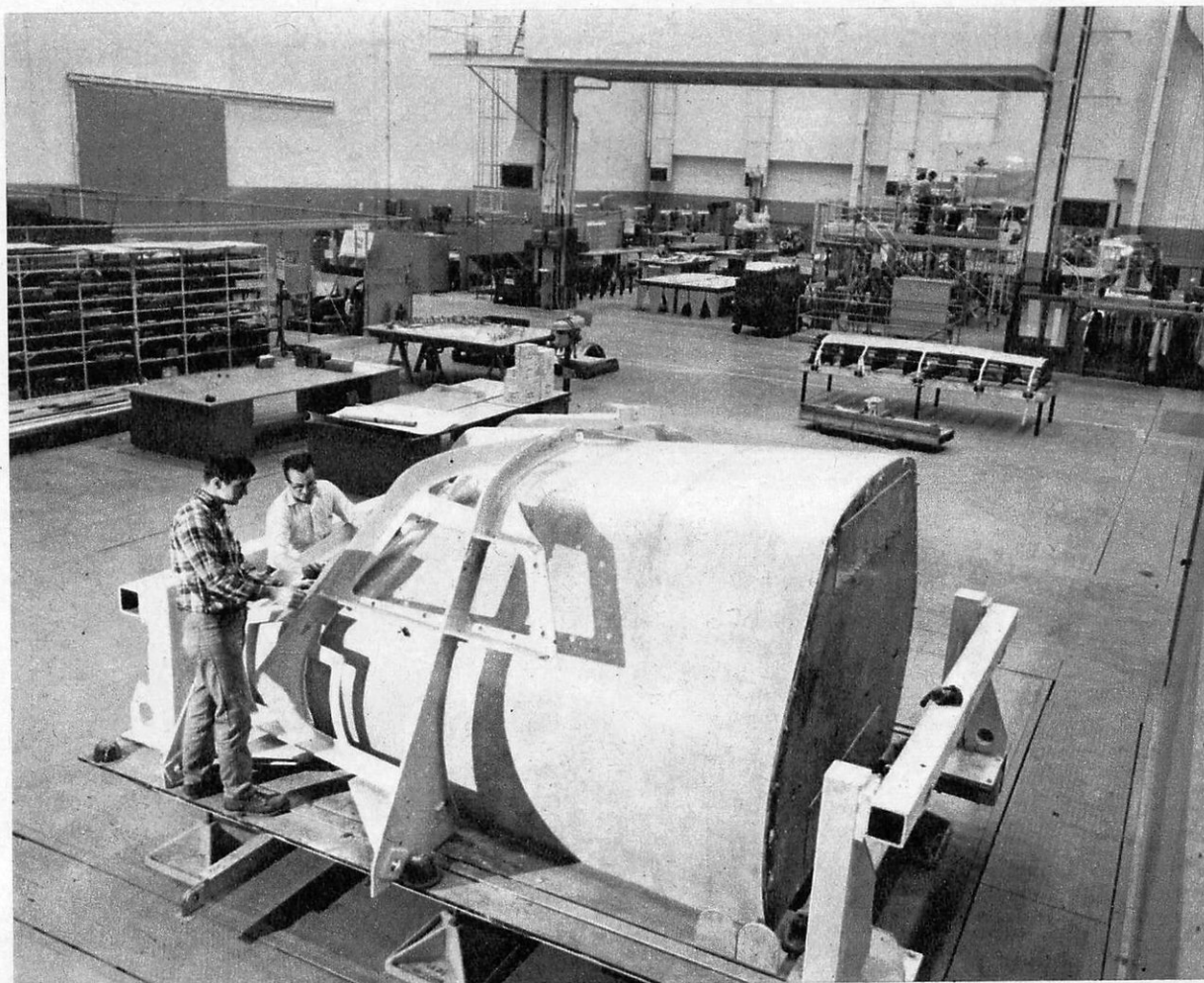
éléments en alliage léger forgé. Ci-contre, on peut voir l'un d'eux, qui formera le support de l'atterrisseur principal avant.





▲ Une console matricée destinée à un prototype Concorde (support de plancher-cabine) en cours d'usinage à Toulouse sur fraiseuse moderne à commande numérique.

◀ La construction des moteurs est un autre domaine d'application des alliages légers : ci-contre, mise en place des aubes de compresseur d'un réacteur de sustentation Rolls-Royce type RB-162.



La mise au point de tous ces nouveaux métaux et alliages doit beaucoup au perfectionnement des procédés d'élaboration et notamment aux fours de fusion sous vide et aux fours par bombardement électronique. Ces procédés permettent d'éliminer complètement les impuretés existant dans le métal de base.

Enfin, le domaine des matériaux métalliques s'est récemment développé avec l'utilisation des « whiskers ». Il s'agit de fibres mono-cristallines de très faible diamètre, dont la résistance dépasse largement celle de tous les matériaux connus. Elles sont utilisées noyées à l'intérieur d'une masse métallique, comme éléments de renforcement. Les résistances en traction des filaments seuls peuvent dépasser 50 tonnes/cm²; les filaments les plus utilisés sont ceux d'alumine, de carbures de bore et de silicium et, parmi les métaux, de fer. Les avantages des whiskers sont particulièrement marqués aux températures élevées. Des applications fort intéressantes commencent déjà à se faire jour en ce qui concerne les aubes de turbine ou les engins balistiques.

Dans le même ordre d'idées, Pratt et Whitney a mis au point un procédé de fabrication qui permet de réaliser des aubes de turbine à partir d'un cristal unique d'un alliage. Ces aubes présentent une résistance considérablement accrue aux chocs thermiques et supportent également des températures plus élevées que les aubes coulées par les méthodes conventionnelles.

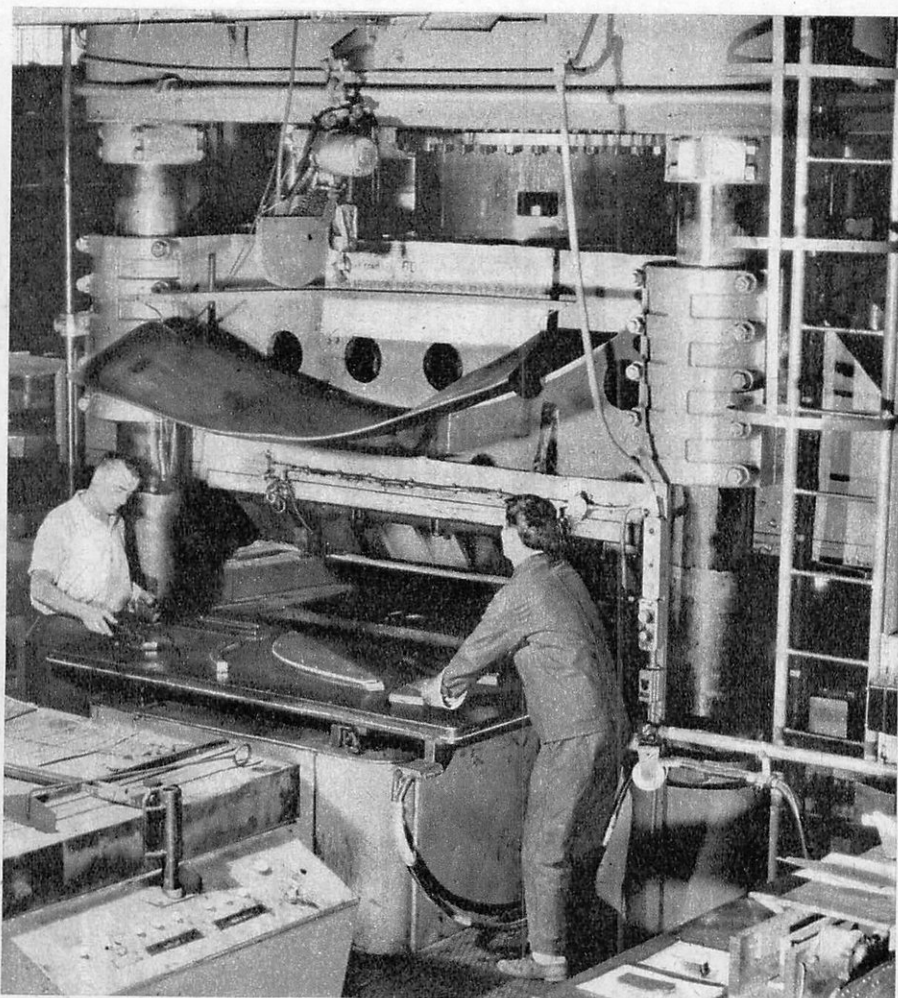
Les cermets

Pour certaines applications particulières, on a parfois besoin de matériaux encore plus réfractaires que les métaux et alliages précités. C'est le cas notamment des bords d'attaque d'aile d'avions volant à des vitesses particulièrement élevées, comme le X-15 qui a dépassé Mach 6. Il faut alors recourir à des composés minéraux, oxydes, carbures ou nitrures de divers métaux ou à des mélanges de ces matériaux et de métaux que l'on désigne sous le nom de cermets et que l'on fabrique par frittage à partir de poudres très fines. Parmi ces corps, mentionnons essentiellement le composé à 80 % de car-

Des modèles grandeur réelle des différentes parties du transport supersonique Boeing sont construits (ci-contre) pour l'élaboration de matrices en acier ou en céramique qui serviront au formage à haute température des éléments de structure en titane.

Moins utilisé en Europe qu'aux États-Unis le titane entre néanmoins dans la construction de Concorde pour les supports de nacelles des turboréacteurs. Ci-contre, le formage à la presse de pièces en alliages de titane.

Une « ailette » en alliage de titane forgé du turboréacteur General Electric T F-39 qui propulsera l'avion cargo géant C-5 A.



SUD-AVIATION

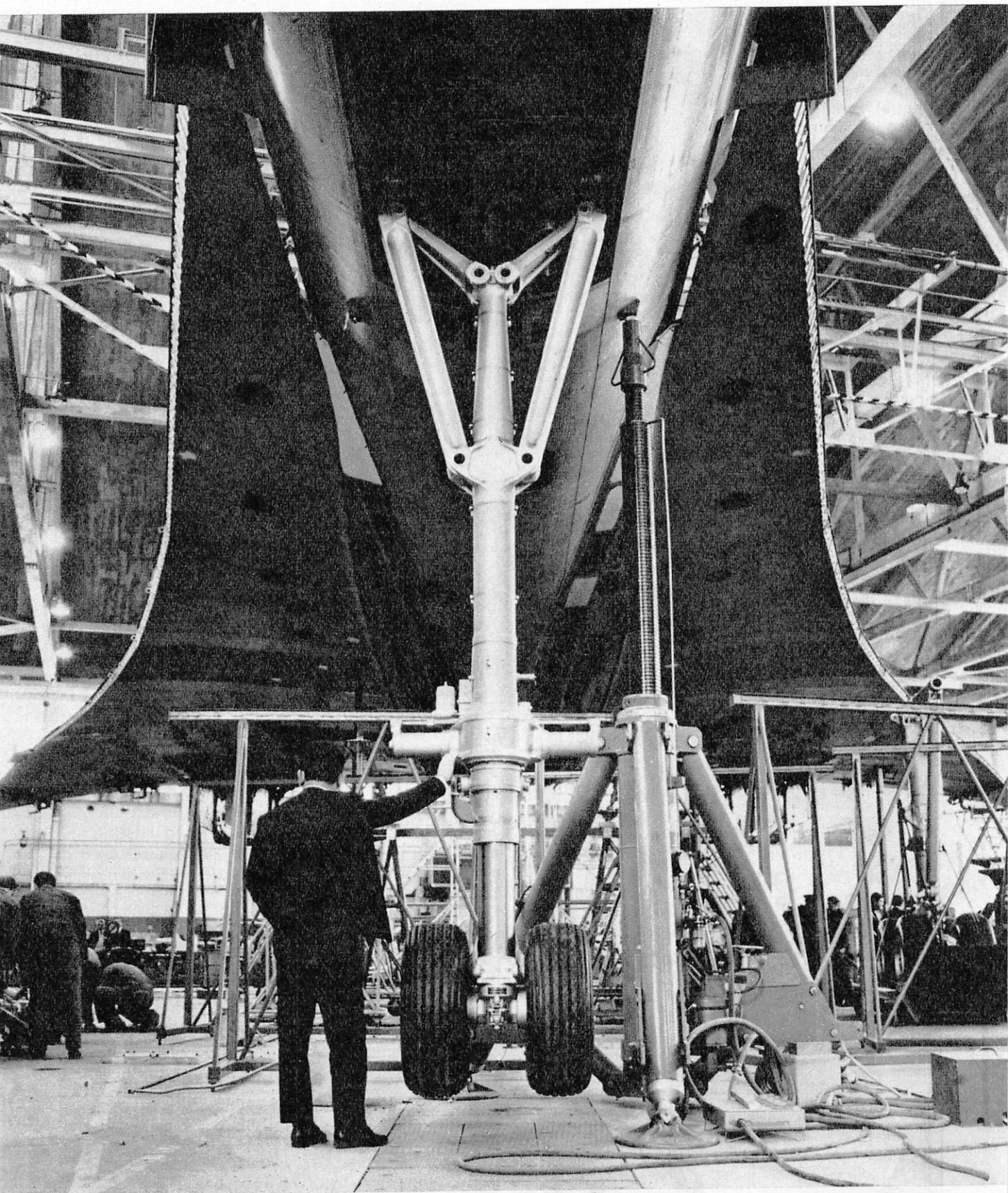


bure de titane et 20 % de cobalt qui a déjà fait l'objet d'intéressantes applications pratiques.

Enfin, dans ce domaine de matériaux où les métaux n'interviennent que partiellement, on peut mentionner la possibilité de renforcer à l'aide de whiskers des masses de matières plastiques organiques.

Les matériaux plastiques

Même sans l'appoint des métaux, les matières plastiques et certains matériaux organiques trouvent dans l'aéronautique une place de plus en plus grande, car la recherche des poids de structure les plus faibles possibles demeure un des objectifs de premier plan. Parmi les éléments ainsi réalisés, citons les planchers de cabine, portes de logements de train d'atterrissage, carénages divers... Parmi les matériaux, les plus employés sont les stratifiés à base de fibre de verre et de résines époxy ; les stratifiés sont moulés sous faible pression, la résine subissant ensuite un durcissement sous l'effet d'un chauffage modéré. Petit à petit d'ail-

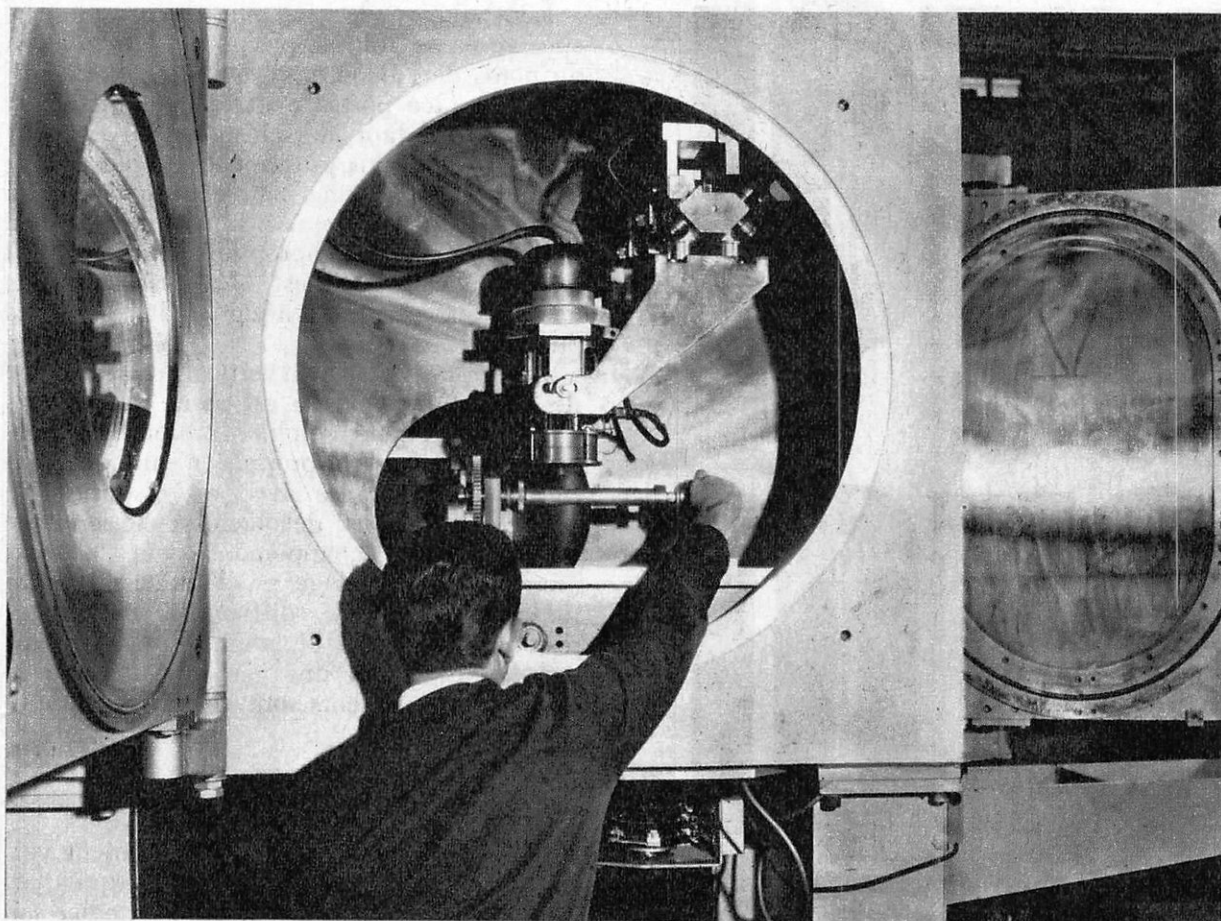


Des aciers à haute résistance constituent les parties maîtresses du

train d'atterrissage avant de Concorde, ci-dessus, conçu par la

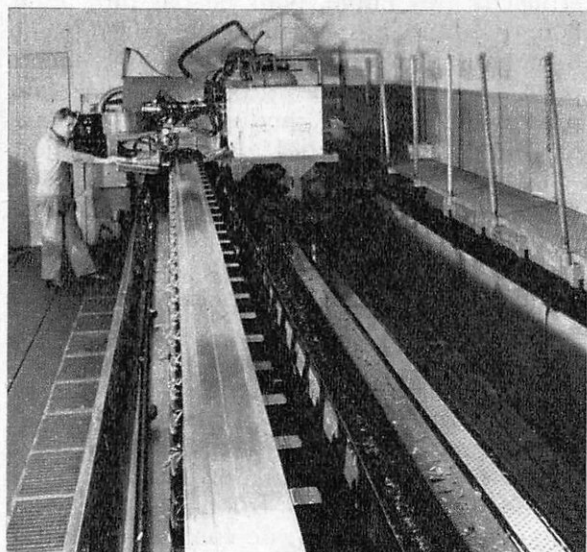
firme Messier. Cet atterrisseur pourra fonctionner dans un do-

maine de températures très étendu, compris entre -50 et $+140^{\circ}\text{C}$.



▲ Récemment passé de l'expérimentation en laboratoire à la pratique industrielle, le formage électromagnétique des métaux et alliages est une des techniques de pointe utilisées actuellement dans la construction aéronautique.

La fabrication des pales d'hélicoptères réclame un outillage fortement spécialisé (ci-dessous); ici le bridage du longeron à usiner est assuré, au passage de la tête de travail, par une série de vérins pneumatiques.



leurs, ces matériaux ont gagné des éléments travaillants; c'est ainsi que le turbo-réacteur de sustentation Rolls-Royce RB-162 possède un stator de compresseur en stratifié. Mentionnons également les pales d'hélicoptère à remplissage en mousses organiques au polyuréthane, ou en sandwich stratifié-nid d'abeilles, comme sur l'Alouette de Sud-Aviation. Outre le gain de poids, ces matériaux procurent une diminution importante des vibrations et un prix de revient plus faible, particulièrement appréciable dans le cas des grandes séries. Parmi les avions ayant fait récemment l'objet de séries importantes, le Boeing 727 est un de ceux qui ont fait le plus appel aux matériaux plastiques, essentiellement sous forme de panneaux sandwich dont les semelles sont en stratifiés et l'âme en fibre de verre imprégnée de résine.

On voit ainsi que l'industrie aéronautique a considérablement évolué depuis l'époque pas encore tellement lointaine où elle était considérée comme consommant principalement des alliages légers. Si ces derniers représentent encore un pourcentage important, il n'y en a pas moins autour d'eux une diversité croissante d'autres matériaux.

Jacques SPINCOURT

VTOL ou STOL

L'étude d'un avion à vitesse de vol élevée conduit à des configurations s'éloignant considérablement de celles qui sont favorables au décollage ou à l'atterrissage sur courte distance. La charge alaire et le rapport poussée/poids d'un avion étant déterminés de façon précise par les performances exigées en vol, les conditions de décollage ne peuvent être améliorées que par l'installation de dispositifs hypersustentateurs ou par la création d'une poussée de sustentation.

L'hypersustentation, éventuellement associée à la géométrie variable, peut être combinée avec un flux orienté d'air ou de gaz d'échappement. Une telle solution pourra convenir pour le décollage et l'atterrissage sur courtes distances, c'est-à-dire sur les appareils dits STOL (Short Take-Off and Landing) ou, en français, ADAC (Avion à Décollage et Atterrissage Court).

Par contre, la création d'une poussée de sustentation constitue le seul moyen pour effectuer un décollage et un atterrissage rigoureusement verticaux, ce qui est demandé aux appareils VTOL (Vertical Take-Off and Landing) ou ADAV (Avion à Décollage et Atterrissage Vertical).

Une telle poussée peut être obtenue par déviation du jet des gaz d'échappement d'un réacteur classique à axe horizontal, ou bien grâce à des réacteurs spéciaux à axe vertical.

L'installation de réacteurs de sustentation spécialisés se traduit par une augmentation du poids de l'avion, ce qui conduit à accroître la surface portante et, en même temps, la traînée. Il faut alors installer un réacteur de propulsion plus puissant, donc plus lourd, ce qui entraîne une nouvelle modification de la charge alaire. Ainsi, pour maintenir un rayon d'action acceptable, un appareil à décollage vertical est plus grand et plus lourd qu'un avion classique ayant les mêmes performances en vol.

En définitive, le vol vertical avec poussée de sustentation élevée est assez peu économique, et il peut sembler préférable d'installer une poussée propulsive unique relativement importante avec un dispositif de post-combustion au décollage et d'orienter le jet des gaz d'échappement pour les manœuvres de décollage et d'atterrissage. De toutes façons, les difficultés techniques restent nombreuses et, pour beaucoup d'appareils prototypes un peu partout dans le monde, des accidents sont venus interrompre les essais.

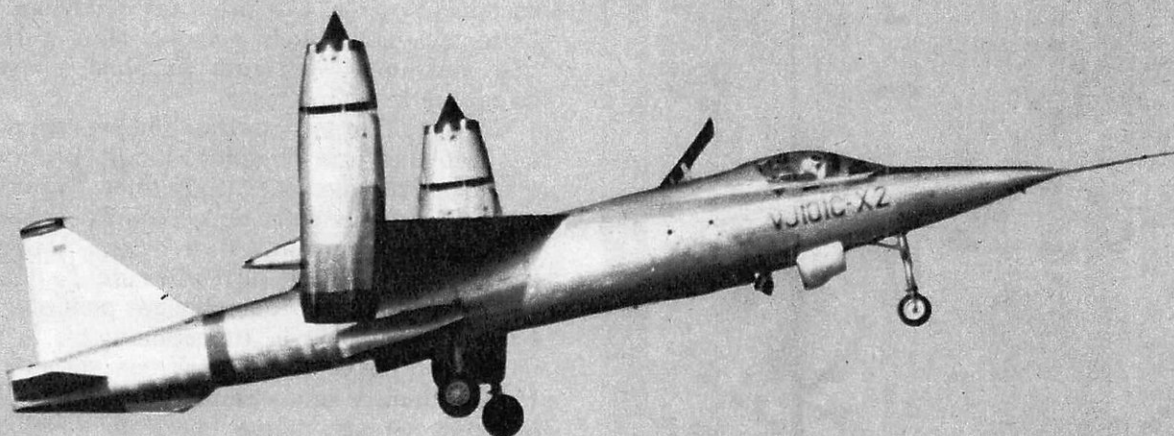
Assiette et contrôle en transition

Un avion à décollage rigoureusement vertical est prévu pour s'élever de quelques mètres au-dessus du sol avant d'entamer son vol horizontal. Il existe ainsi une phase de transition entre les deux sortes de vol, l'un vertical et l'autre horizontal, pendant laquelle le pilote doit impérativement maintenir l'assiette horizontale de son appareil par un contrôle très précis de la poussée des réacteurs et de la direction du flux des gaz d'échappement.

Le problème posé n'est pas simple à résoudre pendant la transition car les gouvernes aérodynamiques n'ont alors qu'une efficacité très faible, pour ne pas dire nulle. Pour produire des moments de contrôle, ou bien pour compenser des rafales, ou encore pour changer l'angle de position, il faut piloter l'appareil par modulation de la poussée ou par l'action de jets de stabilisation.

Le pilotage par modulation de la poussée consiste à introduire des changements dans la répartition de la poussée des réacteurs ou du flux des tuyères orientables. Dans ce cas, les moments de contrôle à poussée maximale ne peuvent être produits que par réduction de la poussée d'un côté du groupe des réacteurs, ce qui diminue donc sa valeur globale et tend à faire descendre l'avion.

Le pilotage par jets d'air de stabilisation consiste à prélever sur les réacteurs une fraction constante d'air froid, lequel est distribué selon le moment de contrôle demandé,



puis soufflé par des buses à une distance aussi grande que possible du centre de gravité. Ce prélèvement correspond à une diminution relativement faible de la poussée totale.

Quel que soit le mode de pilotage adopté, la stabilisation de l'assiette de l'appareil est très difficile à obtenir. Toute discontinuité, même de faible importance, dans le fonctionnement d'un réacteur se traduit immédiatement par une variation de sa poussée, donc par une modification de l'assiette.

Parmi les éléments susceptibles de faire varier la poussée des réacteurs, il y a les effets thermiques : l'air ambiant autour de l'avion se réchauffant au contact des gaz d'échappement, les réacteurs aspirent de l'air à température plus élevée, leur rendement diminue, et il en résulte une perte de poussée.

Possibilités d'utilisation du vol vertical

Il est facile de comparer sur le plan des performances au décollage les principaux procédés d'envol vertical, depuis l'hélicoptère jusqu'au réacteur de sustentation. On constate que la puissance nécessaire augmente en fonction de la charge au mètre-carré, qui elle-même augmente quand le diamètre du propulseur diminue. Ainsi, il faut trois fois plus de puissance sur une hélice que sur un rotor d'hélicoptère pour soulever la même masse, et dix fois plus sur un réacteur. En même temps, le souffle créé par les jets d'échappement passe de 10 km/h (hélicoptère) à 1 000 km/h (réacteur). Ainsi,

Le décollage de l'appareil expérimental allemand VJ 101C-X 2 vient de s'effectuer à

la verticale grâce à la poussée de ses deux turbo-réacteurs d'abord braqués vers le haut.

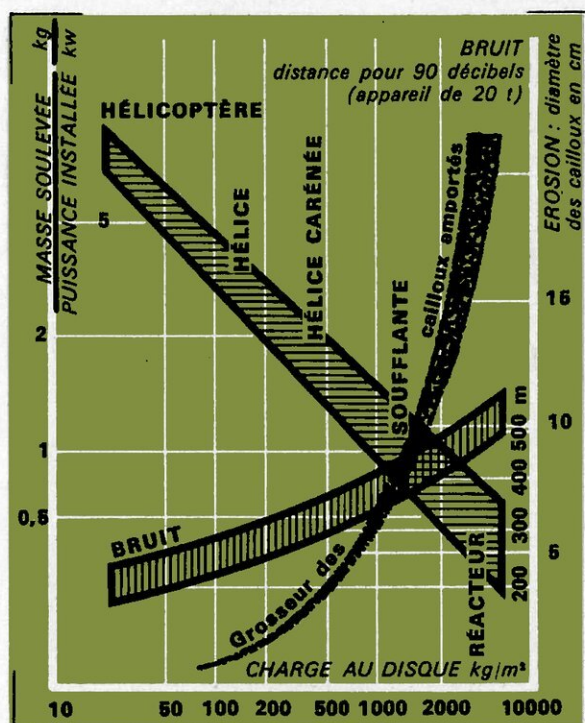
le souffle d'un hélicoptère permet de soulever du sable, celui d'un réacteur un caillou de 20 cm.

Le bruit augmente lui-même considérablement avec la vitesse de sortie. Les physiciens estiment le nombre de décibels sensiblement proportionnel à une puissance élevée de cette vitesse.

Si le problème de l'envol rigoureusement vertical avec un appareil autre qu'un hélicoptère n'est pas insoluble, il nécessitera encore une longue mise au point avant que puissent être surmontées les nombreuses difficultés d'ordre technique.

Devant une incertitude manifeste du côté des possibilités d'utilisation de l'avion à décollage vertical, il n'y a rien d'étonnant à ce que cette formule, si séduisante à priori, soit un peu délaissée actuellement. Les crédits officiels se reportent plus volontiers sur d'autres solutions, telles par exemple celles des appareils à géométrie variable, générateurs éventuels de chasseurs supersoniques.

La décision prise fin 1966 par l'armée américaine d'octroyer dans l'immédiat six contrats d'études à des sociétés différentes en vue de réaliser dans la prochaine décennie un appareil à décollage vertical capable de transporter une charge militaire d'au moins trois tonnes (et ultérieurement de six tonnes) ne change pas les données du problème. Le délai fixé par les services offici-



Hélicoptère, hélice, soufflante ou réacteur, tous ces moyens permettent le décollage vertical. M. Charles

Marchetti en a comparé les effets variables quant au bruit, à l'érosion en surface, à la puissance nécessaire.

ciels donne une idée de l'importance des recherches et essais préliminaires à effectuer avant d'aboutir à une solution techniquement et économiquement viable.

Cependant, il paraît possible dans l'immédiat d'orienter l'envol rapide vers une solution intermédiaire, celle des appareils à décollage court.

Le décollage court

Une enquête effectuée il y a quelques mois aux U.S.A. a démontré l'existence d'un vaste marché potentiel pour des appareils de transport à décollage et atterrissage courts, pour 30 à 60 passagers. Les avions retenus pour ces études de marché ont été le Bréguet 941 (baptisé McDonnell 188 outre-Atlantique) et le McDonnell ST 20 ; ce dernier est un projet d'avion de transport à aile soufflée, de capacité 60 passagers, équipé de quatre turbopropulseurs à hélices interconnectées.

La solution ADAC du Bréguet 941 à aile soufflée est bien connue : sur une aile, complétée par de larges volets braquables, et baignée sur toute sa surface par le souffle d'hélices de grand diamètre, la composante aérodynamique ajoutée vectoriellement à la

traction des hélices donne une résultante verticale (ou légèrement oblique), utilisable directement pour favoriser le décollage et l'atterrissage, lesquels peuvent alors s'effectuer sur une très courte distance, souvent inférieure à 100 mètres.

La déviation du souffle d'hélice suppose au décollage une direction initiale pratiquement horizontale, ce qui permet l'addition correcte de la vitesse de ce souffle et de la vitesse d'avancement. Ainsi l'avion à décollage court évite les difficultés de l'avion à décollage vertical (décrochage possible de l'aile au cours de la transition entre le vol vertical et le vol en palier) ; en somme, le fait d'admettre une vitesse d'avancement, et donc un roulage même faible au décollage, permet d'accroître sensiblement la masse soulevée par la machine.

Un appareil à décollage court n'a naturellement pas la prétention de concurrencer les « jets » long-courriers ; son domaine est celui des courtes distances à partir d'aérodromes à peine aménagés, pourvu qu'il y ait au moins une piste de 200 à 300 m.

L'envol est techniquement possible dès que l'appareil a roulé pendant une centaine de mètres, car il y a toujours un flux d'air sur lequel s'appuie l'avion ; les volets du Bréguet 941, par exemple, déviant les filets d'air, il n'y a pas à accomplir le moindre vol de transition, car il n'est jamais prévu (ni possible) de faire du vol vertical ; entre le vol de décollage et le vol horizontal, il n'y a qu'une inclinaison différente des volets ; les commandes de pilotage restent classiques.

Le décollage court en formule avion reste ainsi le privilège des solutions visant à créer un flux d'air incliné, et même inclinable au gré du pilote. A titre d'exemple, le chasseur anglais Hawker-Siddeley P-1127, après avoir connu des difficultés lors du vol de transition suivant immédiatement le décollage vertical, est actuellement commandé par l'armée britannique en cent exemplaires ; il est équipé d'un turboréacteur Bristol-Siddeley Pegasus à double flux et taux de dilution élevé. Une partie de la poussée totale provient de l'air froid prélevé directement sur le compresseur basse pression et éjecté par quatre tuyères disposées symétriquement et latéralement. L'orientation des tuyères peut varier simultanément depuis l'éjection directe en arrière jusqu'à une position verticale vers le bas, et même suivant un angle plus grand vers l'avant au cas où une poussée inversée est nécessaire. Tel qu'il est équipé, l'appareil peut donc voler en ADAV ou en ADAC. Il est possible que, par mesure de sécurité, les règlements d'utili-



Ce Bréguet 941 est maintenant devenu classique, mais même avec ses remarquables performances d'atter-

rissage sur des pistes de l'ordre de 100 mètres de longueur, il n'a pas encore montré tout ce dont il est capable.

sation prévoient que l'appareil n'opère tactiquement qu'en vol incliné pour le décollage et l'atterrissage.

Cette solution est d'ailleurs à rapprocher de celle qui a été adoptée par Lockheed sur son appareil à décollage court Hummingbird, les manœuvres au décollage s'effectuant à la fois par sustentation directe et par déflexion de la poussée, ce qui revient à utiliser un flux d'air dévié. Une solution semblable (déflexion de poussée du réacteur principal associée à celle des réacteurs de sustentation) est envisagée par Bell sur un appareil dérivé du Dornier DO-31, le XV4-B. Il aura l'aspect d'un monoplan conventionnel et utilisera six turboréacteurs General Electric dont quatre montés verticalement dans le fuselage pour la sustentation et deux autres montés en nacelle au-dessus de l'emplanture des ailes. De cette manière, les deux derniers réacteurs interviendront également dans la phase verticale et dans la phase de transition par déflexion partielle du flux d'air.

Il apparaît ainsi que le vol rigoureusement vertical en formule avion évolue vers une solution du genre ADAC, ou plus exactement vers une forme de vol incliné dans laquelle un flux d'air est correctement dé-

vié : cette solution porte le nom de V/STOL ou ADAV/C. Pourtant, la distinction risque de rester subtile, car elle dépendra surtout dans de nombreux cas de la façon dont l'appareil sera piloté ou utilisé.

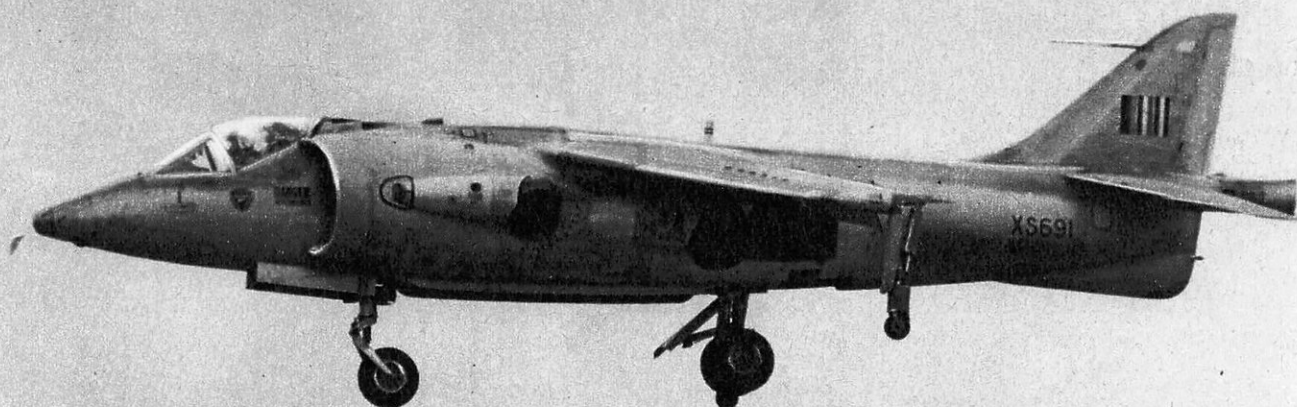
Une formule intéressante consiste à installer des turbosoufflantes noyées dans l'aile pour produire le flux d'air inclinable ; c'est ainsi qu'ont été réalisés aux U.S.A. les deux appareils ADAM I et ADAM II (abréviation de : Air Deflection And Modulation, déflexion et modulation du flux d'air), avec installation de volets spéciaux pour dévier le jet.

Un autre avion ADAV/C, dénommé AVS, est prévu pour être réalisé en collaboration entre les U.S.A. et l'Allemagne fédérale. Cet appareil, conçu en vue d'une guerre de mouvement en Europe, pourrait utiliser un quelconque terrain sommairement aménagé pour faire face à une attaque nucléaire. Cet AVS doit être doté de réacteurs différents pour la propulsion et la sustentation.

Les combinés

Sur les matériels examinés jusqu'ici, les dispositifs de sustentation peuvent être considérés comme *fixes*, en ce sens qu'ils servent uniquement pour la sustentation. Ils peuvent être très variés : réacteurs spéciaux à axe vertical, tuyères de gaz d'échappement braquables, tuyères d'air froid, volets ou ailerons, déviateurs de jet, etc.

Mais, bien que la distinction soit souvent



délicate à faire, il y a une deuxième classe d'appareils dont les moyens de sustentation sont *combinés* pour la propulsion et la sustentation.

En tête des combinés se trouve l'hélicoptère, pour lequel le transfert de puissance de la sustentation à la propulsion est simple et ne nécessite pas de la part du pilote une manœuvre complexe.

Pour que l'hélicoptère puisse se déplacer relativement vite, il faut lui ajouter une aile, d'ailleurs de faible surface. Ainsi, le XH51-A Compound de Lockheed a atteint 437 km/h, avec un réacteur d'appoint en plus du moteur normal.

Cela ne constitue toutefois qu'un palliatif, car le maintien du rotor en rotation entraîne un gaspillage de puissance par rapport à une voilure fixe, laquelle assure beaucoup plus économiquement la sustentation ; le rotor devra finalement être stoppé en vol, ou même escamoté. De nombreux constructeurs se penchent sur ce problème dont la solution fournirait un appareil capable de décoller verticalement et de partir progressivement en translation à grande vitesse, sans que la transition présente de sérieuses difficultés. La sécurité resterait assurée au décollage et à l'atterrissage et en cas de panne du moteur. Avec un rotor de faible charge au mètre-carré, les dangers d'érosion au sol sont minimisés, et les activités opérationnelles peuvent être pratiquement tous terrains, comme celles de l'hélicoptère classique. De plus, le rotor étant arrêté en vol, ses pales ne sont plus soumises aux efforts dynamiques im-

Le Hawker Siddeley Kestrel vient de décoller à la verticale ; il n'a pas encore rentré son train d'atterrissage, et va amorcer son vol de

transition ; il atteindra rapidement une vitesse supersonique. Il peut, à moindres risques, décoller sur courte distance, en vol incliné.



L'hélicoptère combiné Lockheed X H 51-A Compound détient le record mondial de vitesse avec 437 km/h. Un réacteur d'appoint,

visible à la gauche de l'appareil, est utilisé en vol de translation en plus du turbomoteur par lequel est entraîné le rotor de l'appareil.

portants qui limitaient leur durée de vie. Il en résulte une maintenance simplifiée rejoignant celle de l'avion.

La société américaine Lockheed a effectué des essais sur une maquette d'hélicoptère Compound avec rotor rigide de 10,90 m de diamètre ; les pales, après immobilisation, se repliaient vers l'arrière, parallèlement au fuselage, cependant que l'appareil poursuivait son vol à la manière d'un avion conventionnel. Les essais de repliage du rotor ont eu lieu à des vitesses variant entre 145 et 260 km/h.

Lockheed étudie actuellement un Compound triturbine de 23 tonnes qui pourrait décoller verticalement avec son rotor rigide et voler ensuite en translation à 480 km/h. Le premier vol est prévu en 1970.

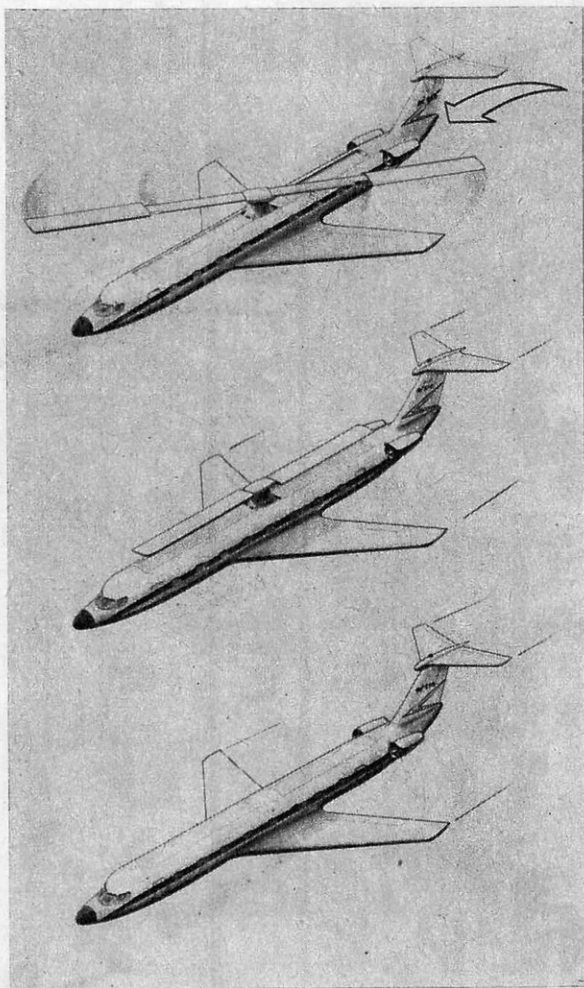
Le moins que l'on puisse dire, c'est que la formule du combiné se développe considérablement, et a d'autant plus de chances de succès que la phase de transition ne s'effectue que pour un rotor n'ayant plus de fonction de sustentation et qui pourra être soit immobilisé soit escamoté en vol de translation, solution plus délicate mais fort réalisable.

L'hélice carénée

L'idée du carénage de l'hélice est séduisante. Un carénage est une sorte de cylindre dont le profil, soigneusement étudié au point de vue aérodynamique, permet de modifier le régime d'écoulement de l'air et d'en améliorer le rendement ; on est ainsi maître de la section droite du jet sortant, en réalisant sa contraction, son élargissement, ou tout simplement en le maintenant à section constante. Il est en même temps possible d'utiliser une hélice de plus petit diamètre pour une même poussée. En outre, ce carénage offre l'avantage d'assurer en translation une certaine sustentation, effet qui se trouve nécessairement accru avec la vitesse de translation. Un appareil ainsi équipé peut disposer d'une surface d'aile relativement plus faible que celle d'un avion classique.

Le Nord 500, prototype que la société Nord-Aviation doit faire voler avant la fin de 1967, possède deux hélices carénées à cinq pales à pas fixe, la solution plus compliquée du pas variable ayant été abandonnée ; il n'est d'ailleurs pas exclu d'aller jusqu'à dix pales dans une version ultérieure afin de mieux supporter les effets d'une charge élevée au mètre-carré.

Chaque carénage est complété par un volet placé dans le souffle de l'hélice à pas fixe. Le braquage de l'ensemble hélice carénée et volet permet d'obtenir des trajec-



Au delà de 500 km/h, on ne peut plus laisser tourner un rotor alors que la sustentation est assurée par une aile. L'escamotage des pa-

les est une solution et M. Charles Marchetti a présenté l'avant-projet d'un tel biréacteur à décollage vertical, que figurent ces dessins.

toires de vol sous diverses inclinaisons, depuis le vol presque vertical jusqu'au vol incliné ou au vol de translation.

Sous sa forme actuelle, le Nord 500 a une masse totale de 1 200 kg, et chacune des deux hélices carénées a un diamètre interne de 1,575 m ; la puissance est fournie par deux moteurs de 235 kW (320 ch). La construction du Nord 500 est presque terminée et déjà Nord-Aviation a prévu que l'appareil suivant, le Nord 501, aura une masse de 4 000 kg et sera équipé de deux Turboméca Turmo X de 1 250 kW (1 700 ch), entraînant chacun une hélice carénée. Sa formule : sept personnes transportées « porte à porte » sur une distance de 700 km à la vitesse maximale de 700 km/h. Le premier vol de série est prévu pour 1972.

D'après sa configuration, un avion tel

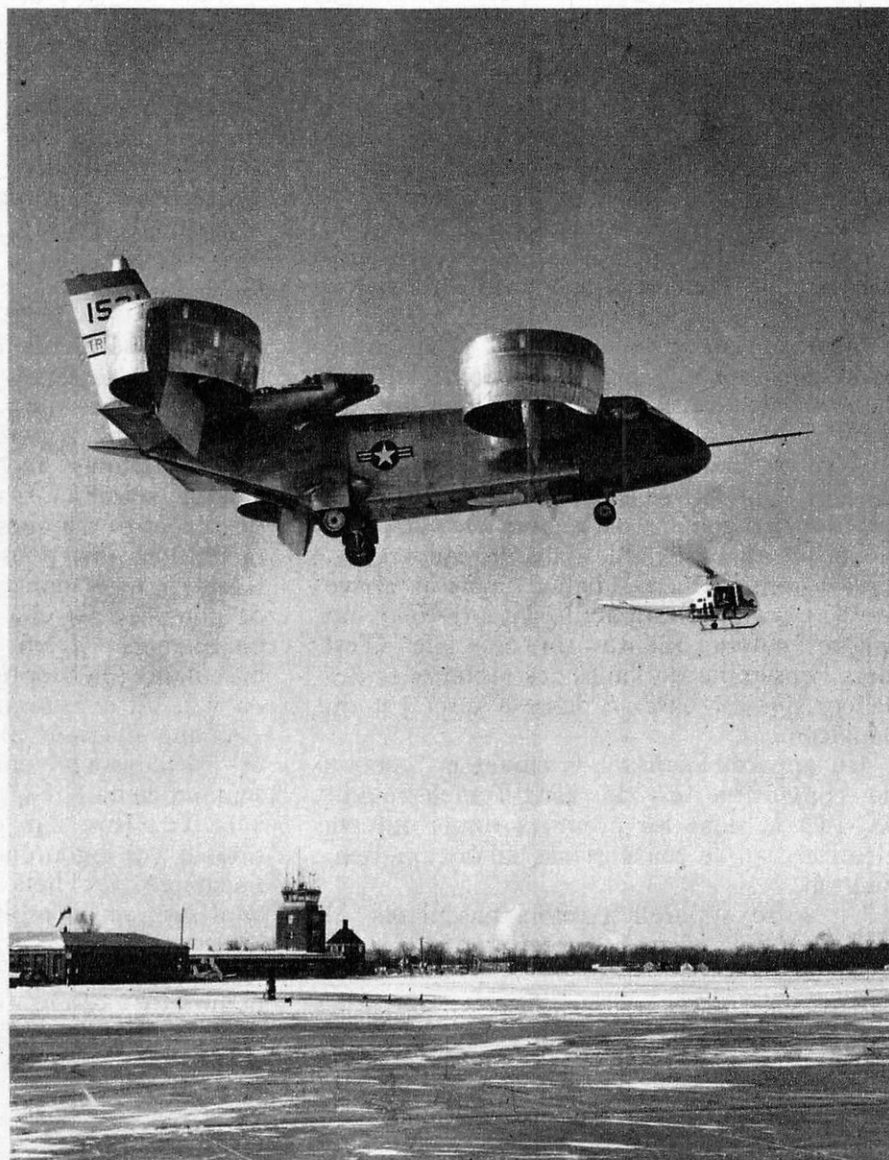


Requ

Le « rotor-stop » Marchetti apparaît comme une formule d'avenir. Quand le rotor tourne, l'appareil se comporte comme un hélicoptère ; quand il est immobilisé, on dispose d'un avion à aile en flèche.

Quel contraste entre ces deux appareils Bell à décollage et atterrissage verticaux : le convertible X-22 A à hélices carénées basculantes et le Bell 47, hélicoptère classique. Sur l'un, quatre petites hélices, sur l'autre un rotor grand diamètre.

En bas, à droite, le premier prototype du Dornier DO-31 E qui vole depuis février 1967 avec soufflantes à poussée orientable. Ultérieurement viendront s'ajouter huit réacteurs de sustentation à axe vertical en bout d'aile.



que le Nord 500 pourra décoller en ADAV ou en ADAC. En cas de vol rigoureusement vertical, il faut s'attendre à ce que toutes les difficultés de maintien de l'assiette et de contrôle en vol de transition réapparaissent. Maintenons donc à un tel appareil sa mission économique de vol en formule de décollage court, et ne lui faisons pas gaspiller uniquement et dangereusement son carburant pour un avantage qui, sur le plan du seul transport civil, se justifie peu.

De toutes façons, il y a encore d'autres possibilités pour l'hélice carénée : elles vont apparaître sur les *convertibles*, appareils sur lesquels les moyens de sustentation et de propulsion sont *mobiles en vol*, ensemble ou séparément.

La notion de convertible est issue de celle d'hélicoptère : un rotor d'hélicoptère est une hélice de grand diamètre tournant



lentement dans un plan horizontal ; une hélice d'avion a un petit diamètre et tourne vite dans un plan vertical. En basculant le rotor pour en faire une hélice ou inversement, on réalise un convertible, c'est-à-dire un appareil capable de décoller verticalement et ensuite de partir en translation.

Sous cette forme, le convertible rejoint le combiné et la distinction est, ici encore, subtile car elle dépend souvent de l'utilisation envisagée.

Beaucoup de problèmes sont à résoudre dont deux ont une importance particulière : d'abord, il faut trouver un compromis au point de vue diamètre entre le rotor d'hélicoptère et l'hélice de propulsion ; ensuite, il restera toujours à exécuter une transition lors du changement de régime de vol.

Ce qui est basculable dans un convertible, c'est essentiellement l'hélice, mais il arrive souvent qu'un tel appareil comporte deux ou quatre moteurs montés sur une aile. C'est alors l'ensemble de l'aile, des moteurs et des hélices qui est basculé dans la direction du déplacement.

Un appareil réalisant vraiment la fonction de convertible est le Ling-Temco-Vought XC-142 A, dont les premiers essais ont été effectués sur le porte-avions américain Bennington.

Un autre appareil à rotors basculants, le Bell X V-3, a récemment terminé ses essais

Le LTV-Hiller-Ryan X C-142 A possède une aile basculante, entraînant les turbopro-

pulseurs : décollage court ou vertical, vol horizontal à vitesse relativement importante.

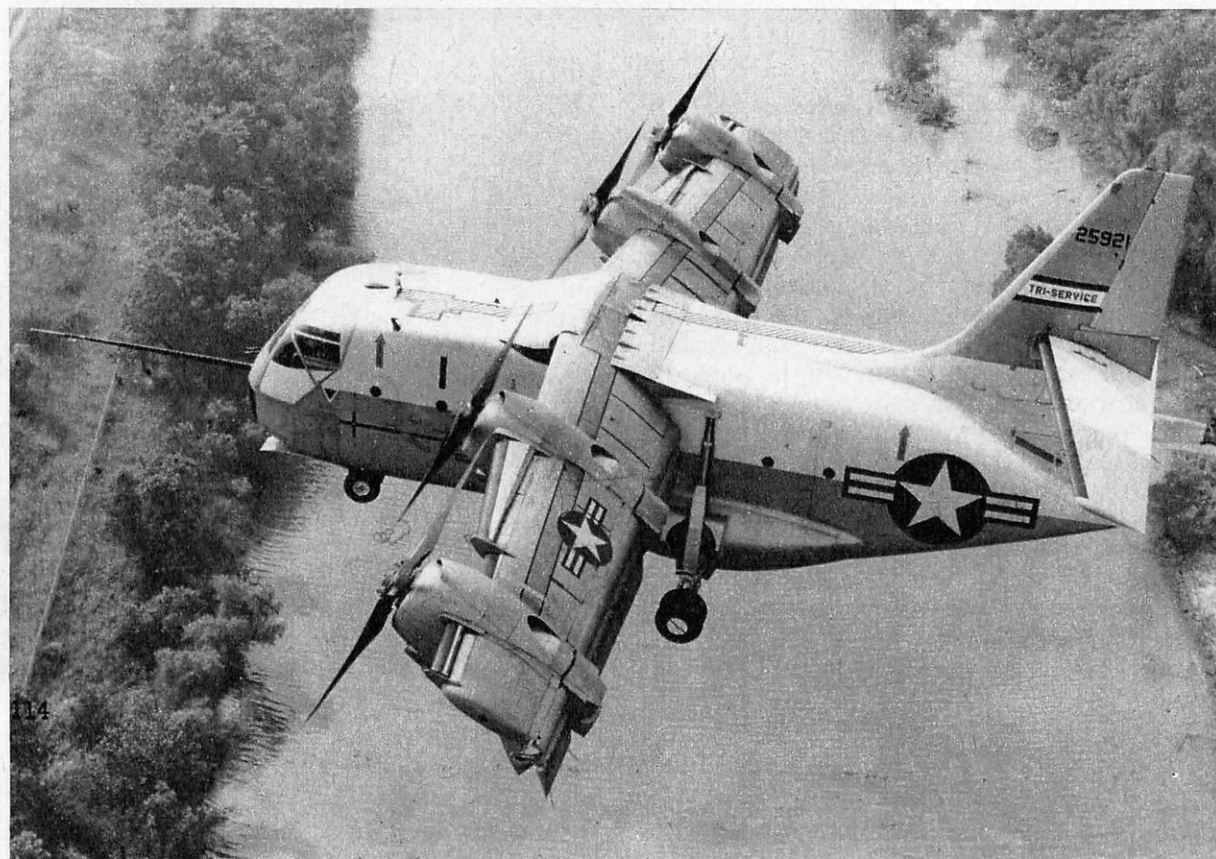
dans la soufflerie géante de l'Ames Research Center de la NASA, en Californie. Il y en a bien d'autres, d'ailleurs : le VC 400 (quatre hélices orientables), le Dornier DO-31 (à turbosoufflantes) en Allemagne fédérale, le Bell X-22 (quatre hélices carénées) aux U.S.A. etc. La plupart de ces appareils n'en sont qu'aux essais.

Conclusion

L'extrême diversité des formules que nous avons passées en revue résulte pour une part de l'incertitude qui subsiste quant à l'emploi éventuel des appareils, et pour une autre des difficultés techniques particulières à chaque solution. Cinq possibilités semblent devoir être retenues en vue d'une expérimentation plus poussée : avion à turbosoufflantes noyées dans l'aile ; avion à déflexion de poussée ; avion à ailes ou hélices carénées basculantes ; avion à réacteurs double-flux basculants ; hélicoptères à rotor tripale stoppé en vol, ou à rotor bipale rétractable.

D'une manière plus précise, le décollage et l'atterrissage sur de faibles distances seraient le fait d'appareils utilisant la déflexion d'un flux d'air ou de gaz chauds tandis que le vol rigoureusement vertical resterait l'apanage de l'hélicoptère, ce dernier pouvant stopper ou replier son rotor en croisière horizontale. Ces conclusions marquent la tendance actuelle, conséquence logique des nombreux essais systématiques entrepris dans le monde entier sur des appareils de toutes formes et de toutes dimensions.

Pierre LEFORT



HÉLICOPTÈRES

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre rotors (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids maximum en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse (km/h)	Observations
AFRIQUE DU SUD ROTORCRAFT Minicopter	1	2	6,40	1 moteur McCulloch 0-100-1 de 72 ch	1	250		115	Autogire ultraléger avec hélice propulsive bipale. Version biplace à moteur 165 ch en prototype.
ALLEMAGNE FÉDÉRALE BOELKOW Bo-105	1	4	9,25	2 turbines MAN 6 022 de 250 ch	4/5	1 750		210	Hélicoptère léger à rotor rigide, système Weiland; rotor anticouple arrière, diamètre 1,90 m. Autonomie 500 km.
MERCKLE SM-67	1	3	10,50	1 turbine Turboméca Artouste II C de 400 ch	5	1 700		120	Hélicoptère tous services; double commande, rotor anticouple arrière, diamètre 2 m. Autonomie 300 km.
SIEMETZKI Asro 4	1	3	6,92	1 turbine MAN 6012 100/130 ch	2	465		145	Hélicoptère ultra-léger; double commande, rotor anticouple arrière, diamètre 1,50 m.
WAGNER Sky-trac	2	2	10	1 moteur Franklin 6-AS de 260 ch	1/3	1 500		140	Hélicoptère léger tous services; 2 rotors principaux contrarotatifs. Autonomie 200 km.
BRÉSIL I.P.D. Beija-Flor	1	3	9,40	1 moteur Continental de 225 ch	2	950		140	Hélicoptère léger en prototype; 2 rotors anticouple arrière engrenants, diamètre 1,70 m. Autonomie 270 km
CANADA AVIAN Gyroplane	1	3	11,30	1 moteur Lycoming IO-360 de 200 ch	2	860		170	Autogire léger avec hélice propulsive carénée. Autonomie 640 km.
ÉTATS-UNIS AIR AND SPACE 18-A	1	3	10,67	1 moteur Lycoming O-360 de 180 ch	2	820		160	Autogire léger avec hélice propulsive; double commande. Autonomie 480 km.
BELL 47-G	1	2	11,30	1 moteur Lycoming VO-540 de 280 ch	3	1 340	450	170	Hélicoptère tous services construit aussi en Italie (Agusta), en Angleterre (Westland) et au Japon (Kawasaki); rotor anticouple arrière, diamètre 1,80 m. Plusieurs versions avec différents types de moteurs pour utilisation civile et militaire. Autonomie 520 km. Version dérivée 47-J, 4 places, à moteur 260 ch et version Model 206 A (JetRanger) à turbine Allison 250 de 320 ch, vitesse 225 km/h.
Model 204	1	2	14,60	1 turbine Lycoming T-53 de 1 100 ch	10	4 300		220	Hélicoptère toutes missions; double commande, rotor anticouple arrière, diamètre 2,60 m; construit aussi en Italie (Agusta) et au Japon (Fuji). Version militaire (Iroquois) d'appui tactique (mitrailleuses, roquettes, lance-grenade). Version 1 F avec turbine General Electric T-58 de 1 300 ch.
Model 209 Hueycobra	1	2	13,40	1 turbine Lycoming T-53 de 1 100 ch	2			315	Hélicoptère d'appui tactique dérivé du précédent; fuselage redessiné pour accroître la vitesse et diminuer la vulnérabilité (largeur du fuselage 0,91 m). Armement: tourelle à 6 mitrailleuses de 7,62 Emerson Electric TAT-102, roquettes, Rayon d'action 92 km.
BENSEN B-8M Gyrocopter	1	2	6,10	1 moteur McCulloch 431 8E de 72 ch ou 431 8G de 90 ch	1	230		137	Autogire léger pour construction d'amateur; hélice propulsive à 2 pales (diamètre 1,80). Autonomie 160 km. Version hydrocopter avec flotteurs.
B-11 M Kopter-Kart				6 moteurs McCulloch MC 75 de 10 ch	1			130	Autogire multimoteur pour construction d'amateur; moteurs type Karting montés en 2 rangées de trois en arrière du pilote.
B-13				1 moteur hors-bord Mercury 70 ch 2 moteurs West Bend 10 ch					Hélicoptère léger, rotor principal et rotor anticouple animés par groupes-moteurs indépendants.



Nouveau venu dans la famille des hélicoptères commerciaux à turbine, le Bell JetRanger vole en croisière à 225 km/h. Il est équipé d'une turbine Allison de 320 ch et peut transporter cinq passagers sur une distance de plus de 650 km.

Le biturbine Boelkow Bo-105 a effectué son premier vol (ci-dessus) en février de cette année. Le rotor, de type rigide, a été mis au point en collaboration avec Sud-Aviation. Vitesse maximum: près de 250 km/h. Autonomie: 500 km environ.



Construit en série pour l'U.S. Army, le Bell Hueycobra est une version à hautes performances de l'UH-1B Iroquois, spécialement conçue pour la lutte antiguerilla. Le Hueycobra est équipé d'une turbine Allison de 1 400 ch et frôle les 400 km/h en piqué. Le tireur, placé en avant, dispose d'une mitrailleuse multiple de 7,62 mm logée en tourelle.

Le Hughes 369, hélicoptère léger d'observation de l'U.S. Army (L.O.H.) emporte un équipage de deux hommes et quatre passagers à plus de 200 km/h. Des versions commerciales affaires (pour cinq passagers) et cargo (charge utile : près de 800 kg) sont également construites.



En service dans le corps des Marines, le CH-46 A Sea-Knight est la version transport d'assaut du Boeing-Vertol 107. Le Sea-Knight est équipé de deux turbines General-Electric de 1 250 ch et peut transporter jusqu'à vingt-cinq hommes équipés ou quatre tonnes de fret dans un rayon de près de 200 km. Vitesse maximum : 250 km/h.

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre rotors (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids maximum en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse (km/h)	Observations
BOEING Vertol 107	2	3	15,25	2 turbines General Electric CT 58 ou T-58 de 1 250 ch	28	8 600		250	Hélicoptère de transport civil et militaire construit aussi au Japon (Kawasaki); 2 rotors contrarotatifs en tandem; rampe de chargement arrière en version cargo. Autonomie 185 km.
Vertol 114	2	3	18	2 turbines Lycoming T-55 de 2 650 ch		12 800	2 700	240	Modèle dérivé du Vertol 107. Hélicoptère de transport en service dans l'U.S. Army (Chinook); double commande. Peut transporter jusqu'à 44 hommes, des missiles Little John ou Pershing avec les équipements de lancement; rampe de chargement arrière. Rayon d'action 185 km. Version commerciale pour 55 passagers en projet.
BRANTLY B-2B	1	3	7,25	1 moteur Lycoming IVO-360 de 180 ch	2	760		150	Hélicoptère léger; rotor anticouple arrière, diamètre 1,30 m, double commande, autonomie 400 km.
Model 305	1	3	8,75	1 moteur Lycoming IVO-540 de 305 ch	5	1 360		190	Hélicoptère dérivé du précédent; rotor anticouple arrière, diamètre 1,30 m, double commande. Autonomie 320 km.
DEL MAR Whirlmyte	1	3	4,90	1 moteur AiResearch GTP 30 de 85 ch	1	270		95	Hélicoptère léger, rotor anticouple arrière, diamètre 0,90 m. Existe en version cible télécommandée pour l'U.S. Army.
ENSTROM F-28	1	3	9,75	1 moteur Lycoming HIO-360 de 200 ch	3	885		150	Hélicoptère léger; rotor anticouple arrière, diamètre 1,37 m. Autonomie 200 km. Existe en trois versions: affaires, agriculture et entraînement (avec double commande).
FAIRCHILD HILLER UH-12	1	2	10,80	1 moteur Lycoming VO-540 de 305 ch ou TIVO-540 de 315 ch	3/4	1 400		145	Hélicoptère à utilisations multiples; rotor anticouple arrière, diamètre 1,70 m. Autonomie 800 km. Versions civiles et militaires. Versions L avec système de stabilisation automatique du rotor, poids 1 600 kg.
FH-1 100	1	2	10,80	1 turbine Allison 250 de 270 ch	5	1 250		200	Hélicoptère à utilisations multiples, avec système L de stabilisation automatique du rotor; rotor anticouple arrière, diamètre 1,83 m. Existe en version affaires 4 places. Version militaire: mitrailleuses de 7,62 mm, lance-grenades ou armement anti-sous-marin.
HUGUES 300 A	1	3	7,70	1 moteur Lycoming HIO-860 de 180 ch	2/3	760		130	Hélicoptère léger, rotor anticouple arrière, diamètre 1 m. Autonomie 320 km. Existe en version agricole spécialisée et en version militaire biplace d'entraînement.
369	1	4	8	1 turbine Allison T-63 de 215 ch	2/6	1 225		215	Hélicoptère d'observation pour l'U.S. Army (OH-6A); rotor anticouple arrière, diamètre 1,30 m. Autonomie 680 km. Version civile (Model 500) affaires et transport (charge utile 780 kg).
KAMAN Seasprite	1	4	13,40	1 turbine General Electric T-58 de 1 250 ch	13	4 625		250	Hélicoptère tous temps, toutes missions (sauvetage en particulier) pour l'U.S. Navy; rotor anticouple arrière tripale, diamètre 2,50 m; train escamotable. Autonomie 1 100 km. Version bi-turbine à l'étude.

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre rotors (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids maximum en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse (km/h)	Observations
LOCKHEED XH-51 A	1	4	10,67	1 turbine United Aircraft of Canada T-74 de 500 ch	2	1 815		280	Hélicoptère expérimental à rotor rigide; rotor anticouple arrière, diamètre 1,83 m; train escamotable; XH-51 Compound avec turboréacteur auxiliaire Pratt et Whitney J-60 de 1 180 kg et ailes de faible envergure; a atteint 438 km/h.
Model 286					5	2 130		280	Hélicoptère tous services à rotor rigide dérivé du XH-51 A; en prototype.
AAFSS	1	4	15,36	1 turbine General Electric T-64 de 3 440 kg	2	7 700		390	Sigle pour «Advanced Aerial Fire Support System»; hélicoptère tous temps, pour escorte et appui tactique en projet. Rotor principal rigide; à l'arrière rotor anticouple et hélice propulsive; voilure courte. Armement projeté: mitrailleuses, lance-grenades, roquettes, missiles antichars.
PIASECKI Pathfinder	1	3		1 turbine General Electric T-58 de 1 250 ch	8				Hélicoptère expérimental hautes performances; hélice propulsive carénée pour le vol horizontal, assurant le contrôle de couple; aile basse de faible envergure pour sustentation.
SCHRAMM Javelin	1	2	6,50	1 moteur hors-bord Mercury de 100 ch	1	400		137	Hélicoptère léger pour construction d'amateur en prototype; rotor rigide; rotor anticouple arrière, diamètre 1,13 m. Autonomie 2 h 15.
SIKORSKY S-58	1	4	17	1 moteur Wright R-1 820 de 1 525 ch	18/20	6 350		155	Hélicoptère tous services; construit en France par Sud-Aviation. Versions civiles et militaires nombreuses. Rotor anticouple arrière, diamètre 2,90 m; double commande, cabine conditionnée. Autonomie 400/450 km selon version.
S-61	1	5	18,90	2 turbines General Electric T-58 de 1 400 ch ou CT-58 de 1 500 ch		9 300		225	Hélicoptère tous temps amphibie de lutte anti-sous-marine; cabine conditionnée; rotor anticouple arrière, diamètre 3,15 m; construit aussi au Japon (Mitsubishi) et en Grande-Bretagne (Westland). Version de transport militaire S-61 R avec rampe de chargement arrière. Version commerciale amphibie et non amphibie pour 26 passagers.
S-62	1	3	16,6	1 turbine General Electric CT-58 ou T-58 de 1 250 ch	12	3 675		158	Hélicoptère amphibie construit aussi au Japon (Mitsubishi); rotor anticouple arrière, diamètre 2,70 m; versions civiles et militaires. Autonomie 760 km.
S-64	1	6	22	2 turbines Pratt et Whitney JFTD-12 A de 4 050 ch		19 000	8 780	175	Hélicoptère lourd du type «grue volante»; rotor anticouple arrière, diamètre 4,90 m; autonomie 450 km.
S-65 A	1	6	22	2 turbines General Electric T-64 de 2 850 ch	38	15 875	3 600	275	Transport d'assaut dérivé du précédent; autonomie 400 km. Version commerciale à fuselage pressurisé pour 67 passagers à l'étude.



Hélicoptère lourd d'assaut, le Sea Stallion CH-53 A de Sikorsky peut transporter une quarantaine d'hommes équipés. Une version civile en projet emportera 67 passagers.



Le Lockheed 286 à rotor rigide (2 130 kg, cinq places, près de 300 km/h) pourrait donner lieu à diverses applications commerciales et militaires.



Le triturbine Agusta A-101 G est le plus lourd des modèles proposés par la firme italienne. Il se prête à une grande variété d'applications aussi bien civiles que militaires.



L'hélicoptère amphibie Sikorsky S-62 a été construit en quatre versions dont la plus récente (ci-dessus) est destinée spécialement au sauvetage en mer.

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre rotors (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids maximum en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse (km/h)	Observations
GRANDE-BRETAGNE WALLIS WA-116	1	2	6,20	1 moteur McCulloch 4 318 A de 72 ch	1	550		185	Autogire ultra-léger, hélice propulsive bipale, diamètre 1,17 m. Autonomie 145 km. Version développée WA-117 à moteur Rolls-Royce/Continental de 100 ch.
WA-118	1	2		1 moteur Meteor Alfa I de 120 ch	1			320	Autogire expérimental à rotor rigide; hélice propulsive bipale.
GADFLY ES-102	1	2	10,40	1 moteur Rolls-Royce/Continental 10-346-A de 165 ch	2	680	195	200	Autogire léger tous services en prototype, hélice propulsive bipale. Autonomie 740 km.
WESTLAND Whirlwind série III	1	3	16	1 turbine Bristol-Siddeley Gnome H-1 000 de 1 050 ch	10	3 630		170	Hélicoptère civil et militaire dérivé du Sikorsky S-55; rotor anticouple arrière, diamètre 2,75 m; double commande. Autonomie 830 km. Version appui tactique emportant 4 missiles SS-11.
Wessex	1	4	17	2 turbines Bristol-Siddeley Gnome de 1 350 ch	16	6 120	1 120	200	Versión à turbine du Sikorsky S-58; rotor anticouple arrière à 4 pales, diamètre 2,90 m. Autonomie 770 km. Version civile pour 10 passagers, versions militaires diverses: transport, transport d'assaut, lutte anti-sous-marine, etc.
Scout	1	4	9,80	1 turbine Bristol-Siddeley Nimbus de 685 ch	5	2 400	680	200	Hélicoptère civil et militaire tous services; rotor anticouple arrière, diamètre 2,30 m. Autonomie 500 km. Version Wasp pour la Royal Navy, avec turbine Bristol-Siddeley Nimbus de 710 ch (éventuellement armé pour lutte anti-sous-marine).
WG-16	1			2 unités (type non défini)	15/20	5 000			Hélicoptère toutes missions militaires; sera développé en collaboration avec la France.
ITALIE AGUSTA A-101 G	1	6	19,80	3 turbines Bristol-Siddeley Gnome ou General Electric T-58 de 1 400 ch	35	12 900	5 000	200	Hélicoptère civil et militaire, missions diverses; rotor anticouple arrière, diamètre 4 m; rampe de chargement arrière. Autonomie 425 km.

Le S A-330 de Sud Aviation (voir page 34) fait l'objet d'une importante commande pour la France et la Grande-Bretagne. Propulsé par deux turbines Turboméca Turmo III de 1 300 ch, cet hélicoptère d'assaut transportera 18 hommes équipés sur 300 km.



Deux représentants de l'industrie soviétique : le transport Mil Mi-8, deux turbines Isotov de 1 500 ch, 200 km/h; la grue volante Mi-10, actuellement le plus lourd hélicoptère volant dans le monde (poids à vide 27, en charge 43,5 tonnes).

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre rotors (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids maximum en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse (km/h)	Observations
A-106	1	2	9,50	1 turbine Turboméca/Agusta de 250 ch	1	1 360		185	Hélicoptère léger pour lutte anti-sous-marine; rotor anticouple arrière. Autonomie 560 km.
A-109	1	4	11	1 turbine Turboméca Astazou XII	8	2 400		240	Hélicoptère moyen, missions diverses; rotor anticouple arrière, diamètre 2 m, train escamotable. Autonomie 500 km.
204-B	1	2	14,60	1 turbine Lycoming T-53 de 1 100 ch		4 300		200	Hélicoptère moyen civil et militaire dérivé du Bell U4-1B Iroquois. Autonomie 600 km. Version 205 pour 15 passagers, avec variante biturbine (2 Turboméca Astazou XII de 640 ch).
MANZOLINI Libellula III	2	2	10	1 moteur Omnipol M-332 de 140 ch ou Rolls-Royce/Continental O-300 de 145 ch	2	850		150	Hélicoptère léger; deux rotors coaxiaux contrarotatifs, autonomie 300 km.
SIAI-MARCHETTI SH-4	1	2	9	1 moteur Franklin de 235 ch	3	850		150	Hélicoptère léger; rotor anticouple arrière, diamètre 1,50 m. Autonomie 300 km.
JAPON KAWASAKI KH-4	1	2	11,30	1 moteur Lycoming TVO-435 de 270 ch	4	1 300		140	Hélicoptère léger dérivé du Bell 47 G; rotor anticouple arrière, diamètre 1,78 m. Autonomie 400 km.
POLOGNE SWIDNIK SM-1 W	1	3	14,35	1 moteur Ivchenko AI 26 V de 575 ch	4	2 460		170	Hélicoptère tous services; rotor anticouple arrière à 3 pales, diamètre 2,50 m. Autonomie 600 km. Version SM-2, 5 places.
SM-4	1	3	10	1 moteur Narkiewicz WN-65 de 180 ch	3	1 000		115	Hélicoptère tous services; rotor anticouple arrière diamètre 1,50; autonomie 300 km.
U.R.S.S. KAMOV KA-20	2	3	10	2 turbines		5 000		240	Hélicoptère de lutte anti-sous-marine; 2 rotors coaxiaux contrarotatifs.
KA-26	2	3	13	2 moteurs M-14-V de 325 ch	7	3 000		135	Hélicoptère léger missions diverses; 2 rotors coaxiaux contrarotatifs. Autonomie 400 km.
MIL MI-2	1	3	14,50	2 turbines GTD-350 de 400 ch	8	3 500		210	Hélicoptère missions diverses construit aussi en Pologne; rotor anticouple arrière. Autonomie 670 km.
MI-4	1	4	21	1 moteur ASh-82 V de 1 700 ch	16	7 800		160	Hélicoptère civil et militaire; rotor anticouple arrière, diamètre 3,6 m. Autonomie 400 km.
MI-6	1	5	35	2 turbines Soloviev D-25 V de 5 500 ch	65	42 500		250	Hélicoptère lourd, rotor anticouple arrière à 4 pales, diamètre 6,30 m; 2 ailes hautes de courte envergure pour sustentation en vol horizontal. Autonomie 1 450 km. En dérivent les types Mi-10 et 10 K « grue volante ».
MI-8	1	5	21,30	2 turbines Isotov TB-2-117 de 1 500 ch	28				Hélicoptère biturbine, dérivé du Mi-4; rotor anticouple arrière, diamètre 3,80 m; Versions passagers et cargo.



PHOTO A.P.N.

avions de combat

Quel type d'avion militaire faut-il construire ? Aussi bien pour les armées de l'Air, équipées d'un matériel dont les programmes et souvent même les séries remontent à une dizaine d'années, que pour les constructeurs, qui attendent avec impatience la définition et le relèvement de leurs « plans de charge », la question est d'importance essentielle.

Tout ce que l'on sait, c'est que le matériel choisi sera lourd et coûteux. L'ère de l'intercepteur d'une dizaine de tonnes au décollage est dépassée. Se mettant d'accord, en janvier dernier, sur le principe de l'étude en commun d'un avion « léger » à géométrie variable, M. Messmer, ministre français des Armées, et M. Healey, ministre britannique de la Défense, en fixaient le poids entre 16 et 18 tonnes. Le communiqué établi à l'issue de la rencontre évaluait à 23 millions de francs le prix de l'appareil, non compris le coût de la recherche et du développement. Mais M. Messmer, rendu prudent par l'évolution des estimations de Concorde, comme par les difficultés que rencontrèrent ses collègues suisses et allemands lors de la construction de série des Mirage-III et des Starfighter, a exprimé dès maintenant « des doutes sur la capacité des industriels à accepter ce prix ». Ses estimations budgétaires sont d'ores et déjà de 40 millions de francs. C'est sensiblement le prix des dernières versions d'un Boeing 707 ou d'un Douglas DC-8, 7 ou 8 millions de dollars pour un poids presque décuple.

L'intercepteur comme "chasseur-bombardier"

Le triomphe de l'intercepteur, qualifié alors de chasseur dans les deux missions d'interception et d'accompagnement qu'on lui destinait, a été l'une des leçons les moins discutées de la Seconde Guerre mondiale et de la guerre de Corée.

Dès 1935, les plus enthousiastes protagonistes de l'intercepteur comme avion universel affirmaient sa capacité d'intervention dans toutes les missions, qualifiées au-

jourd'hui de « tactiques », contre l'armée de terre, en remplacement de l'avion spécialisé alors construit sous le nom « d'avion d'assaut ». Equipé de bombes s'ajoutant à son armement pour combat aérien, il détruirait aussi bien le char que le combattant dépourvu de blindage. Les mêmes défenseurs du chasseur étendaient à la guerre navale les perspectives ouvertes à ses missions tactiques. Pourquoi plus de deux cents attaques d'avions n'avaient-elles pu venir à bout du croiseur de bataille Goeben échoué aux Dardanelles ? C'est qu'on avait envoyé contre lui des bombardiers exécutant leurs lancements à quelques milliers de mètres. Qu'on y substituât l'attaque d'un chasseur en piqué et qu'on remplaçât au besoin, contre les cuirasses de pont les plus épaisses, la bombe ordinaire par une bombe-fusée, et les mieux protégés des navires de ligne disparaîtraient sous les coups de l'avion. Enfin, les missions « stratégiques » de destruction des centres démographiques et industriels lui convenaient tout aussi bien que les missions tactiques.

L'expérience de 1939-45 confirma les plus audacieuses de ces prédictions. Le premier, le maréchal Goering, vers la fin de la bataille d'Angleterre, décida d'équiper de bombes les chasseurs Messerschmitt Me-109. « Si ces acrobates, disait-il en parlant de leurs pilotes, ne peuvent pas protéger mes bombardiers, qu'ils portent les bombes eux-mêmes. » La campagne des Balkans, puis celle de Russie, vinrent malheureusement obliger à retirer les Me-109 du front occidental. En Libye, dès le printemps 1941, les Hurricane britanniques, transformés en « Hurricane bomber », repoussaient de leurs bombes et de leurs canons les divisions blindées italiennes. Sur le front de Normandie, en 1944, les chasseurs américains et britanniques détruisaient en semi-piqué un char à 1 500 m avec une de ces bombes-fusées qu'on affirmait, en 1936, beaucoup trop imprécises pour toucher un navire.

Avec l'entrée en ligne, de part et d'autre, de chasseurs à réaction, la guerre de

Corée accentua encore la supériorité du chasseur sur tout autre type de matériel aérien. Dès l'été 1950, les Lockheed Shooting-Star basés au Japon arrêtaient les chars nord-coréens lancés vers le réduit de Fusan. A leur tour, bien que très inférieurs aux chasseurs d'accompagnement américains, les Mig-15 soviétiques obligeaient, en avril 1951, les Superforteresses à renoncer à leurs incursions profondes en Corée du Nord et à se cantonner dans le bombardement tactique des troupes en ligne. A la fin des hostilités, le meilleur des chasseurs américains, le North American Sabre, équipé de bombes, manifestait nettement sa supériorité sur le Thunderjet. Le meilleur des chasseurs se révélait le meilleur chasseur-bombardier.

Au lendemain de la guerre de Corée, les Lockheed F-104 Starfighter, qui volèrent dès 1954, et les Dassault Mirage-III français, qui volèrent en 1956, marquaient l'entrée de l'intercepteur dans le domaine des vitesses de Mach 2,2 à 2,5. Simultanément, les poids au décollage dépassaient 11 500 kg sur le Mirage-III et 13 000 kg sur le Starfighter. Ces avions sont toujours construits en série et font même l'objet de nouvelles commandes en 1967. Aux F-104 G livrés par le consortium européen qui fournit en intercepteurs les armées de l'Air allemande, belge, italienne et néerlandaise, l'Italie vient d'ajouter une nouvelle commande de 165 F-104 S, qu'elle commence à construire en 1967.

Doit-on s'en tenir, pour l'intercepteur, à Mach 2,5 ou faut-il orienter la construction vers des vitesses supérieures avec toutes les exigences qu'implique cet accroissement, notamment le remplacement des alliages à base d'aluminium par des alliages à base de titane ? Dès 1959, l'U.S. Air Force se prononçait pour cette dernière solution. En février 1964, le président Johnson dévoilait la sortie d'un Lockheed A-11 de cette formule, construit et expérimenté dans le plus grand secret, qui a dépassé depuis les 3 330 km/h (Mach 3,1) à 24 400 m d'altitude. Trois versions du A-11 sont prévues, le YF-12 A, intercepteur expérimental, le SR-71 A, avion de reconnaissance stratégique dont la construction de série a commencé en janvier 1966, et le SR-71 B, biplace d'entraînement. Cependant, l'U.S. Air Force n'a pas pu obtenir la construction de série de l'intercepteur. Aucune autre aviation ne s'est d'ailleurs engagée dans cette voie.

Décadence de l'intercepteur pur

La décadence de l'intercepteur pur a commencé voici une quinzaine d'années, avec la mise en service des premiers missiles sol-air,

le Nike-Ajax de la Western Electric, opérationnel depuis décembre 1953. Au Nike-Ajax de Mach 2,25 portant à 40 km succéda le Nike-Hercules du même constructeur, entré en service en 1958, atteignant Mach 3,65 et portant à 130 km. Pour compléter cet ensemble auquel risquaient d'échapper les avions volant à très basse altitude, on y ajouta en 1959 le Raytheon Hawk, porteur d'une détection radar qui distingue un avion d'un réflecteur fixe tel qu'un rideau d'arbres ou une colline. La charge de la défense contre avions passait à l'U.S. Army. Il était inévitable que la nécessité de l'intercepteur pur fût remise en question.

En quelques années, les missiles sol-air (S.A.M., *Surface-air missile*) se généralisèrent en tous pays, soit par l'établissement de matériaux nationaux, soit par achat ou construction sous licence de matériels américains. C'est ainsi que le Hawk est actuellement produit en Europe par la SETEL (Société Européenne de Téléguidage), où participent des constructeurs allemands, belges, français, italiens et néerlandais. Avec ses Guideline, Guild, Goa et Ganet, présentés de 1957 à 1964 aux défilés militaires sur la Place Rouge et désignés sous ces noms de code par l'OTAN, l'URSS s'est alignée sur le choix occidental.



Équipé d'un réacteur SNECMA Atar 9 C à postcombustion de 6 400 kg, plus une fusée auxiliaire à poudre, le Mirage III E vole à plus de Mach 2 ; il peut emporter un armement très varié : canons, missiles air-air ou air-sol, roquettes ou bombes de 450 kg.

Cent soixante-cinq F-104 S (ci-dessous) ont été commandés par l'Armée de l'air italienne et seront construits sous la maîtrise d'œuvre de Fiat. Cette version est dotée d'un General Electric J-79 de 8 120 kg de poussée avec postcombustion. Elle atteint Mach 2,4.





Dérivé du T-38 d'entraînement, le chasseur léger Northrop F-5 (2 turboréacteurs General Electric J-85 de 1 230 kg; Mach 1,5) se prête à une grande va-

riété de missions de guerre (appui tactique, reconnaissance aérienne, etc.); ci-dessus, des F-5 de l'U.S. Air Force sont ravitaillés en vol par un KC-135.

Pour la première fois, les opérations aériennes conduites au Nord-Vietnam permettent de se prononcer sur la valeur respective de l'intercepteur et de son substitut, le missile sol-air. L'expérience a déçu, aussi bien pour l'un que pour l'autre.

Le plus récent des intercepteurs de l'URSS, le Mig-21 qui ne doit guère dépasser Mach 2,2 dans sa version opérationnelle, a été livré au Nord-Vietnam comme aux quatorze armées de l'Air qui sont équipées de matériel soviétique. Engagé dans le combat au canon ou au missile air-air contre les chasseurs-bombardiers de l'U.S. Air Force ou de l'U.S. Navy, il n'a pas fait preuve de la supériorité qu'on pourrait attribuer à l'intercepteur spécialisé, léger et manœuvrant, sur un adversaire de même vitesse quatre à cinq fois plus lourd que lui.

L'intervention du Guideline soviétique, généralement baptisé SAM-2, n'a guère remporté plus de succès. Malgré le nombre extrêmement élevé des missiles qu'ont détectés les reconnaissances photographiques dans le secteur Hanoi-Haiphong, les pertes attribuées à leur emploi restent faibles.

Finalement, les pertes américaines, soit quelque 500 chasseurs-bombardiers au début de 1967, sont rapportées principalement à l'emploi de la D.C.A. traditionnelle, mitrailleuses lourdes, canons légers, et même à l'utilisation des armes portatives dont le feu est dirigé contre les avions en vol rasant. Mais il faut rapporter ces pertes à des incursions journalières où l'on engageait, fin 1966, quelque 150 appareils. Elles ne semblent pas dépasser 1 %.

Les progrès de la technique peuvent-ils améliorer la position de l'intercepteur ? Il est encore difficile de se prononcer sur les deux types qui font l'objet actuellement de réalisations et d'études, la géométrie variable et le décollage vertical.

L'avion à géométrie variable, c'est-à-dire l'avion qui peut replier en vol à grande vitesse ses ailes déployées pour le décollage et

l'atterrissage, a remporté jusqu'ici deux succès importants : la commande, en novembre 1962, à General Dynamics, du F-111, un chasseur-bombardier de Mach 2,5 et d'un peu plus de 30 000 kg dans ses deux versions terrestre et navale ; le choix du Boeing 2 707, après plus de trois années d'études, comme avion de transport supersonique américain de Mach 2,7 et quelque 300 000 kg. L'accord de principe franco-britannique de janvier dernier pour la production d'un avion léger de combat de même formule montre que son intérêt est reconnu.

Malgré les accidents qui ont endeuillé ses débuts, le principe du décollage et de l'atterrissage vertical, lorsqu'on disposera de réacteurs de sustentation dont le rapport poussée-poids atteindra 20, comme l'espèrent Rolls-Royce et Allison de leur étude commune, pourrait donner des résultats du même ordre. Là encore, on pourrait limiter la voilure à un delta de surface réduite à très grande flèche, convenant aux vitesses de Mach 2,7 à 3, peut-être même mieux que l'avion à géométrie variable. On paierait sans doute cette adaptation aux grandes vitesses du poids consacré aux réacteurs de sustentation, mais il est possible qu'avec des rapports poussée-poids de 20 le supplément ne l'emporte guère sur le poids assez élevé réclamé par le pivot de l'aile à géométrie variable.

L'expérience se prononcera sur les avantages respectifs des deux formules.

Le triomphe de la polyvalence

Le premier chasseur-bombardier, le Messerschmitt Me-109 que Goering fit intervenir en 1941 dans la bataille d'Angleterre, dérivait simplement du meilleur des chasseurs que l'on pût trouver par addition de bombes sous la voilure. Après leur lancement, il redevenait chasseur et pouvait combattre à égalité les adversaires qui tentaient de l'intercepter. Douze ans plus tard, vers la fin de la guerre de Corée, la même méthode s'appliquait pour transformer le meilleur des chasseurs à réaction, le North American Sabre, en un chasseur-bombardier.

Au poids près, de 2 000 à 3 000 kg sur les chasseurs de la Seconde Guerre mondiale pour atteindre les 10 000 à 20 000 kg des intercepteurs aujourd'hui en service ou en essais, et à la vitesse près, qui est passée des valeurs subsoniques aux Mach 2,2 à 2,5 des intercepteurs de 1967, le principe de la polyvalence a été conservé. Parmi la vingtaine de versions du Dassault Mirage-III construites depuis son premier vol de novembre 1956, plusieurs, aussi bien destinées à la France qu'à l'Afrique du Sud, l'Australie ou la Suisse, sont équipées pour le lance-



PHOTO A.P.N.

Baptisé « Fishbed » par les experts de l'OTAN, le monoplace de combat Mig 21 équipe les unités de l'Armée de

l'air soviétique et de nombreux autres pays. On connaît aussi une version biplace pour l'entraînement.

ment des bombes en missions tactiques. Le même développement a été donné à la vingtaine de versions du Lockheed F-104, aussi bien pour l'U.S. Air Force que pour les nombreux acheteurs étrangers. Il ne semble pas que ce principe ait été admis sur les Mig-15, 17, 19 et 21 soviétiques, de poids d'ailleurs très inférieur aux intercepteurs occidentaux. Leur armement, canons ou missiles, est destiné avant tout au combat aérien.

En même temps qu'apparaissent ces adaptations de l'intercepteur aux missions de bombardement, on s'orientait vers des chasseurs-bombardiers spécialement construits en vue du transport d'un important tonnage de bombes, et retrouvant après leur lancement d'excellentes qualités pour le combat aérien contre les intercepteurs.

Le programme du plus ancien, le Republic F-105 Thunderchief, remonte à 1951. Au poids de 24 500 kg, capable d'emporter deux bombes de 3 000 livres sous sa voilure, on lui confie encore, en 1967, de nombreuses missions de bombardement au Nord-Vietnam au cours desquelles il se défend parfaitement contre les Mig-21. Le McDonnell F-4 Phantom II, commandé dès 1954 par l'U.S. Navy pour son aviation embarquée et construit depuis à deux mille exemplaires, dans sa dizaine de versions, aussi bien pour l'U.S. Navy que pour l'U.S. Air Force, répond à la même formule. Au poids de 24 700 kg, cet avion, qui a atteint Mach

2,6 aux essais, peut emporter jusqu'à 7 250 kg de bombes à explosif chimique ou nucléaire.

En France, la même formule a été retenue pour le Dassault Mirage-IV, qui vole depuis 1959. Au poids de 31 600 kg, cet avion est construit en série depuis 1964 comme porteur de bombes atomiques.

Le plus récent développement de cette formule est le F-111 commandé en novembre 1962 à General Dynamics en deux versions destinées, le F-111 A à l'U.S. Air Force, le F-111 B à l'aviation embarquée de l'U.S. Navy. A l'origine, cet appareil ne devait pas dépasser 31 750 kg dans la première version, 31 000 kg dans la seconde. On en exigeait en outre des performances qu'on ne pouvait attribuer à l'époque qu'à la géométrie variable : vitesse de Mach 2,5, décollage et atterrissage sur moins de 900 m,

Intercepteur prototype de Mach 3, le Lockheed YF-12 A est l'une des versions du A-11, dont l'étude remonte à 1959. Les trois versions (combat, reconnaissance, entraîne-

ment) sont construites à peu près entièrement en titane. Le groupe propulseur est constitué de deux Pratt et Whitney à post-combustion de plus de 15 000 kg de poussée.

distance franchissable de 6 800 km. Commencés en décembre 1964, les essais ont demandé une certaine mise au point. Mais le résultat a été jugé suffisamment satisfaisant pour que M. McNamara, secrétaire à la Défense, ait décidé en décembre 1965, malgré les réticences de l'U.S. Air Force, d'en commander une troisième version, le FB-111 : ce serait un bombardier stratégique pouvant remplacer les Stratofortresses que l'on retirerait du service à partir de 1970. Sans doute, pour emporter les cinquante bombes de 750 livres à explosif chimique qui seront son armement conventionnel, ou les engins à cône de charge nucléaire qu'on pourra y substituer, faudra-t-il dépasser largement les 31 750 kg prévus à l'origine. Mais la marge n'en restera pas moins grande entre le FB-111 et les 744 B-52 Stratofortresses, de 221 000 kg sur les plus récentes versions que Boeing a livrées.

Le bombardier lourd : un avenir discuté

Pouvait-on abandonner en 1945 le bombardier lourd qui, de Cologne à Dresde, venait de détruire les villes allemandes, puis de porter les bombes atomiques d'Hiroshima





et de Nagasaki après avoir infligé, à la bombe incendiaire, des pertes très supérieures encore à Tokyo ?

La question était discutée. « Les raids aériens sur les centres industriels et contre les populations civiles, écrivait six mois après l'armistice le général J.F.C. Fuller, ont été le plus grand échec de cette guerre ». Le célèbre critique militaire britannique ne voulait voir dans le bombardement stratégique que le pire des retours à la barbarie, la destruction qui n'a même pas l'excuse de l'efficacité. Reprenant l'examen de cette même question en 1949, les dirigeants soviétiques aboutissaient à la même conclusion. Selon eux, le seul emploi vraiment militaire de l'avion résidait dans les missions tactiques, celles qui avaient ramené la *Wehrmacht* de Stalingrad à Berlin. Le bombardement dit stratégique n'était qu'un règlement de comptes entre capitalistes désireux d'éliminer, à l'occasion des hostilités, des concurrents dangereux.

L'attitude à l'égard du bombardement stratégique et de son matériel de prédilection, le bombardier lourd, a évolué très différemment suivant les pays.

Monoplace polyvalent de plus de Mach 2, le Saab 37 Viggen a effectué son premier vol (ci-dessus) en février dernier. La for-

mule aérodynamique du type « canard » (stabilisateur en avant de la voiture principale) procure des possibilités de décollage court.

La France avait été la première à appliquer les idées du général Douhet sur la maîtrise incontestée de ce qu'il appelait le « croiseur aérien ». Elle avait entamé dès 1935 un vaste programme de construction de « multiplaces de combat ». Elle a complètement renoncé depuis 1945 au bombardier lourd.

La Grande-Bretagne avait développé obstinément, malgré les pertes en avions et en équipages, ses quadrimoteurs lancés contre les villes et l'industrie allemandes. Elle achevait à l'armistice un Avro Lincoln de 37 000 kg et ne pouvait abandonner le bombardier lourd. Elle lança donc un programme de quadriréacteurs, les bombardiers type V, l'Avro Vulcan, le Handley-Page Victor et le Vickers Valiant, qui entreprirent leurs essais à partir de 1951 et sont toujours en service.

Les Etats-Unis avaient adopté dès 1936 avec les B-17, les « Forteresses Volantes », une formule assez voisine des quadrimoteurs britanniques. En janvier 1940, ils y ajoutaient un programme de Boeing B-29, les « Superforteresses », qui, de leur premier vol en septembre 1942 à l'arrêt de leur production en mai 1946, furent livrées à 4 229 exemplaires et dépassaient les 60 000 kg sur les dernières de leurs quelque vingt versions. Le bombardier lourd ne remporta jamais de succès plus remarquables que les Superforteresses dans le Pacifique : grâce à la supériorité américaine en moteurs, elles dépassaient en plafond et en vitesse les chasseurs japonais qu'on leur opposait.

Avec l'hexamoteur Convair B-36 de 126 000 kg, qui vola pour la première fois en août 1946, les Superforteresses étaient reléguées au rang de « bombardier moyen ». En même temps, les Etats-Unis se lançaient dans la voie de l'hexaréacteur avec le Boeing B-47 Stratojet de 91 000 kg, atteignant les mêmes 960 km/h que les chasseurs de l'époque, qui vola pour la première fois en 1947. Le bombardier lourd octoréacteur suivait, avec les Boeing B-52 Strato-forteresses qui volèrent pour la première fois en août 1954, atteignirent les 221 000 kg sur la version B-52 H, et furent construites à 744 exemplaires jusqu'en juin 1962. Le B-52 reste le matériel de base du *Strategic Air Command*, aussi bien pour la livraison des plus lourdes bombes nucléaires que pour celle des bombes à explosif chimique qu'il déverse en 1967 sur le Sud-Vietnam.

Au milieu de cette ascension, la guerre de Corée portait les premiers coups à la confiance dans la bombardier moyen ou lourd.

« Le *Strategic Air Command*, venait de déclarer M. Thomas Finletter, secrétaire à l'Air, est l'âme de notre défense, le plus efficace des instruments dont nous disposons pour détourner l'adversaire de ses entreprises belliqueuses... La flotte de nos bombardiers moyens, celle des Superforteresses et des Stratojets qui vont les remplacer, est l'ossature de nos expéditions stratégiques. » Malheureusement, « la plus grande bataille de l'histoire entre avions à réaction », celle du 12 avril 1951, selon les termes du communiqué américain qui la rapportait, infirmait ce jugement. Entre les 115 chasseurs d'accompagnement, Sabres et Thunderjets, qui escortaient les 32 Superforteresses parties bombarder des objectifs dans la vallée du Yalu et les 80 Migs soviétiques qui les interceptèrent, la lutte tourna au profit des premiers : 8 Migs furent détruits, 18 endommagés, sans aucune perte pour les chasseurs américains. Mais deux Superforteresses avaient été abattues et le porte-parole de l'*U.S. Air Force* révéla que trois autres avaient subi le même sort les jours précédents. Il fallut leur retirer les missions de bombardement stratégique et les confiner dans les missions tactiques au voisinage immédiat du front, où elles ne risquaient point de rencontrer un intercepteur.

Sans doute la prétention d'opposer un quadrimoteur, même doté d'un ample accompagnement de chasseurs à réaction, à des intercepteurs à réaction capables de franchir cette protection, était au moins risquée. Mais la leçon fut étendue aux Stratojets qui sortaient en série à la même époque. Aucun ne fut envoyé en Corée pour se mesurer aux Migs. Et, aujourd'hui encore, l'*U.S. Air Force* ré-



Construit à plus de 600 exemplaires depuis 1959, le F-105 D est la version « tous-temps » du Thunderchief, vétéran des chasseurs bombardiers de Mach 2. Le F-105 D peut emporter plusieurs tonnes de bombes conventionnelles ou nucléaires, des missiles de type divers, roquettes, etc. Il peut franchir plus de 3 300 km avec charge de carburant maximale.

serve les Stratofortereuses au bombardement du « triangle de fer » et d'autres bases vietcongs du Sud-Vietnam, l'extrême limite de leur action étant la zone dite « démilitarisée » au voisinage du 17^e parallèle. On se garde bien de leur confier le bombardement du Nord-Vietnam et d'offrir à un Mig-21 ou à un SAM-2 l'occasion de descendre un monstre de 221 000 kg.

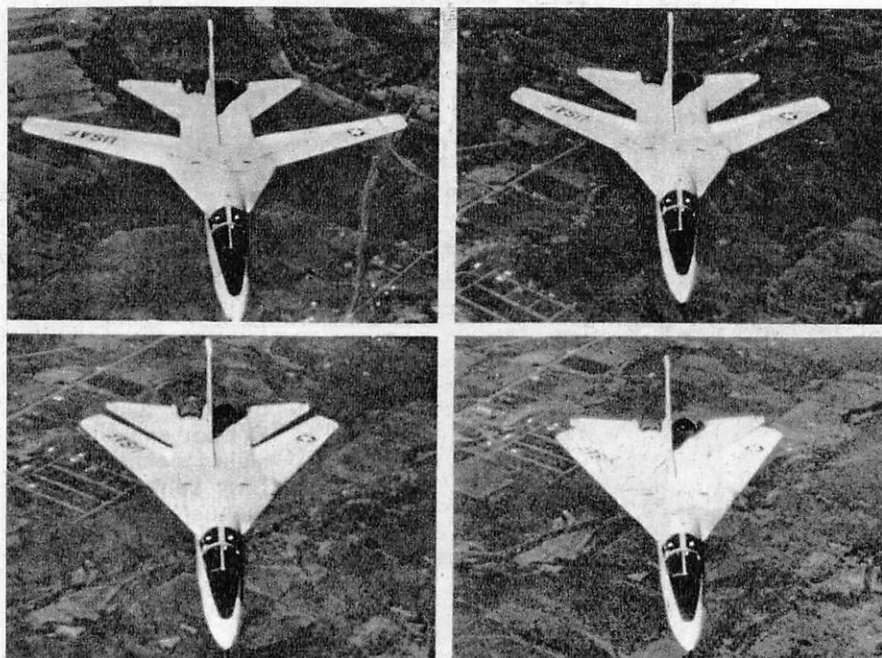
Si l'on en juge par les présentations de l'aviation soviétique, il ne semble pas que l'URSS ait accordé depuis 1945 au bombardier lourd beaucoup plus d'intérêt qu'au cours de la Seconde Guerre mondiale. Le Tupolev Tu-20, un quadriturbopropulseur de 154 000 kg est apparu en trois versions différentes, à la présentation de Tushino en juillet 1955, puis porteur d'un missile air-sol en 1961, et finalement en 1964 au voisinage d'une manœuvre navale de l'OTAN. Il est plus connu dans sa version commerciale, le Tu-114. Aucun multiréacteur lourd soviétique de bombardement n'a encore été décelé.

Peut-on, après trente ans d'efforts où l'aviation américaine a tenu une première place indiscutée, laisser disparaître les Stratofortereuses à partir de 1970 faute de leur avoir préparé un successeur ? Telle est probablement l'idée de M. McNamara, commandant une version stratégique du F-111 pour un « intérim » de durée non précisée. L'U.S. Air Force n'accepte pas mieux cette éventualité que l'U.S. Navy s'empressant de reconstruire une flotte de navires de ligne au lendemain de Pearl Harbor, triomphe du porte-avions. Elle multiplie donc depuis plu-

sieurs années les projets d'un AMSA (*Advanced Manned Strategic Aircraft*, avion piloté stratégique avancé) pour lequel elle tente sans grand succès d'obtenir des crédits.

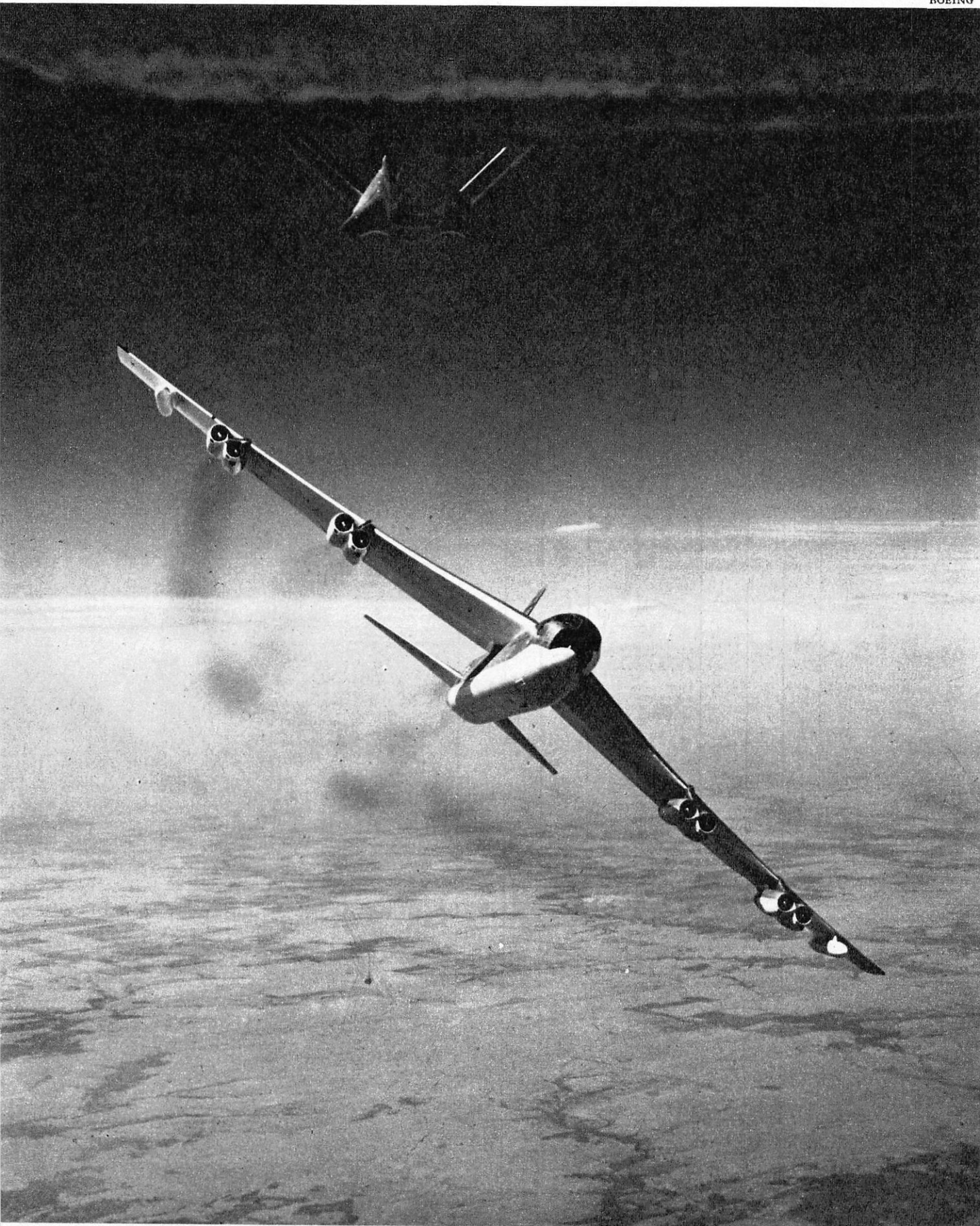
Au lendemain du choix d'un Boeing 2707 de transport supersonique à géométrie variable, succédant lui-même à un avion tactique General Dynamics F-111 de même formule, l'US Air Force a modifié dans le même sens ses projets d'AMSA. Le poids au décollage ne dépasserait pas 160 000 kg, valeur intermédiaire entre les quelque 50 000 kg qu'on attribue au FB-111 et les 305 000 kg du Boeing 2707. Les études préliminaires sont confiées à Boeing, General Dynamics et North American, qui les conduisent dans différentes voies depuis 1963. Comme pour le F-111, et à l'inverse du Boeing 2707, deux positions et non trois sont prévues pour la voilure. La croisière du 2707 se fait en effet à vitesse de Mach 2,7 et comporte le repliement complet de l'aile, une position intermédiaire étant prévue pour l'attente à vitesse subsonique au voisinage des aéroports. Sur l'AMSA, la croisière se ferait à vitesse subsonique ; une grande importance serait attachée au rayon d'action en vol rasant, à une vitesse supersonique mais limitée à Mach 1,3. L'AMSA pourrait être équipé aussi bien de bombes conventionnelles que d'un SRAM (*Short Range Attack Missile*, missile pour attaque à courte portée) à cône de charge nucléaire, qui lui permettrait de ne pas avoir à affronter avec ses 160 000 kg les défenses massées autour de l'objectif.

André FOURNIER



◀ **Géométrie variable :** un F-111 fait ici une démonstration de ses possibilités ; la voilure varie d'une flèche minimale de 16° (atterrissage, décollage) à une flèche de plus de 72° en vol supersonique.

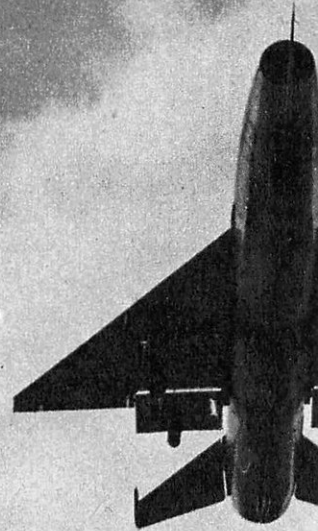
▶ **Fer de lance du Strategic Air Command** depuis de nombreuses années, et d'ailleurs utilisé sur une large échelle au Vietnam, l'octoréacteur Boeing B-52 voit-il approcher la fin de sa carrière ? Ci-contre, un B-52 ravitaillé en vol s'écarte de l'avion citerne.



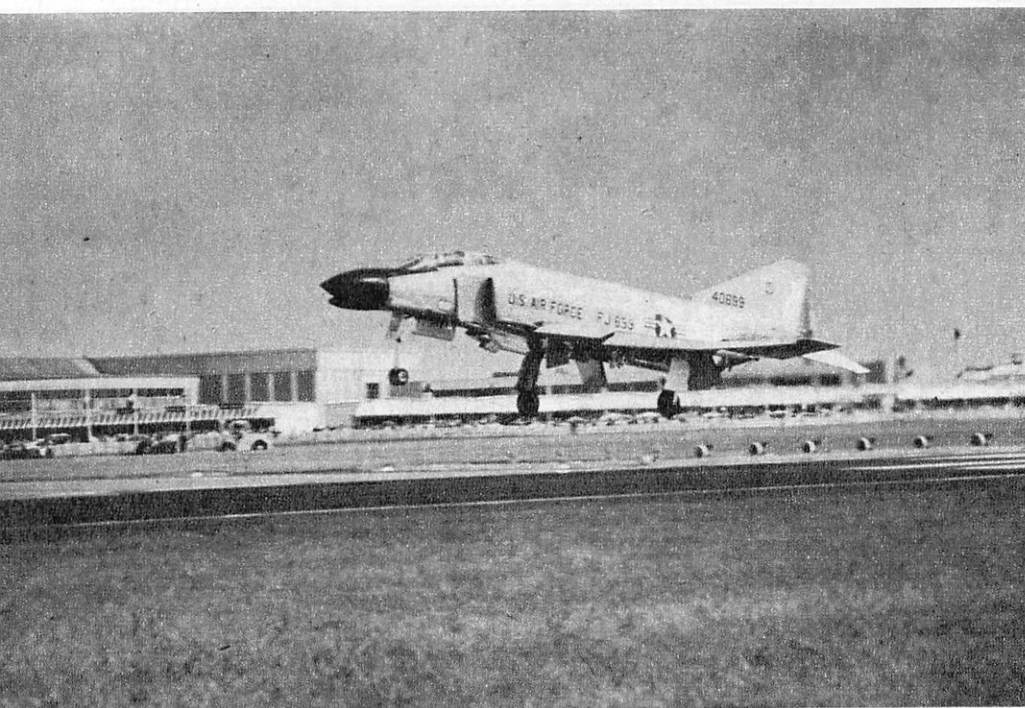
Un intercepteur Mig 21 de l'Armée de l'air soviétique quelques secondes après le décollage. Cet appareil atteindrait Mach 2,2.

AVIONS DE COMBAT *(voir pour la France p. 34)*

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max.	Équipage	Autonomie (km)	Observations
ALLEMAGNE FÉDÉRALE ENTWICKLUNG-RING-SUD VJ-101 C	6,60	15,70		6 turboréacteurs Rolls-Royce, MAN RB-145				Monoplace expérimental à décollage vertical; 4 des réacteurs dans des nacelles pivotantes en bout d'aile.
VEREINIGTE FLUGTECHNISCHE WERKE VAK-191 B				1 turboréacteur Rolls-Royce/MAN à tuyères orientables 2 turboréacteurs de sustentation Rolls-Royce/MAN RB-162 de 2 500 kg				Appareil tactique à décollage vertical; étudié en collaboration avec Fiat.
CANADA CANADAIR CL-41-G	11,13	9,75	5 000	1 turboréacteur General Electric J85-J4 de 1 340 kg	750 km/h	2		Version guerre anti-subversive du CL-41 A d'entraînement; armement: mitrailleuse, bombes, roquettes, engins Sidewinder.
ÉTATS-UNIS CESSNA AT-37 D	10,3	8,93	5 450	2 turboréacteurs General Electric J-85 de 1 090 kg	770 km/h	1-2		Appareil type guerre anti-subversive dérivé du Cessna T-37 d'entraînement.
DOUGLAS Skyhawk A-4 E	8,40	12	11 100	1 turboréacteur Pratt et Whitney J-52-P-6 de 3 860 kg ou P-8 A de 4 220 kg	1 100 km/h	1	3 200	Chasseur bombardier en service dans l'U.S. Navy et Corps des Marines. Aile en flèche à 33°, siège éjectable Douglas; armement: 2 canons Colt 20 mm, bombes conventionnelles ou à charge nucléaire, roquettes, missiles air-air Sidewinder ou air-surface Bullpup, torpilles, etc.
GENERAL DYNAMICS F-111	19,20 9,75	22,40	31 750	2 turboréacteurs double-flux Pratt et Whitney TF-30 à post-combustion de 8 620 kg	Mach 2,5	2	6 100	Chasseur tactique à géométrie variable: la flèche de voilure peut varier de 16° à 72°; cockpit pressurisé et conditionné; cockpit éjectable. Version F-111A pour l'U.S. Air Force, version F-111B pour la Navy à envergure accrue; version FB-111: bombardier stratégique à l'étude, destiné à remplacer les bombardiers lourds B-52.
GRUMMAN Tracker	22,13	13,26	11 860	2 moteurs Wright R-1820 de 1 525 ch	450 km/h	4	2 170	Appareil de lutte anti-sous-marine pour porte-avions; aile haute. Armement: torpilles autoguidées, charges de fond, roquettes.
Hawkeye	24,56	17,17	22 450	2 turbopropulseurs Allison T-58 de 4 050 ch	480 km/h	5		Appareil de reconnaissance lointaine pour porte-avions, aile haute; version transport pour liaison avec les porte-avions.
Intruder	16,15	16,65	19 500	2 turboréacteurs Pratt et Whitney J 52-P-6 de 3 860 kg	Mach 0,95	2	4 800	Appareil tous temps d'attaque à basse altitude; sur porte-avions; sièges éjectables Martin Baker. Armement: bombes et missiles Bullpup. Peut emporter une charge nucléaire.
LOCKHEED Starfighter	6,70	16,70	13 050	1 turboréacteur General Electric J-79 à post-combustion de 7 165 kg	Mach 2,2	1	1 200	Chasseur polyvalent; aile en flèche à 18°, siège éjectable Lockheed; cockpit pressurisé et conditionné. Armement: 1 canon Vulcan 20 mm, bombes, missiles air-air Sidewinder, missiles air-surface Bullpup B. Le F 104-G est produit sous licence au Canada et dans plusieurs pays d'Europe. Version Super Starfighter construite en Italie.
Orion	30,40	35,60	57 700	4 turbopropulseurs Allison T-56 de 4 900 ch	765 km/h	12	4 000	Appareil de lutte anti-sous-marine dérivé du Lockheed Electra; fuselage pressurisé et conditionné. Armement: mines, charges de fond, torpilles, roquettes. Peut emporter une charge nucléaire.
A-11				2 turboréacteurs Pratt et Whitney J-58 à post-combustion de 15 400 kg	Mach 3,5	2		Deux versions: YF-12 A, intercepteur expérimental, sièges éjectables, armement: 8 missiles air-air Hargues AIM-47 A; SR-71 A, reconnaissance stratégique. Envergure 17 m, longueur 32,75 m.



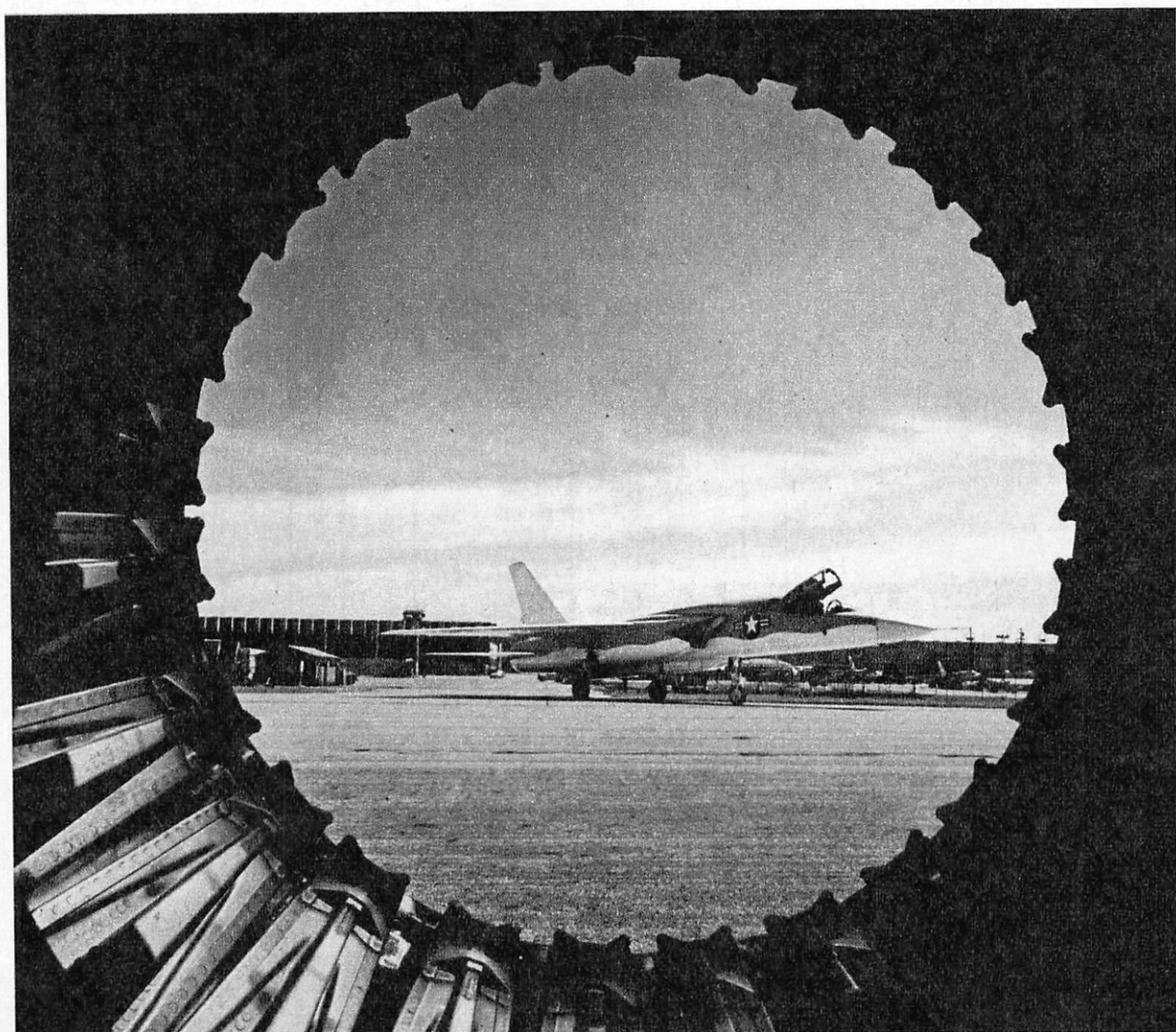
Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max.	Équipage	Autonomie (km)	Observations
L.T.V. Crusader F-8E	10,70	16,60	15 420	1 turboréacteur Pratt et Whitney J-57 à post-combustion de 8 165 kg	près de Mach 2	1		Intercepteur tous temps pour porte-avions; aile haute, en flèche à 35°, incidence variable; cockpit pressurisé, siège éjectable Martin-Baker. Armement: 4 canons Colt 20 mm, 4 missiles Sidewinder. En version chasseur-bombardier, bombes, roquettes, engins Bullpup. Production terminée.
Corsair II	11,80	14	14 750	1 turboréacteur double-flux Pratt et Whitney TF 30-P 6 de 5 150 kg ou TF 30-P-8 à post-combustion de 6 350 kg	930 km/h	1	5 400	Appareil d'appui tactique sur porte-avions, aile haute en flèche à 25°. Armement: 2 canons 20 mm, bombes roquettes. Version D prévue pour l'U.S. Air Force avec turboréacteur double-flux Rolls-Royce Spey 25-Allison.
McDONNELL Phantom II	11,70	17,75	24 800	2 turboréacteurs General Electric J-79 à post-combustion de 7 485 kg	plus de Mach 2	2	3 700	Intercepteur et chasseur bombardier; aile en flèche à 45°; sièges éjectables Martin-Baker. Version F-4B pour l'U.S. Navy, F-4C pour l'Air Force. Armement conventionnel ou nucléaire: missiles air-air Sparrow, roquettes, bombes, mines, missiles air-surface Bullpup. Version à géométrie variable en projet.
NORTH AMERICAN Vigilante	16,15	22,30	27 000	2 turboréacteurs General Electric J-79 à post-combustion de 7 700 kg	Mach 2,1	2	3 700	Chasseur-bombardier tous temps pour porte-avions; aile haute, en flèche à 37°, cockpit pressurisé et conditionné, sièges éjectables North-American. Armement: missiles air-surface, bombes conventionnelles ou nucléaires. Appareil type guerre anti-subversive en prototype, double commande, sièges éjectables. Armement: 4 mitrailleuses de 7,62 mm, bombes, missiles Sidewinder.
OV-10 A	9,15	12	4 600	2 turbopropulseurs AiResearch T-76 de 660 ch	500 km/h	2		Interception et appui tactique; aile en flèche à 24°. Armement: 2 canons de 20 mm, missiles Sidewinder, Bullpup, bombes, roquettes.
NORTHROP F-5 A	7,70	14,40	9 100	2 turboréacteurs General Electric J-85 à post-combustion de 1 850 kg	Mach 1,4	1	2 800	Chasseur-bombardier tous temps, aile en flèche à 45°, cockpit pressurisé et conditionné; armement: 1 canon General Electric Vulcan M-61 de 20 mm, missiles Sidewinder, bombes conventionnelles ou nucléaires.
REPUBLIC F. 105 D	10,65	21	24 500	1 turboréacteur Pratt et Whitney J-75 à post-combustion de 12 000 kg	Mach 2,25	1	3 300	Prototype; version armée du biplace d'entraînement Jet Provost; cockpit pressurisé et conditionné, sièges éjectables Martin Baker. Armement: mitrailleuses, roquettes, engins Nord AS-11, bombes.
GRANDE BRETAGNE BAC Jet Provost T. Mk 6	10,75	10,25	3 870	1 turboréacteur Bristol-Siddeley Viper Mk 202 de 1 130 kg	700 km/h	2	1 450	Intercepteur tous temps, aile en flèche à 60°, cockpit pressurisé et réfrigéré, sièges éjectables Martin-Baker. Armement: 2 canons Aden Mk 4 de 30 mm, missiles air-air Firestreak, roquettes.
Lightning	10,60	16,85		2 turboréacteurs Rolls-Royce Avon 300 de 7 420 kg	plus de Mach 2	1		Bombardier à long rayon d'action, aile en croissant, cockpit pressurisé et conditionné, sièges éjectables Martin-Baker. Armement: bombes conventionnelles ou nucléaires, 1 missile air-surface à longue portée Blue Steel. Production terminée.
HANDLEY-PAGE Victor B-Mk2	36,6	35		4 turboréacteurs Rolls-Royce Conway de 9 350 kg	Mach 0,92	5		Bombardier à long rayon d'action, aile en delta, cabine pressurisée, double commande, sièges éjectables Martin-Baker. Armement: bombes conventionnelles ou nucléaires, 1 missile air-surface à longue portée Blue Steel. Production terminée.
Vulcan B Mk2	34	30,45		4 turboréacteurs Bristol-Siddeley Olympus Mk 201 de 7 700 kg ou Mk 301 de 9 070 kg	Mach 0,94	5		Chasseur tous temps pour porte-avions; aile en flèche à 40°, sièges éjectables Martin-Baker. Armement: missiles Red Top, Bullpup, bombes, roquettes.
HAWKER-SIDDELEY Sea Vixen	15,25	16,30		2 turboréacteurs Rolls-Royce Avon Mk-208 de 5 100 kg		2		Chasseur-bombardier pour porte-avions; aile en croissant, cockpit pressurisé et conditionné; siège éjectable Martin-Baker. Armement conventionnel ou nucléaire: bombes, missiles Bullpup, roquettes.
Buccaneer Mk2	13	19,35		2 turboréacteurs Bristol-Siddeley Gyron Junior de 3 220 kg ou Rolls-Royce RB-168 Spey de 5 100 kg	Mach 1	2		Appareil tactique à décollage vertical, aile en flèche à 32°, cockpit pressurisé et conditionné, siège éjectable Martin-Baker.
P-1127	7	13	7 000	1 turboréacteur double flux Bristol-Siddeley Pegasus à tuyères orientables de 7 000 kg	Mach 0,87	1		Intercepteur, aile en flèche. Armement: 4 canons Aden de 30 mm, lance-roquettes Matra, éventuellement bombes. Version avec réacteur égyptien Helwan E-300 à l'étude.
INDE HINDUSTAN Maruta	9	15,90	8 800	2 turboréacteurs Bristol-Siddeley Orpheus 703 de 2 200 kg	Mach 1,02	1		

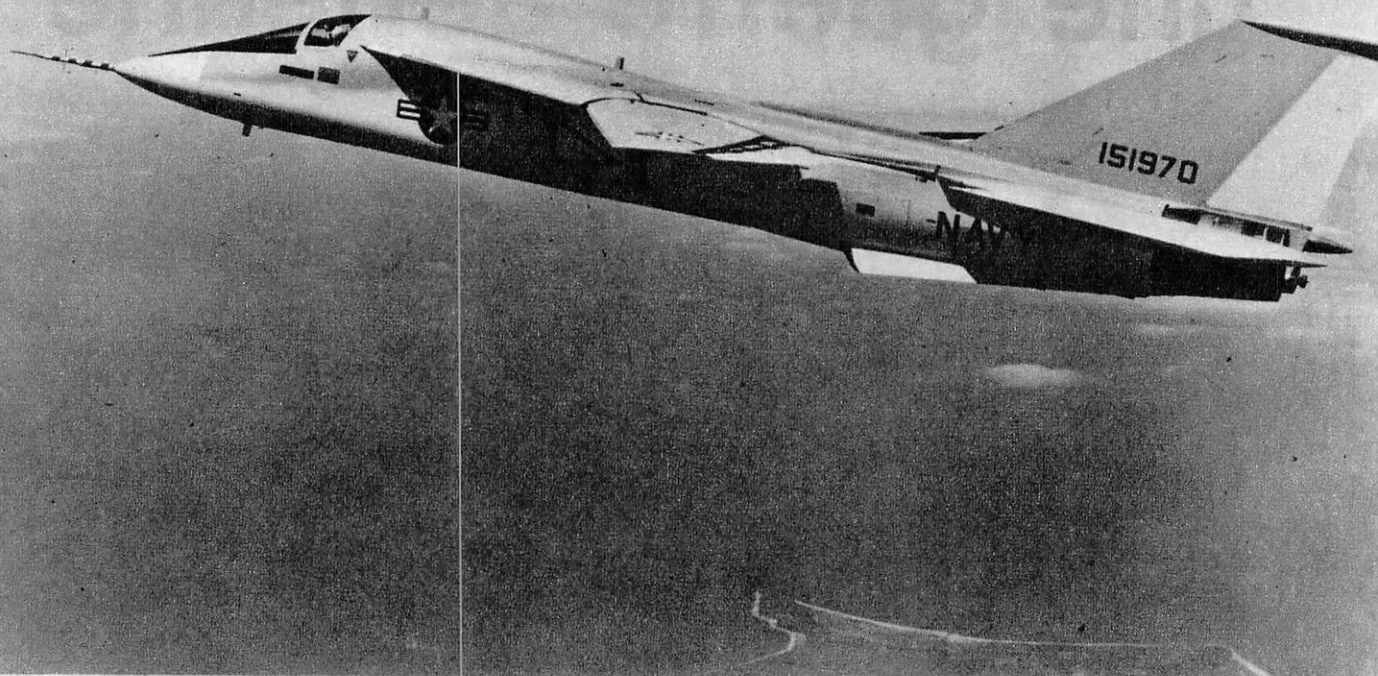


◀ Volant à plus de Mach 2 et capable d'emporter plus de sept tonnes de bombes, le biréacteur McDonnell Phantom II a été construit depuis 1961 à quelque 2 000 exemplaires. Une version équipée de deux turboréacteurs Rolls-Royce Spey a été commandée par la R.A.F. et la Royal Navy.

Avec le North American Vigilante, l'U.S. Navy dispose d'un biplace d'attaque embarqué volant à M. 2.

▼





Commandé à vingt-quatre exemplaires à General Dynamics et Grumman, la version embarquée du F-111 (F-111B, ci-dessus) deviendrait opérationnelle en 1969. Elle est caractérisée par son envergure de 21,34 m.

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids max. au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse max.	Équipage	Autonomie (km)	Observations
ITALIE FIAT 6-91 R	8,56	10,30	5 500	1 turboréacteur Fiat/Bristol-Siddeley Orpheus 803 de 2 270 kg	1 045 km/h	1		Chasseur tactique léger en service aussi en Allemagne; aile en flèche à 37°; cockpit pressurisé et conditionné; siège éjectable Martin-Baker. Armement: 4 mitrailleuses Colt-Browning de 12,7 mm ou 2 canons de 30 mm, bombes, roquettes, engins air-air Nord 5103. Production terminée.
G-95	6,60	14	7 250	2 turboréacteurs General Electric J-85 à post-combustion de 1 850 kg 4 turboréacteurs de sustentation Rolls-Royce R B-162	plus de Mach 1	1		Chasseur à décollage vertical en projet, aile en flèche à 46°.
SUÈDE SAAB Draken	9,40	15,35	9 000	1 turboréacteur Svenska Flygmotor Rolls-Royce Avon 300 à post-combustion de 8 000 kg	plus de Mach 2	1		Intercepteur tous temps et chasseur bombardier; aile en double delta; cockpit pressurisé et conditionné, siège éjectable Saab. Armement: 2 canons de 30 mm, missiles air-air Sidewinder ou Falcon, roquettes, bombes.
Viggen	10,7	17		1 turboréacteur Svenska Flygmotor Pratt et Whitney JT 8 D à post-combustion de 12 000 kg	plus de Mach 2	1		Intercepteur tous temps et chasseur bombardier destiné à remplacer le Draken; voilure delta, stabilisateur à l'avant (forme canard); cockpit pressurisé et conditionné; siège éjectable. Armement, selon version, missiles air-surface, canons, roquettes, bombes, missiles air-air.
105	9,50	10,50	4 500	2 turboréacteurs double-flux Turboméca Aubisque de 740 kg	720 km/h	2	1 800	Biréacteur d'entraînement et d'appui tactique. Armement: 2 canons de 30 mm, roquettes, bombes, engins air-surface Saab 305 A.
U.R.S.S. MIG Mig-21	7,60	16,75	5 700	1 turboréacteur TDR Mk R 37 à post-combustion de 5 670 kg	Mach 2	1		Intercepteur à aile en delta à 60°. Armement: 2 canons de 30 mm, missiles air-air; rayon d'action 660 km.
SUKHOÏ Su-7 B	9,15	17			Mach 1,6	1		Chasseur bombardier, aile en flèche. Armement: 2 canons de 30 mm, roquettes, bombes.
Su-7	7,90	17			Mach 1,8			Intercepteur tous temps; aile en delta.
TUPOLEV Tu-16	33,5	36,5	68 000	2 turboréacteurs Mikulin AM-3 M de 9 600 kg	950 km/h	7	4 800	Bombardier à long rayon d'action; aile en flèche à 37°. Version de base emportant 9 t de bombes, versions navales avec missiles air-surface.
Tu-20	51	54		4 turbopropulseurs Kuznetsov NK-12 M de 14 800 ch				Bombardier lourd; aile en flèche à 35°.
Tu-7	24,5	33,5			Mach 1,5	2 à 3		Bombardier biréacteur; aile en flèche à 45°, réacteurs à l'arrière.
YAKOVLEV Yak-25	11,75	18,90	11 350	2 turboréacteurs type 37 V de 4 000 kg	Mach 0,95	2		Chasseur tous temps et chasseur bombardier; aile en flèche à 45°.
Yak-7	20		45 000	2 turboréacteurs à post-combustion	Mach 1,75	2		Intercepteur; aile en flèche; missiles air-air.

une guerre aérienne:



Depuis la chasse à un ennemi dispersé dans les rizières ou les forêts, l'attaque des voies de communication et du potentiel industriel, jusqu'au lancement de bombes de dizaines de mégatonnes qui incendieraient chacune une centaine de milliers de kilomètres carrés, l'avion se prête avec plus ou moins de succès à toutes les missions allant de la guerre subversive à la guerre conventionnelle et à la guerre nucléaire.

D'un commun accord, les détenteurs d'armements nucléaires, au nombre desquels il faut au moins compter les Etats-Unis et l'URSS, et peut-être même la Chine, se sont abstenus jusqu'ici de les engager au Vietnam. Mais l'emploi de l'aviation, aussi bien en missions antisubversives qu'en missions tactiques et stratégiques de la guerre conventionnelle, y a été poussé à un tel degré, au

service des quelques 450 000 hommes, dont un peu plus de 100 000 combattants, détachés par les Etats-Unis, que l'industrie aérospatiale américaine et son personnel qui dépasse le million d'employés ont été obligés de retarder leur production d'avions commerciaux pour les satisfaire.

La guerre subversive

Que les chasseurs-bombardiers de 25 tonnes volant à Mach 2,5 ou les Stratofoeresses de 220 tonnes volant à Mach 1 ne fussent guère adaptés à pourchasser le Vietcong, le Département de la Défense de Washington l'avait prévu avant d'y engager les premiers renforts américains.

Après un concours entre sept constructeurs pour un avion COIN (*CO*unter-*IN*surgency, de lutte antisubversive), le choix porta en août 1964 sur un projet présenté par North

le Vietnam



PHOTO U.S.I.S.

American, le type OV-10 A. C'était un avion biplace ne dépassant pas 500 km/h et pesant 3 450 kg au décollage ; à ce poids et dans sa version originale, il devait rouler au décollage sur 109 m, franchir l'obstacle de 15 m dans les 115 m suivants et atterrir dans les mêmes conditions, après franchissement d'un obstacle de 15 m, sur un terrain de 240 m. Le North American OV-10 A était équipé de deux turbopropulseurs AiResearch de 660 ch et pouvait combattre avec un armement varié, allant d'une mitrailleuse double à deux engins Sidewinder en passant par des bombes ordinaires légères.

Le premier OV-10 A vola en juillet 1965, suivi d'un second en décembre. Au début de 1966, après quelques modifications portant sur l'envergure, qui passa de 9,14 m à 12,30 m, et sur la puissance des turbopropulseurs, relevée de 660 à 715 ch, 157

appareils furent commandés par l'U.S. Air Force et 100 par l'U.S. Navy pour son corps de « Marines ».

De son côté, l'U.S. Army avait mis au concours dès 1966, entre Bell, Hiller et Hughes, un LOH (*Light Observation Helicopter*, hélicoptère d'observation léger). Le choix porta, en mai 1965, sur le Hughes OH-6 A, de 1 225 kg au décollage, équipé d'une turbine Allison de 250 ch, atteignant 230 km/h et armé d'une mitrailleuse double et d'un lance-grenade. La commande de l'U.S. Army s'élevait à 1 071 hélicoptères, dont 55 devaient être livrés au 1^{er} janvier 1967. C'est sur un hélicoptère léger d'une formule très voisine, le Sud-Aviation SA-340, que la France et la Grande-Bretagne viennent de s'accorder en janvier dernier pour succéder en 1970 aux Alouettes II du même constructeur.



Construit depuis 1955 en trois versions, le Republic F-105 Thunderchief est le plus ancien chasseur-bombardier de Mach 2,25 de l'U.S. Air Force. A 24 500 kg au décollage, il emporte plusieurs milliers de kilos de bombes et de missiles.

L'ENTERPRISE, le « big E », de 85 000 t, le premier porte-avions à propulsion nucléaire de l'U.S. Navy, croise avec quelque 100 appareils de combat à bord dans le golfe du Tonkin, d'où partent les expéditions contre le Vietnam du Nord.

Mais la guerre subversive est-elle bien l'affaire d'avions et d'hélicoptères, même légers ? On peut en douter à voir la tournure prise par les opérations au Sud-Vietnam depuis que le combattant américain a dû suppléer les troupes sud-vietnamiennes impuissantes à contrôler les villes et les campagnes. Ni l'observation aérienne à partir d'un hélicoptère, ni le mitraillage ou le lancement d'engins guidés à partir d'un avion ne sont capables de débusquer un ennemi caché dans un abri souterrain ni de faire la différence entre un Vietcong et un Vietnamien non hostile.

Equippé d'un simple fusil, l'adversaire « descend » d'ailleurs fort bien l'avion ou l'hélicoptère qui le survole.

Remettant en janvier dernier la *Medal of Honor*, la plus haute distinction militaire des Etats-Unis, au major Bernard F. Fisher de l'U.S. Air Force, qui venait de sauver un de ses camarades ainsi abattu, en atterrissant sous le feu de l'ennemi, le président Johnson déplorait les conditions de la lutte imposée à ses aviateurs : « Il n'y a pas au Vietnam de front fixe. Il n'y a rien qui distingue l'ami de l'ennemi, le civil du militaire... Nos aviateurs sont engagés dans la guerre aérienne la plus difficile de toute l'histoire des Etats-Unis ». Deux ans plus tôt, Hanson W. Baldwin, critique militaire du *New York Times*, ne voyait pas davantage ce que l'avion ou l'hélicoptère pouvaient faire dans de telles opérations : « Il y faut le fantassin, se déplaçant sur ses jambes, son fusil à la main ».



PHOTO U.S.I.S.

Faute de s'y résigner, on en vient, progressivement, à défolier des milliers de kilomètres carrés de forêts où s'abrite l'adversaire, puis à incendier à la bombe au phosphore les arbres devenus combustibles. Les bombes de 3 000 livres des chasseurs-bombardiers de Da Nang et des Stratofortresses de Guam labourent les décombres.

Les bulldozers rasant ensuite les villes et les villages. On finit par délimiter des sec-



teurs, comme dans la zone dite « démilitarisée » au voisinage du 17^e parallèle, où il est permis de « tirer sur tout ce qui bouge ». Aux moyens employés près, qui se sont modernisés, les méthodes ne diffèrent guère de celles que Tamerlan employait contre les populations d'Asie centrale qui se refusaient à reconnaître son autorité. Mais Tamerlan ne s'était-il pas borné lui-même à copier les méthodes que l'on appliquait au

La défoliation de la jungle du Sud-Vietnam est la première exigence des reconnaissances conduites par les avions de l'U.S. Army et de l'U.S. Air Force. Elle est généralement confiée à des Fairchild UC-123 Provider qui répan-

dent un défoliant sans nocivité directe pour l'homme et pour l'animal. Les Provider employés ici sont transposés de la version pour travail agricole (désherbant) d'un bimoteur de 300 km/h acheté dès 1954 par l'aviation des U.S.A.

siècle précédent à cette autre guerre subversive qu'était la révolte des Cathares ? Le « tirez sur tout ce qui bouge » ne diffère guère du « tuez-les tous, Dieu reconnaîtra les siens ». On comprend ainsi que la prétention de résoudre avec la guerre aérienne les problèmes de la guerre subversive soulève par le monde quelques protestations.

L'attaque des communications

Les plus hautes autorités militaires américaines évaluaient, au début de 1967, les troupes du Nord-Vietnam transférées au Sud à neuf divisions, complètes ou en cours de complément. Il est difficile de refuser le nom de « guerre conventionnelle » à des opérations qui mettent en jeu de tels effectifs, tout à fait comparables à ceux de la guerre de Corée à la veille de l'armistice.

Des missions dites tactiques, exécutées au profit direct des troupes en ligne, et des missions stratégiques, visant les sources mêmes de la puissance nationale, les populations, l'industrie et l'agriculture, il convient, croyons-nous, de séparer l'attaque contre les communications, à cheval sur les unes et les autres.

Sur près de 1 500 km, des abords de Saïgon aux voies ferrées qui relient le Vietnam-Nord à la Chine, est-il possible d'arrêter le flot de personnel et de matériel à destination de la zone de combat ? La réponse, négative, confirme les enseignements de la guerre de Corée et les vaines tentatives que fit la France pour intercepter les renforts que recevaient les assiégés de Dien-Bien-Phu. En Corée comme à Dien-Bien-Phu et aujourd'hui au Vietnam-Nord comme au Vietnam-Sud, l'adversaire a su adapter l'organisation de ses transports à la menace aérienne dirigée contre eux.

En août 1950, après avoir donné pendant plus d'un mois la priorité à l'appui tactique des troupes en ligne, Mac Arthur accéda à la demande du commandement local de l'aviation pour y ajouter la coupure des communications. En quelques semaines les routes, que les photographies des avions de reconnaissance montraient jusqu'alors encombrées de convois, furent désertées. Au camion automobile succéda la charrette à bœufs, qui passa quelque temps sous le couvert d'une apparence de travail agricole, puis la brouette, puis le portage à dos d'homme. De nuit, toute la population requise se mettait en mouvement sur les routes secondaires, les sentiers, les chemins de montagne pour passer, de village en village, matériel, munitions et vivres.

Lorsque la guerre de mouvement fit place, en août 1951, à l'organisation de lignes sou-



ASSOCIATED PRESS

Le transport du ravitaillement à bicyclette, employé par le Vietminh jusqu'à Dien-Bien-Phu inclus, est

repris aujourd'hui au Nord-Vietnam, pour faire face aux destructions massives des camions et des péniches.

terraines infranchissables, le général Van Fleet monta l'opération Strangle qui réduisait les missions d'appui direct au profit de l'attaque des communications. Le bilan présenté six mois plus tard était impressionnant : 200 locomotives détruites et 240 endommagées, 210 ponts détruits et 775 endommagés, 16 000 coupures du réseau ferré et 25 000 véhicules de toute nature mis hors de service. Mais l'opération Strangle précisait en même temps la limite à laquelle pouvait prétendre la coupure des communications. Sur le théâtre d'opérations le plus favorable qu'on pût trouver, une étroite péninsule, avec une supériorité aérienne aussi grande qu'on pouvait le désirer, on ne réussissait pas à empêcher l'adversaire de s'accrocher à des positions défensives d'où l'on ne pouvait le chasser.

L'impuissance de l'aviation à couper le ravitaillement en hommes et en matériel d'une armée de siège fut parfaitement démontrée, deux ans plus tard, devant Dien-Bien-Phu. L'armée du Vietminh sut aussi bien

adapter sa manœuvre offensive à la menace des coupures aériennes que l'armée sino-coréenne sa manœuvre défensive.

Depuis deux ans, le ravitaillement des unités engagées au Vietnam-Sud se poursuit par la piste Ho-Chi-Minh à une cadence qui n'a cessé de s'accélérer malgré les bombardements américains. Les ponts routiers ou ferroviaires sont aussi bien coupés qu'ils l'étaient en Corée lors de l'opération Strangle. Des ouvrages de fortune les doublent aussitôt. Sans doute, dès que l'aviation américaine interrompt ses opérations, voit-on réapparaître les files de camions sur les routes. Mais, lorsque les bombardements reprennent, les transports à bicyclette ou à dos d'homme sous le couvert de la jungle suppléent les moyens mécaniques et réussissent à envoyer chaque mois au Sud les quelque 5000 hommes auxquels montent les estimations américaines, ainsi que les mortiers, les mitrailleuses lourdes et les munitions qu'ils consomment.

Les missions tactiques

Le succès des missions tactiques conduites au profit direct des troupes en ligne diffère du tout au tout suivant que l'adversaire mène une guerre de mouvement ou qu'il se résigne à une guerre de positions qui tourne vite à la guerre souterraine.

Ce fut sous l'aile protectrice des Stukas balayant les armes antichars que les *Panzerdivisionen* conquièrent la Pologne, l'Europe occidentale puis les Balkans sans opposition sérieuse. La Grande-Bretagne découvrit la première, en Libye, que l'avion pouvait aussi bien lutter contre le char que l'appuyer. L'U.R.S.S. suivit, avec les bombes-fusées des Stormoviks devant Moscou. Jusqu'en 1945, l'aviation tactique triompha de tous les adversaires, blindés ou non, qu'on pouvait lui opposer.

En Corée, la situation critique des maigres contingents débarqués au début des hostilités incita Mac Arthur à utiliser presque exclusivement son aviation en appui tactique. « Les projectiles-fusées et les mitrailleuses des Shooting Stars ont détruit plus de chars, de canons et d'autres matériels que tous les autres moyens réunis », disait le général Stratemeyer, qui les commandait, à la mi-juillet 1950. Aussi bien lors de la rupture du front du réduit de Fusan que lors du débarquement d'Inchon, l'aviation tactique fut la pointe d'avant-garde qui ouvrait la marche aux forces terrestres. La situation se retourna lors de l'offensive des Nations Unies du 24 novembre et de la contre-offensive sino-coréenne qui suivit. Débarrassé de son matériel lourd, réduit à une infanterie,

l'adversaire n'offrait plus la même prise aux coups de l'avion.

Lorsque le front se stabilisa à nouveau au voisinage du 38^e parallèle, l'aviation tactique, complétée par les Superforteresses, retrouva quelque temps ses succès. Mais la fortification souterraine succédant aux tranchées finit par mettre ses occupants aussi bien à l'abri des projectiles d'artillerie lourde que des bombes de 2 000 livres.

La guerre souterraine ne demande, aujourd'hui, ni le béton de la ligne Maginot, ni la coûteuse mécanique en service aux Etats-Unis pour forer un puits ou un tunnel. Il suffit de quelques outils portatifs, avec barres à mines pour le roc, et surtout de quelques semaines ou quelques mois de travail ininterrompu auxquels se résigne difficilement un combattant américain. Elle est affaire de combattants asiatiques : les Japonais y ont eu recours en 1945, notamment à Okinawa dont la conquête coûta quelques dizaines de milliers de combattants américains.

Sans doute a-t-il fallu au Vietcong comme aux régiments venus à son aide du Nord-Vietnam quelque temps pour découvrir à son tour cette parade au bombardement aérien. La « *First Air Cav* », la Première Division de Cavalerie aéroportée, débarqua avec ses 500 hélicoptères du 28 août au 18 septembre 1965. Après quelques engagements secondaires, elle reçut pour mission l'encerclement et la destruction de plusieurs régiments nord-vietnamiens repliés de Plei-Me en direction de la frontière cambodgienne. L'opération, dénommée « *All the way* », s'étendit sur plus d'un mois, du 27 octobre au 29 novembre. Elle réussit parfaitement. On dénombra 136 prisonniers, 1 519 cadavres ennemis dont plus de 85 % de Nord-Vietnamiens. On estima en outre à 2 000 le nombre des tués dont les corps avaient pu être enlevés.

Une opération du même genre fut reprise le 8 janvier 1966 par 8 000 Américains, Australiens et Néo-Zélandais, sous le nom de « *Crimp* », dans une vaste zone du « Triangle de fer » à 30 km au nord-ouest de Saigon. Le bombardement habituel par les B-52 partis de Guam les avait précédés ; 200 hélicoptères les accompagnaient. Mais, cette fois, l'attaque tomba sur un réseau de tunnels profonds où l'on rencontrait des galeries de plus de 500 m communiquant les unes avec les autres et pouvant abriter une division. Deux jours après le début de l'opération, on ne signalait encore qu'un Vietcong tué et quelques vieillards que l'injection de gaz lacrymogènes avait contraints à faire surface. En fin d'opération, on ne dénom-

braît que 62 Vietcongs tués et 500 suspects appréhendés, contre des pertes non précises, mais qualifiées de « légères dans l'ensemble », donc au moins équivalentes, pour les 8 000 hommes que le commandement américain avait engagés.

Que faire d'un tel réseau de tunnels ? La dépêche d'Associated Press qui rapportait l'opération estimait que la destruction de l'ensemble aurait demandé autant d'explosif que pour faire sauter le mont Blanc. Encore aurait-il fallu le mettre en place, après avoir exploré des galeries dont certaines devaient être piégées. On se résigna donc à l'abandonner en le remplissant de gaz plus ou moins nocifs. Ce qui ne garantissait même pas que des unités vietcongs n'y soient pas restées, réfugiées dans des recoins isolés de l'ensemble et aérés par tubes débouchant en surface sous camouflage.

Plus les opérations du Vietnam-Sud se prolongent et plus la fortification souterraine, qui permet souvent l'évacuation des grandes unités nord-vietnamiennes prévenues de l'attaque, met en échec l'aviation dans ses missions tactiques.

Les missions stratégiques

Bien qu'il ne parvînt pas à entraver les transports militaires en direction du front, le bombardement des voies de communications jouait, à la veille des armistices en Europe et au Japon, un rôle décisif dans la neutralisation de la production de guerre. L'opération Clairon, la plus importante de celles qui furent dirigées contre les transports alle-

mands, donne une idée du degré d'efficacité auquel avait abouti une action qui avait débuté en 1943-44 en Italie et en France contre les gares de triage. Au matin du 22 février 1945, plus de 10 000 avions alliés décollèrent de leurs bases pour attaquer 200 objectifs de la *Reichsbahn* répartis sur 600 000 km². Tous les appareils, y compris les bombardiers lourds, lancèrent à faible altitude leurs bombes sur le matériel roulant, les ouvrages d'art, les dépôts, les plaques tournantes. Le trafic subit aussitôt une réduction de 90 %. Un mois et demi de la production de guerre, pièces détachées ou ensembles terminés, se trouva bloqué sur des wagons en rotation.

L'attaque du réseau de transports japonais, ferroviaire ou côtier, beaucoup plus brève, fut poussée à un degré de perfection qu'ont fait oublier les incendies de grandes villes et la bombe atomique. Cependant la paralysie économique qu'elle provoqua joua dans l'effondrement du pays un rôle au moins équivalent aux destructions directes des centres démographiques et industriels. Les dirigeants japonais ne s'y sont pas trompés. « Malgré la mise en œuvre de tous les efforts possibles, déclarait devant la Diète le Premier ministre au lendemain de l'armistice, la fabrication des armements, et principalement des avions, aurait rencontré à bref délai d'insurmontables difficultés dues à la destruction par les attaques aériennes du réseau de communications. »

Au reste, même si l'industrie allemande put travailler en usines souterraines jusqu'à la veille de l'armistice, certaines branches, capitales pour l'effort de guerre, souffrirent durement. Rapportée à celle de janvier 1944, la production des raffineries tombait à 80 % en mai suivant, à 20 % en juillet, à 5 % en septembre. Au 15 février 1945, toutes les raffineries étaient arrêtées et quatre seulement des usines d'essence synthétique en marche. En face d'une artillerie américaine dont l'approvisionnement en munitions et la perfection du repérage faisaient une arme particulièrement dangereuse en contre-batterie, l'artillerie allemande n'avait qu'une ressource, le tir rapide de quelques salves suivi d'un changement immédiat de position. Dès le deuxième semestre 1944, l'insuffisance des allocations de carburant lui interdit ces déplacements. Lors de l'offensive des Ardennes à la Noël 1944, les *Panzerdivisionen* furent bloquées pour plusieurs raisons dont une seule suffisait : les chars avaient épuisé leurs réserves de carburant. Les bombes incendiaires américaines et britanniques sur les raffineries se révélaient plus efficaces encore que les bombes-fusées so-

U.S. AIR FORCE



L'empennage déployant pour freinage des bombes M-117 a été mis au point pour l'attaque en vol rasant des chasseurs-bom-

bardiers de Mach 2,25. A très basse altitude, et même s'il va très vite, l'avion risquerait d'être frappé par les éclats de la bombe.

Ci-contre, le bombardement le 30 juin 1966 des quatre réservoirs et des deux stations de pompage du dépôt de pétrole de Bac-Giang, à 70 km au Nord-ouest d'Hanoï, par les chasseurs-bombardiers ayant décollé des porte-avions de la septième Flotte.

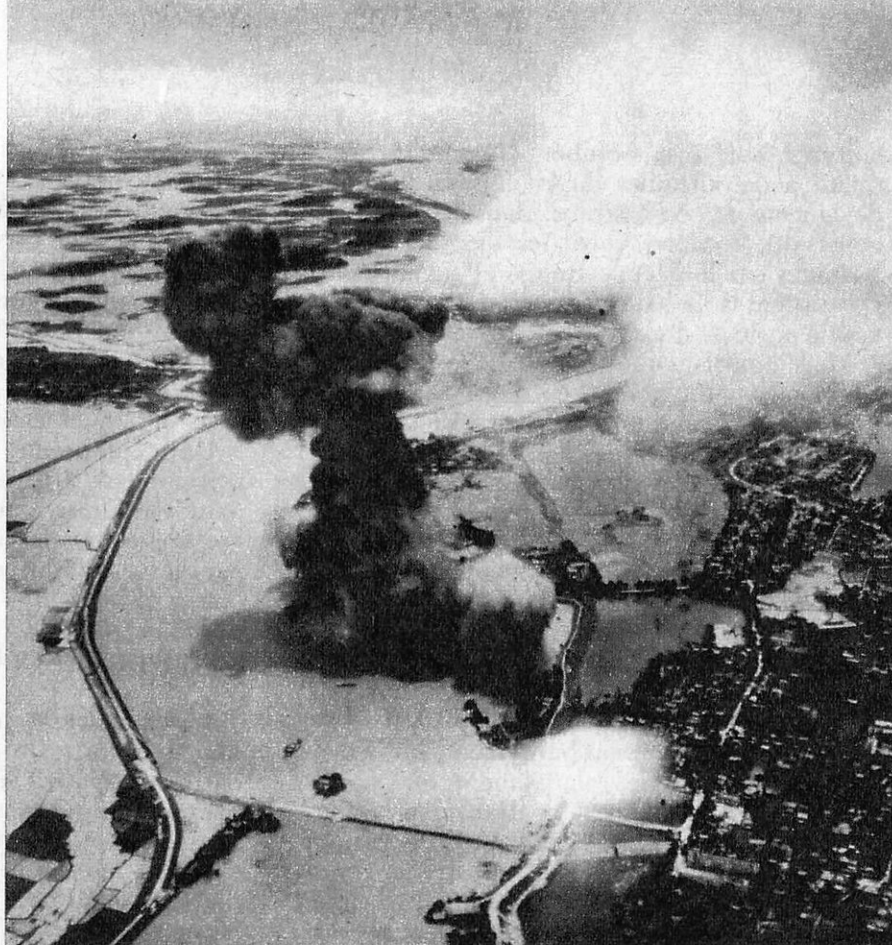


PHOTO U.S.I.S.

viétiques sur les batteries ou sur les chars.

La guerre de Corée marque une étape nouvelle dans la capacité des destructions stratégiques. L'industrie nord-coréenne n'était pas en mesure d'alimenter en matériel une armée de quelques centaines de milliers d'hommes équipés à la manière occidentale. Mais l'aviation tactique, en éliminant du front les chars et l'artillerie de cette armée, avait simplifié la tâche. Les usines mécaniques et chimiques établies par le Japon en un demi-siècle de domination et concentrées au nord du 38^e parallèle suffisaient à une guerre conduite en vue d'économiser le matériel. Elles auraient alimenté le front en munitions d'infanterie, en mortiers et en projectiles, fournissant ainsi toutes les armes utilisées à partir de l'offensive sino-coréenne de novembre 1950. Mais, dès le début, les formations de Superforteresses déversèrent sur la totalité des grands centres un tonnage d'explosifs qui réduisit presque à néant la capacité de production industrielle du pays.

La nouveauté, en Corée, fut l'extension des destructions stratégiques des villes aux villages et de l'industrie à l'agriculture. En janvier 1951, les destructions journalières d'immeubles annoncées au communiqué dépassaient fréquemment le millier. La plus frugale des armées devait renoncer à « vivre sur le pays ». Le demi-million de combat-

tants sino-coréens, comme ce qui pouvait rester de quelque huit millions de civils qui résidaient au nord du 38^e parallèle, étaient enfouis dans leurs trous, dans l'attente du bol de riz qui leur viendrait de l'autre côté du Yalu.

Appliquée à échelle réduite dans les zones que le Vietcong contrôle au Vietnam-Sud, cette destruction des villages se complète aussi fréquemment d'une destruction directe de la production agricole. On sait depuis longtemps que, si la bombe atomique n'avait pas suffi à imposer l'armistice au Japon, l'aviation américaine était prête à répandre sur les rizières de l'archipel des produits qui empêchent la fécondation. L'aviation britannique avait repris les mêmes destructions en Malaisie contre les cultures que les rebelles communistes avaient établies dans la jungle. Aujourd'hui, en de nombreuses régions que contrôle le Vietcong et qui fournissaient en riz la plus grande partie de la population sud-vietnamienne et une importante exportation, l'arrosage des rizières aux produits défoliants complète l'incendie des villages au napalm.

Pourrait-on étendre les destructions agricoles au Vietnam-Nord ? Sans aucun doute. Les doses de produits défoliants ou désherbants ne dépassent pas quelques kilos à l'hectare et pourraient être répandues soit à la bombe ordinaire éclatant au-dessus des

cultures, soit à la bombe planante les attaquant à des dizaines de kilomètres du point de lancement. Au surplus, dans le cas particulier du Vietnam-Nord, les destructions de barrages sur le Fleuve Rouge et ses affluents ruinerait à la saison des crues toute l'économie agricole du pays.

Mais faut-il pousser « l'escalade » des destructions stratégiques à ce degré, obliger les quelque seize millions de Nord-Vietnamiens à se réfugier dans les montagnes en attendant le bol de riz que leur fournira la Chine ? L'expérience coréenne n'encourage guère à renouveler la tentative. Aussi, entre les « colombes » qui se refusent aux Etats-Unis à se lancer dans une telle entreprise et les « faucons » qui en attendent la solution du problème vietnamien, le président Johnson a choisi la voie intermédiaire d'une escalade prudente.

En principe, le bombardement du Nord-Vietnam y épargne relativement les grands centres tels que Hanoï et Haïphong et les industries qui ne participent pas directement à l'effort de guerre. Les transports ferroviaires et routiers sont l'objectif principal. Si l'on en croit les journalistes occidentaux admis depuis le début de l'année à circuler au Nord-Vietnam, la parade est la même qu'en Corée ou à Dien-Bien-Phu : reconstruction des ponts détruits remplacés aussitôt par des ouvrages temporaires, substitution aux transports mécanisés, ferroviaires ou routiers, du transport de nuit à bicyclette. La destruction des grands réservoirs à pétrole d'Haïphong a suivi les attaques des voies de communications : les reconnaissances aériennes ont aussitôt décelé une multiplication extraordinaire des barils d'essence dans les campagnes. Les centrales électriques

et les quelques usines qu'on pouvait accuser de participer à l'effort de guerre ont subi le sort des réservoirs à pétrole : la dispersion de leur outillage à travers le pays avait précédé leur destruction et, à en juger par l'intensité des tirs qui accueillent les expéditions de bombardement américaines, jamais D.C.A. de pareille puissance n'a été opposée, au cours de la Seconde Guerre mondiale, aux expéditions aériennes contre l'Allemagne.

De même que le combattant non mécanisé a fini entre 1916 et 1945 par découvrir une parade définitive au char, de même il découvre, au cours des années plus récentes, une parade acceptable contre l'avion.

Les missions logistiques

La logistique américaine, qu'il s'agisse des transports de personnel et de matériel entre les Etats-Unis et le Vietnam ou des mêmes transports entre les bases que l'U.S. Army entretient sur le théâtre des opérations, repose essentiellement sur les transports aériens.

Au *Military Airlift Command* chargé des transports de l'U.S. Air Force à travers le Pacifique s'ajoute le concours des transporteurs civils, qu'ils soient déjà installés sur ces lignes, comme la Pan American, qu'ils y exécutent des vols à la demande, comme les American Airlines et les Trans World Airlines, ou qu'ils soient spécialisés dans les transports de fret comme Seaboard et les Flying Tiger.

Equipés de Douglas C-124 et C-133, dont l'effectif va être réduit progressivement de 16 à 8 squadrons entre juin 1966 et juin 1968, comme des Lockheed C-130 et C-141 qu'on lui livre actuellement et qui vont permettre de relever les unités en service de 42 à 45 squadrons entre juin 1966 et juin 1968, le *Military Airlift Command* assume le gros de cette mission. Le principal centre d'embarquement est la base de l'U.S. Air Force à Travis (Californie), dont le trafic en 1966 s'est élevé à 1 020 000 passagers et 194 000 tonnes de fret, en progression d'un tiers sur 1965. Le record a été atteint en décembre avec 87 600 passagers et 22 390 tonnes de fret, dont 705 tonnes pour la seule journée du 26 décembre. La capacité de Travis ayant atteint ses limites, on vient d'y ajouter les bases de l'U.S. Air Force de McChord (Washington) et Norton (Californie), mises en service en janvier 1967 et affectées en partie aux compagnies de transport civiles.

Le trafic des Trans World Airlines, qui assurent 46 vols mensuels sur l'Europe et

PHOTO U.S.I.S.



D'un poids au décollage voisin de 4 000 kg, le Bell UH-1 Iroquois est très utilisé au Vietnam en version armée d'attaque au sol. L'ar-

mement consiste en mitrailleuses, roquettes ou grenades. 2 hommes constituent son équipage et sont protégés par des blindages.



Sous la protection des hélicoptères armés d'escorte, les gros hélicoptères transports de troupes débarquent

aujourd'hui les combattants sur le terrain même des opérations. Ils n'ont, pour cela, pas besoin d'atterrir.

Saigon, a atteint, en 1966, 158 millions de tonnes-kilomètres, en augmentation de 215 % par rapport à 1965. Les American Airlines suivent avec les douze Boeing 707-320 C qu'elles viennent d'affecter à leurs lignes Etats-Unis — Vietnam et qui travaillent aujourd'hui sur la base mensuelle de 16 millions de tonnes-kilomètres. De son côté, la Pan American affecte aux mêmes transports onze Boeing 707-320 C.

Le succès du transport aérien a incité le commandement à transférer du Vietnam aux Etats-Unis la plupart des travaux d'entretien du matériel : on préfère expédier sur la métropole un moteur d'avion à réviser plutôt que de faire le travail sur place. Sur la base actuelle des délais de transport, le remplacement du matériel, comme l'approvisionnement, ne réclament pas plus de huit jours. Les insuffisances en munitions, qui faisaient l'an dernier l'objet de protestations des équipages obligés de partir en mission avec un chargement partiel de bombes ou de projectiles, ou avec des bombes non adaptées à la mission, ont été entièrement palliées. Les stocks sont complets ; le com-

mandement local n'a plus à en référer aux échelons supérieurs avant de délivrer les munitions que réclament les équipages.

Les liaisons aériennes entre les différentes bases installées au Vietnam, Tan Son Nhut près de Saigon. Cam Ranh, Da Nang, Nha Trang, Qui Nhon, Pleiku, Tuy Hoa... assurent l'essentiel des transports requis par la conduite des opérations. Aux avions tels que le bimoteur Fairchild C-123 et le quadrimoteur Boeing C-97, dont la mise en service remonte à plus de dix ans, s'ajoutent aujourd'hui de nombreux hélicoptères, servis aussi bien par l'U.S. Army que par l'U.S. Air Force : le Bell UH-1 D Iroquois de 3 800 kg, le Boeing Vertol CH-47 A Chinook, « grue volante » de 17 500 kg. A elle seule, la *First Air Cav*, la première division de cavalerie aéroportée débarquée au Vietnam à l'été 1965, a plus de 500 hélicoptères en service. L'hélicoptère intervient dans tous ses engagements, y compris pour la mise en batterie des obusiers de 105 mm sur des emplacements inaccessibles à l'avion. Sans le transport aérien, déclarait en janvier dernier un officier de l'U.S. Army lors de l'enquête menée par la revue *Aviation Week*, nous serions incapables de conduire les opérations.

Les succès de l'avion et de l'hélicoptère lors des missions logistiques au Sud-Vietnam ont incité les dirigeants du Nord-Vietnam à réclamer les mêmes facilités à l'URSS. La revue *Ogonek* publiait au début de cette année un article de A. A. Stetensko, un pilote soviétique de Mil Mi-6, le plus gros hélicoptère en service dans le monde, détaché l'an dernier comme instructeur au Nord-Vietnam et rentrant à Moscou. Transporté en pièces détachées par voie de mer, le Mi-6, une grue volante de 42 500 kg capable d'enlever 12 000 kg ou 65 passagers, fut remonté à Haïphong et faillit être détruit au cours d'un engagement avec des appareils d'un porte-avions américain qui l'avaient détecté au radar. Le Mi-6 fit la démonstration de ses capacités en récupérant un avion qui avait manqué son atterrissage pour finir dans un marécage. Stetensko rapportait en même temps la mise en service, au Nord-Vietnam, de l'Antonov An-24, transporté également par voie de mer et remonté sur place. L'An-24 est un biturbopropulseur de 13 300 kg pouvant enlever de 44 à 50 passagers. L'Antonov An-2, un biplan monomoteur de 5 500 kg dont le premier vol remonte à 1947, y serait également en service et aurait même réussi à couler, de nuit, un navire américain croisant dans le golfe du Tonkin.

Camille ROUGERON

MISSILES BALISTIQUES ET ANTIMISSILES

Cet anti-missile soviétique apparut pour la première fois au défilé du 7 novembre 1963. Désigné par

le nom de code Grifon à l'OTAN, c'est un engin à deux étages assez voisin du Nike-Zeus américain.

Faut-il ou non entreprendre le déploiement des anti-missiles que les États-Unis et l'URSS étudient depuis plus de dix ans et qui ont la prétention d'intercepter un missile équipé d'un cône de charge nucléaire en provoquant son explosion à une altitude où elle ne produirait pas de dégâts importants au sol ? Les dirigeants américains et soviétiques diffèrent d'avis sur ce point.

Pourquoi interdirait-on le recours à cette arme défensive, déclarent en substance les responsables soviétiques ? « De nouveaux systèmes à haut rendement de missiles conçus pour la défense ont été mis au point et rendus opérationnels, écrivait en janvier dernier le maréchal Malinovski, ministre de la Défense de Moscou. Les forces de notre défense antiaérienne sont capables de protéger avec certitude le pays contre tous les moyens dont dispose l'ennemi pour l'attaquer par voie aérienne. » Mais le président Johnson lui avait répondu par avance, quelques jours plus tôt, dans son message sur l'état de l'Union : « Les États-Unis n'ont pas l'intention, pour le moment, de se lancer

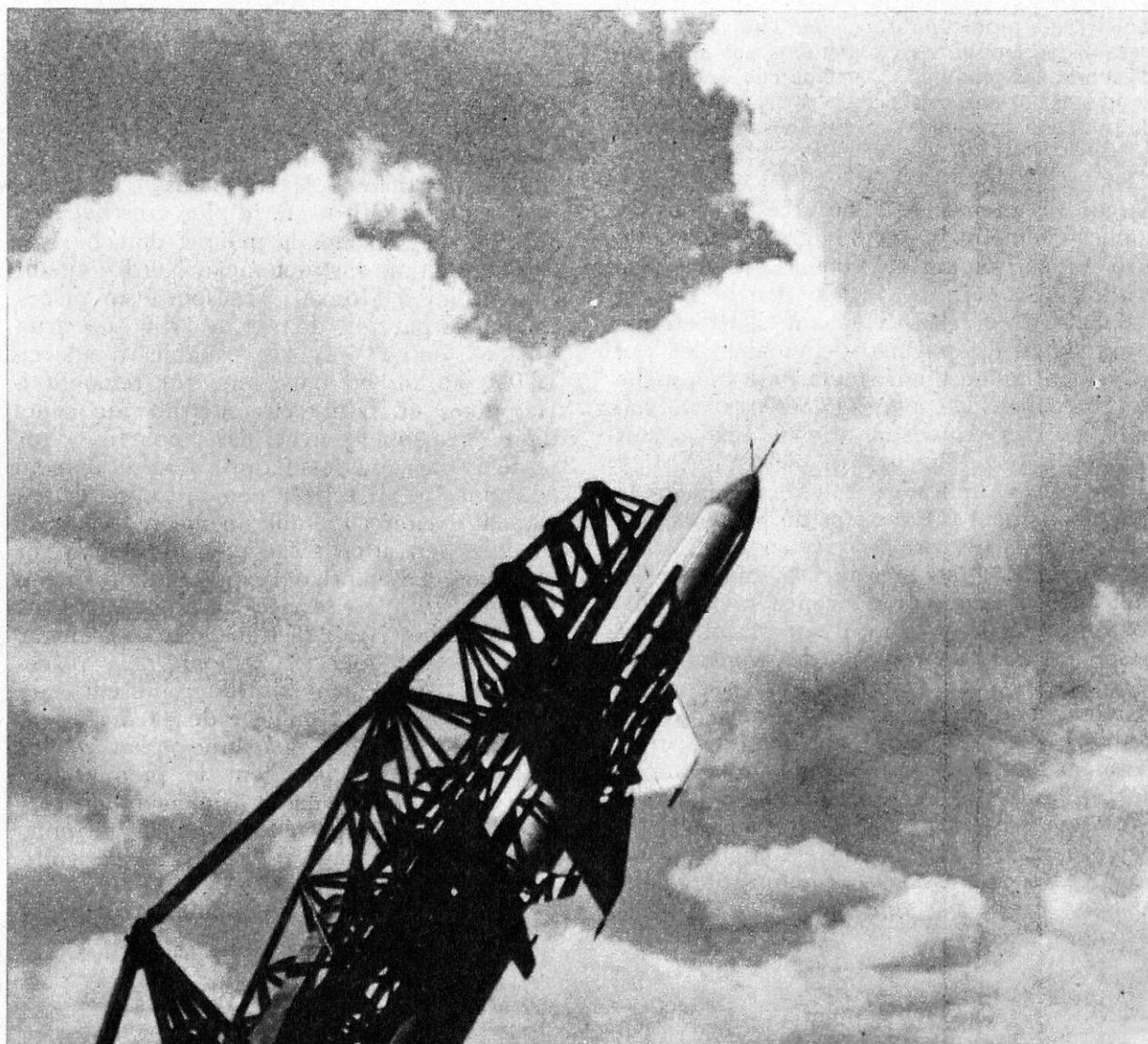


PHOTO NOVOSTI

dans une course aux anti-missiles, bien que l'URSS procède au déploiement de ces armes autour de Moscou. »

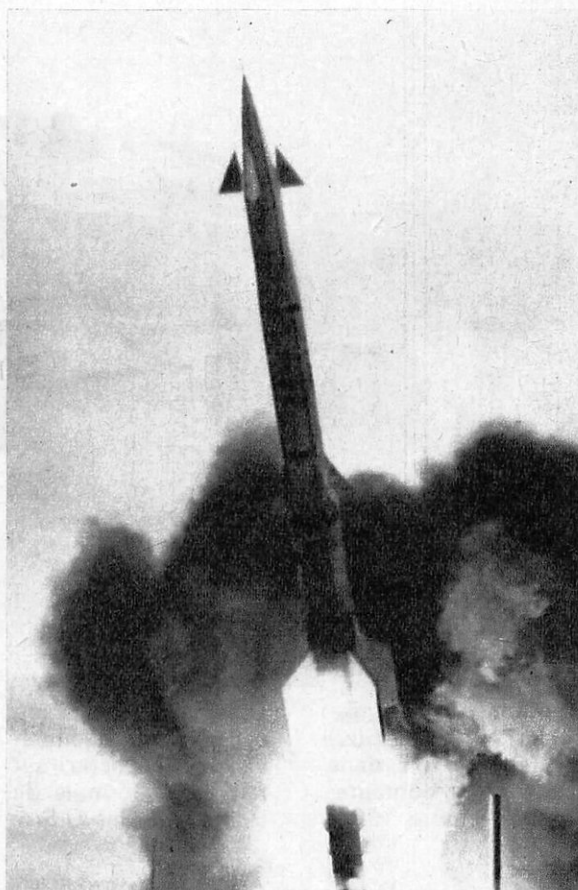
Dix ans de mise au point

Le problème de l'interception se posa dès 1955, au lendemain des premières détections au-dessus de l'URSS des trajectoires de missiles balistiques à portée « intermédiaire ». Le général Nathan Twining, chef d'état-major de l'U.S. Air Force, conseilla aussitôt de ramener « l'arme absolue » à ses véritables proportions. « Il faudra longtemps, disait-il, avant que les possibilités du missile balistique atteignent celles de l'avion : la parade sera vite découverte dès que les deux camps en posséderont... En fait, la voie que nous suivons en préparant leur construction nous servira à mettre au point une défense. »

Responsable de la défense contre avions par missiles sol-air, l'U.S. Army se faisait confier en même temps la charge de la défense contre les missiles balistiques. Au printemps 1957, elle ajoutait donc aux Nike-Ajax et Nike-Hercules, prévus pour la défense contre avions, un Nike-Zeus qui aurait la charge d'intercepter les missiles balistiques. Elle passa le marché à la Western Electric, qui confia la recherche et le développement de l'arme nouvelle à sa division d'études, les Bell Telephone Laboratories, et sous-traita l'anti-missile lui-même à Douglas, constructeur du Nike-Ajax et du Nike-Hercules.

L'étude du Nike-Zeus, avec ses deux étages à poudre et son guidage, fut assez longue. En août 1959, le premier étage fut tiré à White Sands avec succès. L'ensemble des deux étages suivit en février 1960. Le guidage fut expérimenté dès la fin de la même année. En septembre 1961, on annonça un lancement à Point Mugu (Californie) avec un troisième étage destiné à accroître la précision du guidage dans les quelques secondes précédant l'interception. Enfin, en juillet 1962, le Nike-Zeus, tiré de l'atoll de Kwajalein, réussissait la première interception, suivie de sept autres, d'un engin Atlas tiré de la base de Vandenberg (Californie) à 6 900 km de là.

Le Nike-Zeus réussirait-il à intercepter la totalité des missiles dirigés contre un objectif ? On en doutait bien avant l'essai de 1962, et le département de la Défense mit au concours entre Douglas, North American et Martin le projet du Sprint, un anti-missile à très forte accélération capable d'arrêter, à quelques dizaines de milliers de mètres d'altitude, les missiles qui auraient franchi



Le Nike-Zeus, le plus ancien des anti-missiles américains est étudié depuis 1957 pour l'U.S. Army par la

Western Electric et Douglas; rebaptisé Spartan en 1967, il pèse plus de 10 000 kg et porte à 500 km.

le barrage des Nike-Zeus. Le marché échut en mars 1963 à Martin qui expérimenta à White Sands, en mars 1965, la fusée propulsive, puis en novembre 1965 l'anti-missile complet.

Simultanément, la Western Electric et sa division de recherches, les Bell Telephone Laboratories, reprenaient complètement le problème des radars. Un radar « au-dessous de l'horizon » peut détecter à très grande distance la trajectoire des missiles. Un autre peut balayer, électroniquement et non mécaniquement, l'ensemble de l'espace en une fraction de seconde, suivre non seulement les missiles mais les « decoys », les leurres, qui les accompagneront et transmettre les résultats à des calculatrices dont on attend qu'elles séparent, en-deçà d'une certaine altitude tout au moins, les leurres et les cônes de charge. Finalement, une troisième série de radars commandera le départ des anti-missiles et assurera leur guidage.

Rebaptisé Nike-X, l'ensemble du Nike-Zeus, dont la plus récente version, le DM

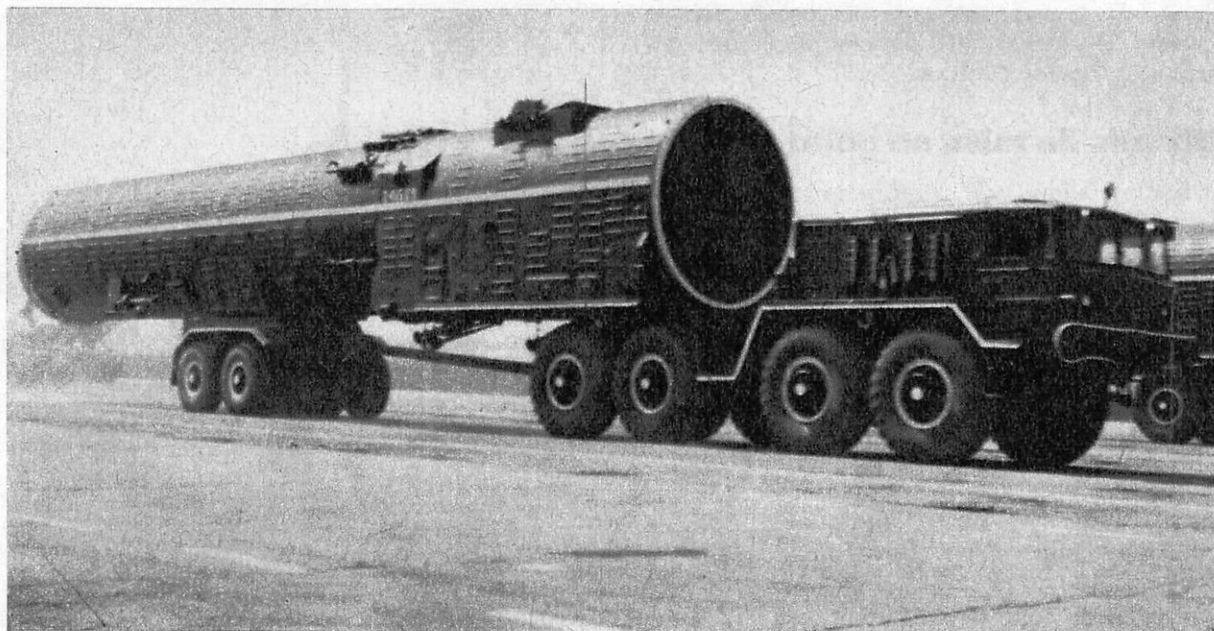


PHOTO NOVOSTI

Le Galosh (désignation OTAN) défile pour la première fois dans son énorme container le 7 novembre 1964.

D'après les tirs qui ont été présentés à la télévision de Moscou il serait de la formule du Sprint pour les U.S.A.

15 X-2, pèse largement plus de 10 000 kg et porte entre 400 et 500 km au lieu des 240 km choisis à l'origine, complété par le Sprint et la série des radars et calculatrices constitue le système d'armes dont on réclame le déploiement.

L'étude des anti-missiles soviétiques a dû commencer à peu près en même temps que celle du Nike-Zeus. Les premiers tirs d'essais ont été détectés en 1960 au voisinage du lac Balkhach, dans le Kazakhstan. Le maréchal Malinovski pouvait annoncer au 22^e Congrès du Parti, en octobre 1961, que « le problème de la destruction des missiles balistiques en vol avait été résolu ». Le 7 novembre 1963, pour l'anniversaire de la Révolution, le matériel retenu défila sur la Place Rouge. Qualifié officiellement d'anti-missile par les autorités soviétiques, il reçut à l'OTAN le nom de code de Griffon. Avec 16,50 m de longueur, il dépassait un peu les 14,73 m du Nike-Zeus. C'était, comme celui-ci à la même époque, un engin à poudre à deux étages. Le 7 novembre 1964, un deuxième matériel, qualifié également d'anti-missile par le commentateur, fut présenté, enfermé dans un container de 20,40 m de longueur : il reçut le nom de code de Galosh. En mai 1965, la télévision de Moscou présenta un tir d'interception de ce qu'on croit être le Galosh, assez semblable au cône très effilé du Sprint.

On a parlé à plusieurs reprises, au cours des dernières années, d'un début de déploiement des anti-missiles soviétiques autour de Léninegrad, puis de Moscou. Ce n'est cependant que le 10 novembre 1966 que ce déploiement, qui serait celui des Galosh, fut reconnu par le secrétaire à la Défense, M. Robert S. McNamara. L'observation continue par les satellites Samos aurait permis de suivre la préparation des abris et l'ouverture des tranchées pour pose des câbles entre les différents emplacements.

Pour ou contre les anti-missiles

Dès les premières années de l'étude de ce qui devait devenir le Nike-X, le chef d'état-major de l'U.S. Army et ses collaborateurs responsables du programme estimaient que les résultats attendus du Nike-Zeus justifiaient un début de commande en série. Le comité des chefs d'état-major se laissa assez rapidement convaincre.

L'appui de l'industrie aérospatiale, et même de l'industrie en général, était assuré à un projet dont les premières estimations, y compris les additions jugées indispensables (abris collectifs anti-retombées, etc.) s'élèvent à quelque 35 milliards de dollars.

Restait à convaincre le Congrès. Le président Kennedy avait tenté à trois reprises d'obtenir, pour un début de construction d'abris présenté indépendamment du programme Nike-X, des crédits relativement modestes. Le Congrès les lui refusa. Au début de 1963, réuni en session secrète pour la première fois depuis la Seconde Guerre mondiale, le Sénat refusa de même d'en-



PHOTO NOVOSTI

tamer la construction de série du Nike-X. Il finit par se laisser convaincre au début de 1966, malgré les protestations de M. McNamara affirmant que de nombreux problèmes techniques restaient encore à résoudre. Le Congrès ajouta donc aux crédits recherche et développement demandés pour le Nike-X par le département de la Défense un modeste supplément pour un début de construction de série. M. McNamara refusa d'engager la dépense.

Les premières explosions nucléaires chinoises, se succédant à cadence rapide, devaient donner aux partisans de l'anti-missile l'occasion d'une nouvelle offensive. En décembre 1965, M. McNamara exposa au conseil de l'OTAN ses vues sur la menace nucléaire chinoise. Il admit que les premiers engins balistiques à cône de charge nucléaire pourraient apparaître dès 1967, pour les portées intermédiaires du moins. Mais il rejeta à 1975 l'éventualité de la mise en service des missiles à portée intercontinentale.

L'explosion chinoise, le 27 octobre 1966, d'une charge nucléaire lancée par missile confirmait une de ces prévisions. Mais le report à 1975 de la mise en service des missiles intercontinentaux chinois a été fortement mis en doute par les spécialistes américains les plus autorisés. M. Martin Summerfield, précédemment rédacteur en chef du *Journal of the American Rocket Society* et aujourd'hui professeur de technique aérospatiale à l'Université de Princeton, soutenait en novembre 1964, dans le *New York Times*, que la Chine trouverait dans la documentation publique américaine, anglaise, française ou allemande, toutes les données

Le Serb (désignation OTAN), engin mersol présenté le 7 novembre 1964. Les spécialistes américains en

estiment la portée à 1 000 km et annoncent qu'une version à portée accrue sera présentée en 1967.

théoriques et pratiques suffisantes pour la construction immédiate d'un missile à portée intercontinentale, et cela avec une dépense cent fois moindre que celle que les Etats-Unis avaient consacrée à leur développement.

Même si l'on devait renoncer à une protection complète contre la menace des missiles soviétiques, ne pouvait-on du moins envisager un déploiement limité d'anti-missiles qui assurerait une protection satisfaisante contre une menace chinoise ? M. McNamara finit par l'admettre, mais il continue à affirmer que rien ne presse et qu'il sera toujours temps de l'entreprendre lorsque la Chine se lancera dans la construction de missiles intercontinentaux. Le président Johnson s'est laissé convaincre.

Explosion basse et explosion haute

Les déclarations officielles soviétiques qui ont précédé le début de déploiement ont toujours traduit le plus grand optimisme quant à l'efficacité de leur système d'interception.

Dès février 1962, lorsque le maréchal Moskalenko, commandant en chef des missiles stratégiques, puis le maréchal Malinovski, ministre de la Défense, affirmaient avoir résolu le problème de l'interception des

missiles américains, ils ajoutaient que les missiles soviétique, eux, échappaient à ce risque d'interception. En mars suivant, M. Khrouchtchev reprenait la même thèse avec son enthousiasme habituel : ses anti-missiles étaient assez précis pour « atteindre une mouche dans le ciel ». Mais il se gaussait en même temps de ces prétendues lignes de défense par radars que les Etats-Unis avaient établies au Canada, au Groenland et jusqu'en Grande-Bretagne : les fusées « globales » soviétiques, qui « entrent par la fenêtre lorsqu'on les attend à la porte », les mettraient en échec.

Les affirmations soviétiques reposent sur une base technique indiscutable, connue dès avant les premières études d'anti-missiles et avant même l'apparition des premiers missiles balistiques de grande portée.

Lorsqu'il fut proposé pour la première fois, aux derniers jours de 1964, de remplacer l'effet de souffle d'une explosion nucléaire basse — c'est-à-dire à quelques kilomètres d'altitude — par l'effet incendiaire d'une explosion haute, à quelques dizaines de kilomètres d'altitude, l'URSS retint la suggestion. Elle exécuta, quelques mois plus tard, une explosion expérimentale haute rapportée aussitôt par la presse américaine spécialisée. Les Etats-Unis suivirent immédiatement. Mais les deux pays en tirèrent des conclusions très différentes.

Lors de sa campagne d'intimidation, au début de 1958, à l'adresse des pays assez imprudents pour accepter l'implantation sur leur territoire de bases américaines de missiles balistiques, Radio-Moscou précisa qu'un seul des missiles que l'URSS serait contrainte d'envoyer contre les installations de lancement détruirait en même temps l'ensemble des Pays-Bas ou du Danemark. La menace excluait donc le recours à l'explosion basse, le rayon des dégâts par effet de souffle ne croissant que selon la racine cubique de la puissance et celui des dégâts par incendie, à grande distance du moins, tombant plus vite encore en raison de l'absorption du flux calorifique par les basses couches de l'atmosphère. En janvier 1960, le discours de M. Khrouchtchev à la session extraordinaire du Soviet suprême laissait toujours dans l'ombre les caractéristiques de « l'arme terrifiante et incroyable qui était encore dans les serviettes des savants soviétiques ». Plus précises, les menaces d'août 1961 annonçaient la puissance, 100 mégatonnes, des charges promises par ces savants et confirmaient que les chefs militaires avaient les moyens de les propulser.

Les déclarations soviétiques se trouvèrent confirmées un mois plus tard, avec la confé-

rence de presse du 1^{er} octobre 1961 de l'*Atomic Energy Commission* et les calculs qu'elle présentait sur l'effet des explosions de 100 mégatonnes. Les grosses destructions par le souffle d'une explosion basse s'étendraient jusqu'à 29 km et couvriraient 2 600 km². Mais les grosses destructions incendiaires d'une explosion haute s'étendraient à près de 100 km et couvriraient 30 000 km². Questionné aussitôt sur les évaluations de l'*Atomic Energy Commission*, le département de la Défense refusa tout commentaire : la question, affirmait-il, était encore à l'étude.

Le choix des responsables de la défense américaine a différé profondément de celui des dirigeants soviétiques. A l'Atlas et au Titan I commandés dès 1955, puis au Titan II auquel on attribue aujourd'hui un cône de charge de quelque 10 mégatonnes, ont succédé en 1957 et 1958 des commandes de Polaris et de Minuteman dont les cônes de charge étaient prévus pour 0,5 à 1 mégatonne. Abstraction faite du rendement des destructions et du prix des missiles, la doctrine américaine pouvait se défendre. Elle visait d'une part à multiplier le nombre des missiles américains, qui dépasse aujourd'hui largement les 1 500, pour leur permettre d'échapper à une destruction par l'attaque inopinée des quelque 100 à 200 missiles que l'on attribuait à l'URSS à l'approche des années 1960. Elle se prêtait d'autre part, surtout lorsque M. McNamara prit la charge du département de la Défense, à la distinction entre une « stratégie anti-forces » et une « stratégie anti-cités ». Si le recours aux armes atomiques tactiques ne suffisait pas à dissuader l'adversaire de pousser plus loin l'affrontement, on l'eût prévenu qu'on allait passer à une destruction de ses bases de missiles à longue portée, assez mal abritées à l'époque. Ce n'est qu'en dernier ressort que l'on aurait entrepris la destruction de ses objectifs industriels et démographiques. Pour appliquer utilement un tel schéma d'opérations, il faut malheureusement être deux à l'accepter et l'URSS s'est toujours défendue pour sa part de faire des distinctions aussi subtiles si elle était amenée un jour à conduire une guerre nucléaire.

Quoi qu'il en soit, le choix soviétique d'un petit nombre de missiles porteurs de grosses charges, exécutant leurs destructions incendiaires par explosion haute, et le choix américain d'un grand nombre de missiles porteurs de petites charges, exécutant leurs destructions par le souffle d'une explosion basse, se traduit par des possibilités très différentes dans le domaine de l'interception de ces engins.

Si l'URSS ou les Etats-Unis déploient un réseau d'anti-missiles, leur adversaire peut-il trouver un moyen de le franchir ? Les parades aux anti-missiles ont été étudiées, en fait, en même temps que les anti-missiles. Elles expliquent la dizaine d'années de travaux consacrées à ceux-ci.

Les parades à l'anti-missile

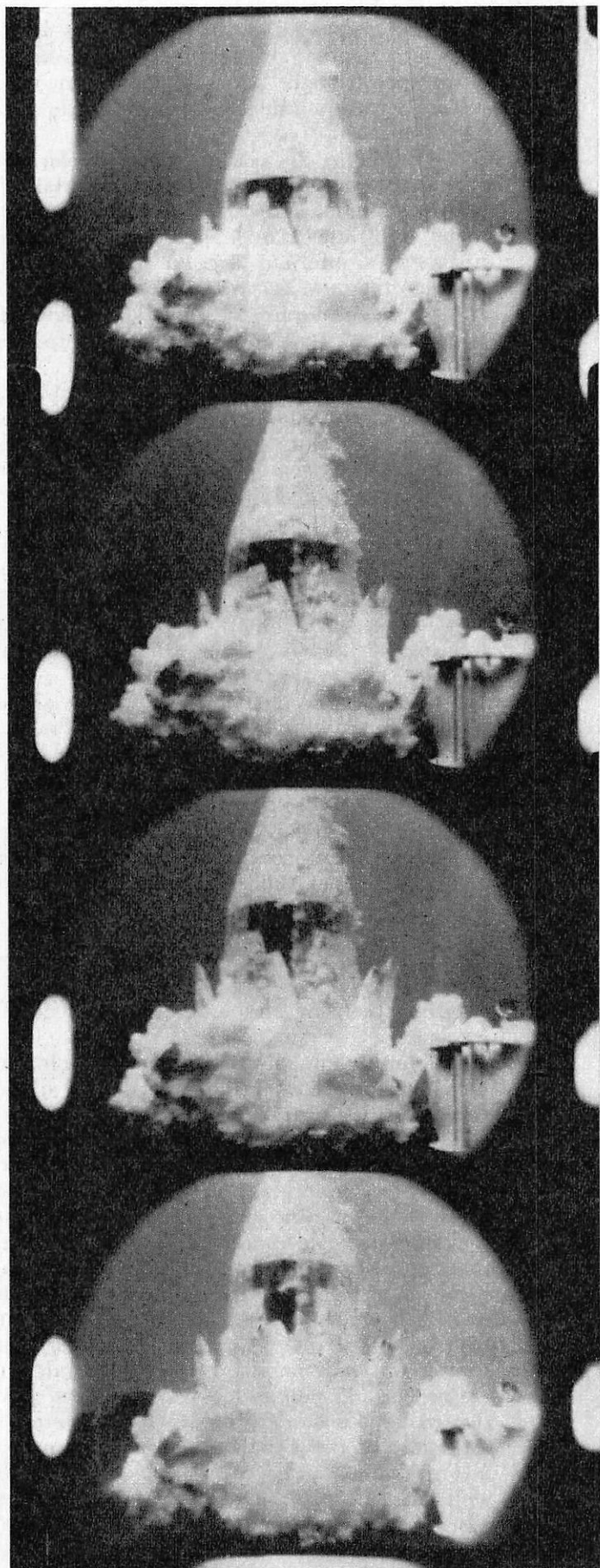
En octobre 1960, la revue américaine *Astronautics* publia un numéro spécial sur la défense contre les missiles balistiques. Elle demanda l'article d'introduction au général Austin W. Betts, directeur de l'*Advanced Research Projects Agency* et responsable, en cette qualité, de l'ensemble des projets de défense contre missiles et satellites. Pour éviter probablement toute difficulté tenant aux questions secrètes, le général Betts reproduisit, en plusieurs pages, la déposition en avril 1959 de son prédécesseur, Roy W. Johnson, devant une sous-commission du budget de la Chambre des Représentants. Celle-ci, qui avait accordé volontiers un crédit de 80 millions de dollars lors du budget de l'année fiscale 1959 pour le projet Nike-Zeus, s'étonnait de se voir réclamer à nouveau 128 millions de dollars dans le projet de budget pour l'année fiscale 1960. Elle ne se doutait pas qu'on dépasserait, toujours sans qu'une solution fût en vue, les 2,5 milliards de dollars avec l'année fiscale 1967.

Le Nike-Zeus, déclarait M. Roy W. Johnson, pouvait intercepter dans sa forme actuelle un nombre limité de missiles dirigés contre le même objectif. Mais il n'y réussirait pas si l'assaillant compliquait le problème par une organisation convenable. M. Johnson complétait cette affirmation par une énumération, non limitative, d'une douzaine de moyens possibles.

— Le cône de charge peut suivre la trajectoire normale déterminée d'après les données du radar et la densité de l'atmosphère. Il sera alors détruit dans la boule de feu de l'explosion d'un anti-missile dirigé avec précision sur ce point présumé de rencontre. Mais si l'on a pris la précaution de l'équiper d'un dispositif à forte traînée, genre parachute, déployé avant cette rencontre, l'interception ne sera pas assez précise pour garantir cette destruction.

L'URSS l'emporte par le nombre des sous-marins lance-missiles, mais n'est venue que récemment au lance-

ment en plongée, retenu dès 1957 par les U.S.A. pour le Polaris, que représentent ces vues sous-marines.



— Le dispositif de freinage peut d'ailleurs être établi non seulement pour un ralentissement, mais pour imprimer une trajectoire erratique au cône de charge du missile offensif.

— Ce cône de charge peut révéler ses véritables dimensions aux radars. Mais il peut également être recouvert d'un revêtement anti-radar ramenant le signal à un niveau très inférieur à celui des débris du dernier étage qui l'accompagneront.

— L'électronique du cône de charge, s'il y en a une, peut être protégée contre les radiations résultant de l'interception.

— Le cône de charge peut être unique. Mais il peut également, sous l'effet d'une explosion chimique de puissance modérée, se décomposer en plusieurs éléments qui suivront des trajectoires distinctes et imprévisibles.

— La fragmentation du dernier étage du missile peut très bien imiter, du point de vue radar du moins, des cônes de charge.

— Dans la haute atmosphère, des objets très légers, ballonnets par exemple, peuvent être utilisés à cette même fin.

— Des objets plus lourds peuvent simuler la rentrée d'un cône de charge, même à l'altitude de quelques dizaines de kilomètres où l'échauffement aurait détruit les ballonnets.

— La dispersion de feuilles métallisées ultra-légères qui complique le repérage des avions par radars aurait le même effet dans la très haute atmosphère.

— On peut recourir à des dispositifs actifs de brouillage des radars de la défense.

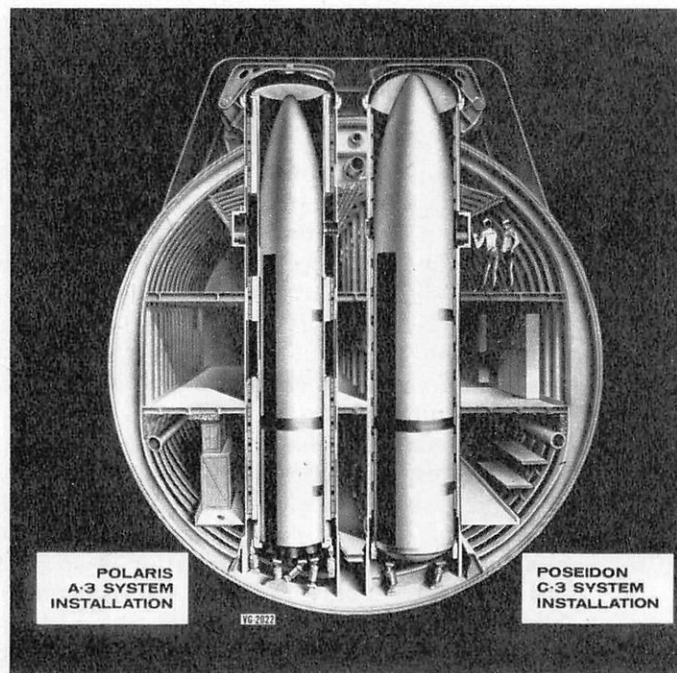
Bien entendu, toutes ces parades, et d'autres, peuvent être employées en combinaison.

En terminant sa déposition, M. Johnson concluait que « les effets thermiques d'une explosion haute, ou les retombées d'une explosion percutante lointaine » mettaient en défaut les matériels tels que le Nike-Zeus, dont l'effet protecteur ne pouvait être que local. Il se trouvait ainsi d'accord, deux ans d'avance, avec le maréchal Malinowski affirmant que les gros missiles soviétiques, organisés pour les destructions incendiaires par explosion haute, c'est-à-dire à une altitude de plus de 80 000 m où la densité de l'air tombe au millionième de sa valeur au sol et où l'on ne peut donc distinguer le cône de charge des leurres d'après leur différence de comportement balistique, échapperaient à l'interception. Il l'était également, mais sept ans plus tôt, avec M. McNamara ne voyant aucun moyen, autre que l'abri, contre les radiations produites par l'explosion de cônes de charge tombant à grande distance

des villes auprès desquelles on aurait déployé le réseau d'anti-missiles.

Devant l'offensive concertée des dirigeants militaires, des constructeurs d'anti-missiles et du Congrès, le président Johnson recueillit, fin 1965, l'avis d'un comité de 15 membres dont on ne pouvait discuter ni la compétence ni l'indépendance politique.

Le rapport fut rédigé sous la double présidence du Dr Jerome B. Wiesner, anciennement conseiller scientifique du président Kennedy et actuellement doyen du *Massachusetts Institute of Technology*, et de M. Roswell Gilpatric, un ancien secrétaire-adjoint à la Défense. Il concluait nettement que le déploiement d'un réseau d'anti-missiles soit par les Etats-Unis, soit par l'URSS, n'aurait d'autre effet que de provoquer, dans l'autre camp, la construction de missiles offensifs nouveaux capables de percer ce système de défense. Cette « prolifération verticale » des armes offensives et défensives n'aboutirait qu'à une escalade extraordinaire des dépenses, sans aucun intérêt pour la protection véritable des populations. Le rapport Wiesner-Gilpatric demandait donc au président Johnson de s'accorder



Le Polaris va être remplacé sur une trentaine de sous-marins par le Poseidon. Parmi les « decoys » (leurres) qui le mettront à l'abri des anti-missiles figure la décomposition du cône de charge en

deux, se dispersant à la rentrée dans l'atmosphère dans des directions imprévisibles. La transformation des sous-marins a été confiée par l'U.S. Navy au département Missiles de la Westinghouse.

avec l'URSS sur le principe d'un moratoire de trois ans dans la production et le déploiement d'un dispositif d'anti-missiles. Il semble bien que le président se soit rallié à une solution de ce genre, à en juger par son message sur l'état de l'Union de janvier dernier.

De nouveaux missiles offensifs

Tout en annonçant que, dans l'état actuel des armements américains et pour longtemps encore, ses missiles offensifs étaient en mesure de percer le dispositif de défense qu'on tenterait de leur opposer, M. McNamara a déjà établi et entamé les programmes de développement de ceux qui leur succéderont.

L'étude du plus avancé, le Poseidon, qui emprunte son nom au dieu des mers et des tremblements de terre, a débuté il y a plus de deux ans ; l'annonce en a été faite par le président Johnson lui-même en janvier 1965. Il se substituera au Polaris qu'on retirerait, sinon de la totalité, du moins de la plus grande partie des 41 sous-marins à propulsion atomique lanceurs de missiles. Le contrat d'étude, passé à Lockheed en mars 1966 pour 26,5 millions de dollars, n'est qu'un modeste début. M. McNamara estimait le coût de son développement à quelque 900 millions de dollars. La dépense totale, construction de série et refonte des sous-marins pour loger des missiles de longueur légèrement accrue et surtout de diamètre relevé de près d'un tiers, est évaluée à plusieurs milliards de dollars. La charge du Poseidon serait deux fois plus puissante que celle des Polaris A-3 et surtout elle s'accompagnerait d'une possibilité de dédoublement du cône de charge, sans compter de nombreuses aides à la pénétration de nature non précisée. La portée, avec 2 500 milles nautiques, atteindrait celle du Polaris A-3. Elle passerait à 3 500 milles nautiques avec charge simple et aides à la pénétration réduites. La mise en service serait achevée en 1970.

Avec le Minuteman 3, qui pourrait remplacer le Minuteman 2 dans ses silos, apparaîtrait un autre principe : celui du cône de charge unique dirigé apparemment sur un faux objectif et manœuvrant à la rentrée pour s'orienter vers le vrai. Les essais ont déjà commencé, en utilisant des Atlas réformés. Au surplus, le responsable des missiles soviétiques annonçait il y a près d'un an qu'il s'engageait dans la même voie.

Reste à choisir l'I.C.M. (*Improved Capability Missile*), le missile aux possibilités accrues qui sera construit en série dès le

début des années 1970. Le programme n'en est encore qu'à la période de définition, avant même le choix du type et du constructeur à qui l'on confiera l'étude. Avec la publicité de règle pour une affaire de cette importance, le département de la Défense a déjà fait connaître, depuis un an, les voies entre lesquelles il hésitait.

La première est celle d'un missile d'une centaine de tonnes au départ, déplaçable sur voie ferrée, dont le cône de charge serait à la fois doué de possibilités de manœuvre à la retombée et parfaitement protégé contre l'effet des explosions nucléaires défensives.

Une autre suggestion est l'une des variantes du projet Orca, présenté il y a quelques années par General Dynamics, retenu alors par l'*U.S. Air Force* et bénéficiaire de nombreux marchés d'études préliminaires. Le missile, beaucoup plus lourd qu'un Polaris, serait enfermé dans un container étanche qu'on mouillerait au voisinage des côtes de l'adversaire. Dans cette mission, un cargo ou un chalutier remplaceraient avec profit le sous-marin à propulsion atomique. La réduction de portée permettrait le relèvement de la puissance et l'addition de toutes les aides à la pénétration jugées utiles.

D'autres préconisent l'*Air-Augmented Rocket*, la propulsion par fusée avec éjection d'air additionnel. Dans la basse atmosphère, le rendement propulsif et l'impulsion spécifique l'emporteraient de beaucoup, jusque vers Mach 10, sur ceux de la fusée simple, au bénéfice de la charge utile. Sur la fraction ascendante, propulsée et manœuvrante de la trajectoire, l'interception se conçoit difficilement. Au surplus, à l'air additionnel près, n'est-ce pas dans cette voie que sont engagés les sous-marins soviétiques, dont on sait qu'ils ne lanceraient qu'un nombre de missiles très inférieur aux 16 Polaris des sous-marins américains, mais avec des cônes de charge de puissance très supérieure ?

La parade aux missiles prédite en 1955 par le général Nathan Twining n'est pas près d'être trouvée. Le Dr Ralph E. Lapp, qui joua un rôle important dans la production de la première bombe atomique, devint ensuite membre de l'*Atomic Energy Commission* et, rendu au professorat, reste l'une des autorités les plus écoutées dans le domaine de l'armement nucléaire, donnait en janvier dernier son avis sur les chances respectives de l'attaque et de la défense : « Pour chaque progrès nouveau que vous introduirez dans le domaine de l'anti-missile, dix moyens de l'annuler apparaîtront dans le domaine du missile. »

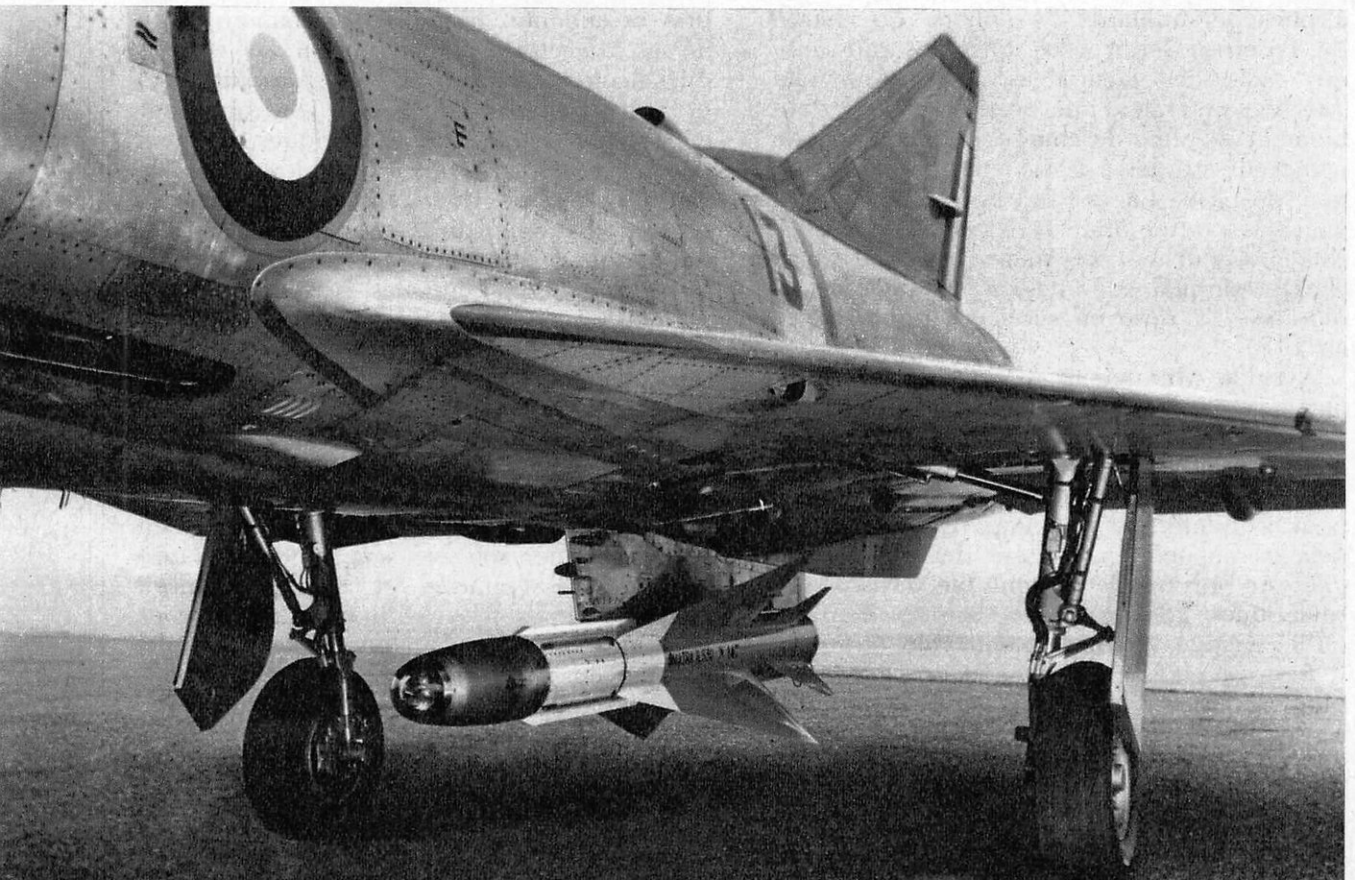
Camille ROUGERON

LES MISSILES

MISSILES AIR-AIR

Constructeur et type	Longueur (m)	Diamètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum	Portée (km)	Observations
ÉTATS-UNIS									
DOUGLAS									
Genie	2,90	0,45	0,60	fusée à poudre	non guidé	375	Mach 3	10	Missile à charge nucléaire.
HUGUES									
Falcon	2	0,16	0,50	fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge	55	plus de Mach 2	8	Armement standard de plusieurs intercepteurs. Fabriqué sous licence en Suède (Saab).
Super-Falcon	2,06	0,17	0,60	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge	66	Mach 2,5	11	Version améliorée du Falcon.
Nuclear Falcon	2,43	0,28	0,50	fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif	90	Mach 2	8	Peut emporter une charge nucléaire.
Phœnix				fusée à poudre		500		90	Missile à longue portée. Doit équiper le F-111 B de l'U.S. Navy.
NAVAL ORDNANCE									
Sidewinder	2,90	0,13	0,65	fusée à poudre	autoguidage infrarouge ou radar semi-actif	85	Mach 2,5	3,5	En service en plusieurs versions dans l'U.S. Navy, l'Air Force et de nombreux pays de l'O.T.A.N. Egalement en service en Australie, Japon, Philippines, Espagne, Suède, etc. Fabriqué sous licence en Allemagne Fédérale.
RAYTHEON									
Sparrow III B	3,65	0,20	1,02	fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif	180	Mach 2,5	13	En service. Existe en version Sea Sparrow de défense anti-aérienne rapprochée pour l'U.S. Navy.
FRANCE									
MATRA									
R-511	3,10	0,26	1	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif	180	Mach 1,8	7	En service dans l'Armée de l'Air sur les Vautour II et Mirage III-C. Fusée de proximité. Plafond 18 000 m.
R-530	3,30	0,26	1,10	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge	195	Mach 2,7	18	Remplace progressivement le précédent. Equipe les Mirage australiens et les Crusader de la Marine française. Plafond 21 000 m. Fusée de proximité. Versions 540 et 550 en préparation.
GRANDE-BRETAGNE									
HAWKER-SIDDELEY									
Firestreak	3,20	0,23	0,75	fusée à poudre	autoguidage infrarouge	135	plus de Mach 2	1 à 8	Equipement standard de la R.A.F. et de la Royal Navy.
Red Top	3,50	0,23	0,90	fusée à poudre	autoguidage infrarouge		Mach 3	11	Version améliorée du Firestreak.

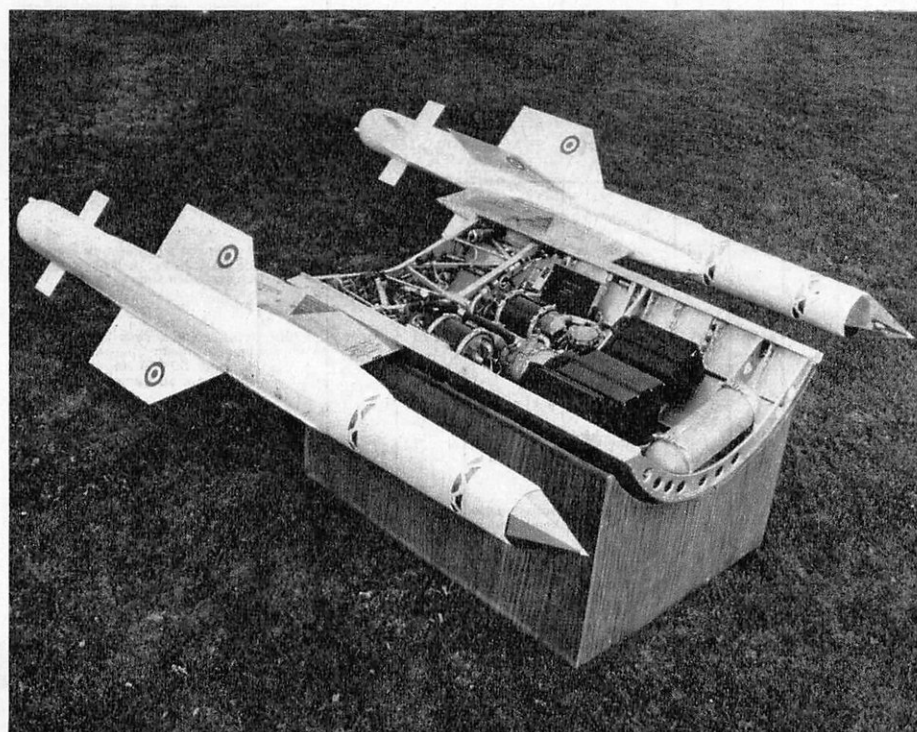
Fixé sous un intercepteur Mirage III, un missile air-air Matra R-530 (dans une version à autoguidage infrarouge).





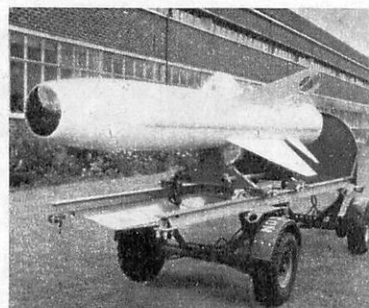
Le Hughes Phoenix,
que l'on voit ici lors
d'un tir d'essai, doit
équiper les chasseurs
F-111B de l'U.S. Navy.

**Ci-contre le système
d'armes du Firestreak,**
tel qu'il est installé
sur les intercepteurs
Lightning de la R.A.F.



MISSILES AIR-SURFACE

Constructeur et type	Longueur (m)	Diamètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum	Portée (km)	Observations
ÉTATS-UNIS									
MARTIN									
Bullpup A	3,20	0,30	0,94	fusée à poudre	téleguidé	260	Mach 1,8	11	En service dans l'U.S. Navy, l'U.S. Air Force et dans les unités de l'O.T.A.N. Peut emporter une charge nucléaire. Bombe planante.
Bullpup B	4,15	0,45	1,22	fusée à liquide	téleguidé	800		17	
Walleye	3,43	0,40	1,15		autoguidage par télévision				
NORTH AMERICAN									
Condor				fusée à poudre	part télévision			65	
Hornet				fusée à poudre	téleguidé				
Hound Dog	13	0,72	3,70	1 turboréacteur Pratt et Whitney J-52	inertiel	4 350	Mach 2	1 000	Missile destiné à l'attaque des chars et véhicules terrestres. Missile à longue portée emportant une charge thermonucléaire. Tiré d'un bombardier B-52.
NAVAL ORDONANCE									
Shrike				fusée à poudre	autoguidage radar passif	220		15	Missile anti-radar. En service dans l'U.S. Air Force et l'U.S. Navy.
FRANCE									
MATRA									
AS-37 Martel				fusée à poudre	autoguidage radar passif ou télécommande contrôlée par télévision	350	Mach 2,8	25 à 35	Dénomination d'après Missile Air-Radar et télévision; missile à longue portée produit en coopération avec Hawker-Siddeley.
NORD-AVIATION									
AS-12	1,87	0,18	0,65	fusée à poudre à 2 étages	par fils	75		6	Version air-sol du missile anti-chars SS-12.
AS-20	2,60	0,25	0,80	fusée à poudre à deux étages	téleguidé à vue	140	Mach 1,7	7	En service dans l'Armée de l'Air et la Marine Nationale. Equipé aussi les Fiat G-91 allemands et italiens.
AS-30	3,85	0,35	1,00	fusée à poudre à 2 étages	téleguidé	520		12	En service dans l'Armée de l'Air, en Allemagne, en Afrique du Sud et sur les bombardiers tactiques Canberra de la R.A.F. En version AS-33, une centrale à inertie assurera le guidage automatique en fin de trajectoire. Version allégée AS-30 L.
GRANDE-BRETAGNE									
HAWKER-SIDDELEY									
Blue Steel	10,75	1,28	3,96	fusée à liquide	inertiel				Missile à longue portée tiré d'un bombardier lourd; charge thermonucléaire.
(voir aussi à Matra)									
SUÈDE									
ROBOTAVDEL-NINGEN									
Rb-04	4,50	0,50	2	fusée à poudre	autoguidé	600			Pour l'attaque de navires. Equipé le Saab Lansen et équipera le Saab AJ-37 Viggen.
SAAB									
305 A	3,50	0,30	0,80	fusée à poudre	téleguidé	300	super-sonique		Doit équiper le Saab AJ-37 Viggen.



L'engin air-sol Martel a été mis au point en collaboration par la France et la Grande-Bretagne. Ici, la version guidée avec télévision.

MISSILES SURFACE-AIR

ÉTATS-UNIS									
BENDIX									
Talos	9,5	0,75	2,90	1 statoréacteur 1 fusée à poudre auxiliaire largable	faisceau directeur; autoguidage final semi-actif	3 175	Mach 2,5	160	En service sur plusieurs croiseurs de l'U.S. Navy; peut emporter une charge nucléaire.
BOEING									
Super-Bomarc	13,75	0,90	5,55	2 statoréacteurs; 1 fusée à poudre auxiliaire	téleguidé; autoguidage final semi-actif	7 270	Mach 2,8	700	« Intercepteur sans pilote » lancé verticalement; charge nucléaire; plafond 30 000 m; en service également au Canada.
GENERAL-DYNAMICS									
Redeye	1,10	0,07		fusée à poudre	autoguidage infrarouge	8	super-sonique		Missile tiré à l'épaule par tube contre avions volant à basse altitude. Poids du système d'arme: moins de 12 kg. Destiné à l'armée et à la marine américaines.
Tartar	4,60	0,34		fusée à poudre	autoguidage semi-actif	550	Mach 2,5	18	Armement de destroyers et de croiseurs. Plafond 12 000 m; équipe aussi certains bâtiments français, italiens et japonais.
Advanced Terrier	8,25		0,50	fusée à poudre à 2 étages	faisceau directeur	1 360	Mach 2,5	32	Equipe plusieurs croiseurs et frégates de l'U.S. Navy.
PHILCO									
Chaparral	2,90	0,13		fusée à poudre	autoguidage infrarouge	85			Adaptation pour l'U.S. Army du missile air-air Sidewinder. Tiré d'un affût multiple sur véhicule terrestre.
RAYTHEON									
Hawk	5	0,36	1,20	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif	590	Mach 2,5		Missile pour défense contre avions volant à basse et moyenne altitude. En service dans l'U.S. Army et le Corps des Marines. Construit sous licence en Europe.

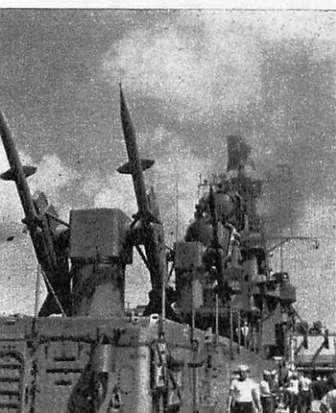
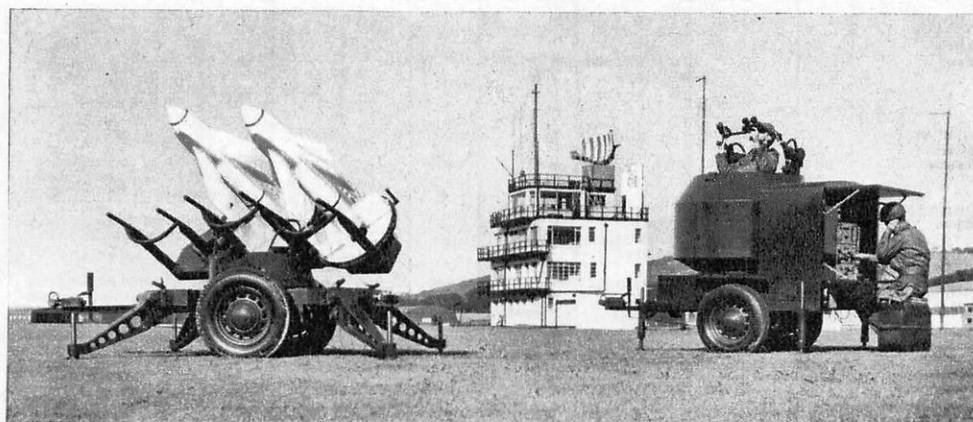


Missile léger de défense anti-aérienne, le General Dynamics Redeye à guidage infrarouge est tiré par tube

Tiré d'un bombardier B-52, l'engin à longue portée Hound Dog est propulsé par turbo-réacteur à Mach 2.



Le Tigercat (ci-contre) est la version terrestre du système d'armes anti-aérien Short Sea-cat de la Royal Navy.



De nombreux bâtiments de l'U.S. Navy sont maintenant équipés d'engins surface-air Advanced Terrier

Constructeur et type	Longueur (m)	Diamètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum	Portée (km)	Observations
FRANCE NORD-AVIATION BOELKOW Roland	2,40	0,15	0,50	fusée à poudre	téleguidé	65	Mach 2	6	Etudié en coopération avec Boelkow pour défense contre avions volant bas jusqu'à Mach 1,3. Lancement par tube.
MARINE NATIONALE (RUELLE) Masurca	8,60	0,40	1,50	2 fusées à poudre en tandem	téleguidé ou autoguidage radar semi-actif	1 850	plus de Mach 2,5		Dénomination d'après Marine SU-perpersonique Ruelle Contre-Avions. Destiné aux frégates lance-engins de la Marine française (Suffren et Duquesne). Fusée de proximité.
GRANDE-BRETAGNE B.A.C. Bloodhound	8,46	0,55	2,85	2 statoréacteurs Bristol-Siddeley Thor; 4 fusées auxiliaires largables à poudre	autoguidage radar semi-actif				Armement standard des unités de défense anti-aérienne de la R.A.F. En service dans l'Armée de l'Air suédoise, en Suisse et en Australie. Fusée de proximité.
Thunderbird	6,35	0,53	1,62	1 fusée à poudre principale; 4 fusées auxiliaires	autoguidage radar semi-actif				En service dans les régiments d'artillerie anti-aérienne britanniques. Fusée de proximité.
HAWKER-SIDDELEY Seaslug	6	0,41	1,50	1 fusée à poudre principale; 4 fusées auxiliaires largables	faisceau directeur				Equipe plusieurs contre-torpilleurs de la Royal Navy. Fusée de proximité.
Sea Dart	4,35	0,42		1 statoréacteur 2 fusées à poudre auxiliaires	autoguidage semi-actif			25	Missile anti-aérien destiné à la Royal Navy.
SHORT Seacat	1,50	0,19	0,65	fusée à poudre à 2 étages	téleguidé				Missile de défense anti-aérienne rapprochée. Equipement standard de la Royal Navy; en service aussi dans les marines australienne, néo-zélandaise, hollandaise, suédoise, etc. Existe en version terrestre Tigercat.
Blowpipe					téleguidé				Arme individuelle pour tir à l'épaule par tube. Poids du système d'arme 12,6 kg.
ITALIE CONTRAVES Indigo	3,20	0,19	0,80	fusée à poudre	téleguidé	100	Mach 2,5	10	Fusée de proximité infrarouge

MISSILES SURFACE-SURFACE

Constructeur et type	Longueur (m)	Diamètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum	Portée (km)	Observations
ALLEMAGNE FÉDÉRALE BOELKOW 810-Cobra (voir aussi à Nord-Aviation)	0,95	0,10	0,50	fusée à poudre à 2 étages	par fils	10	300 km/h	0,4 à 1,6	Missile léger anti-chars. Peut être transporté et tiré par un seul homme. En service en Allemagne Fédérale et dans plusieurs pays de l'O.T.A.N.
ÉTATS-UNIS HUGUES Tow				fusée à poudre à 2 étages	par fils				Désignation pour Tube launched Optically tracked Wire guided. Missile anti-chars pouvant être monté sur véhicule terrestre ou hélicoptère.
LING-TEMCO-VOUGHT Lance	6,10	0,55		fusée à liquide	inertiel simplifié	1 450		5 à 50	Missile d'artillerie pouvant emporter une charge nucléaire. Destiné à remplacer les Honest John.
MCDONNELL Maw				plusieurs petites fusées à poudre	par fils				Désignation pour Medium Anti-tank assault Weapon system. Tiré par tube.
MARTIN Mace	13,40	1,40	7	1 turboréacteur 1 fusée auxiliaire à poudre	version A autoguidage sur repères optiques; version B autoguidage inertiel	8 200	super-sonique	version A : 1 000 version B : 2 000	Missile lourd du type « avion sans pilote ». Peut emporter une charge nucléaire.
Pershing	10,50	1		fusée à poudre à 2 étages	inertiel	4 500	super-sonique	200 à 750	Missile d'artillerie; peut emporter une charge nucléaire. En service également en Allemagne Fédérale.
PHILCO Shillelagh		0,15		fusée à poudre	télaguidé	18			Missile tactique d'infanterie, tiré d'un tube de 152 mm sur véhicule ou hélicoptère; peut emporter une charge nucléaire.
SPERRY Sergeant	10,50	0,80	1,80	fusée à poudre	inertiel	4 600		40 à 135	Missile d'artillerie de portée moyenne; charge nucléaire; en service en Europe.
U.S. ARMY MISSILE COMMAND Davy Crockett				fusée à poudre	non guidé				Missile tiré par tube; en service en Europe; charge nucléaire.
Honest John	8	0,75	1,40	fusée à poudre	non guidé	2 150	Mach 1,5	20	Missile d'artillerie pouvant emporter une charge nucléaire.
Little John	4,50	0,30	0,60	fusée à poudre	non guidé	360		16	Missile d'artillerie à grande mobilité. Charge conventionnelle ou nucléaire.
ÉGYPTE Al Kahir	12,2	1,22		fusée à liquide				600	Existence révélée en 1962; peut-être avec guidage par fils. Version réduite Al Zafir, portée 370 km. Version Al Ared à deux étages, portée 950 km.
FRANCE NORD-AVIATION Entac	0,80	0,15	0,40	fusée à poudre à 2 étages	par fils	12,2	300 km/h	0,4 à 2	Dénomination pour ENgin Téléguidé Anti-Chars; peut être tiré d'un affût multiple sur jeep; armement standard pour la France, la Belgique, le Canada, les U.S.A., l'Australie, l'Indonésie, etc.
SS-11	1,20	0,16	0,50	fusée à poudre à 2 étages	par fils	30	500 km/h	0,5 à 3	Missile anti-chars lancé sur rampe; peut être tiré d'un véhicule terrestre ou d'un hélicoptère. Version B. 1 en service dans de nombreux pays du bloc occidental; types de charges divers; éventuellement guidage infrarouge semi-automatique.
SS-12	1,90	0,18	0,65	fusée à poudre à 2 étages	par fils	75		6	Version évoluée du SS-11; existe aussi en version air-sol AS-12. Eventuellement guidage infrarouge semi-automatique. Equipe les Breguet Alizé et Atlantique de l'Aéronavale et les P-2 Neptune hollandais.
Milan	0,75	0,10	0,25	fusée à poudre	semi-automatique infrarouge	6	650 km/h	2	Dénomination pour Missile d'infanterie Léger ANTichars. Étudié en coopération avec Boelkow. Tiré par tube.
Hot	1,30	0,13	0,30	fusée à poudre à 2 étages	semi-automatique infrarouge	25	1 000 km/h	4	Dénomination pour High subsonic Optically guided Tube launched. Étudié en coopération avec Boelkow.
GRANDE-BRETAGNE B.A.C. Vigilant	1,10	0,11	0,28	fusée à poudre à 2 étages	par fils	14	560 km/h	1,6	Dénomination pour Visually Guided Infantry Light ANti-Tank missile; mise en œuvre simplifiée; peut être transporté et tiré par un seul homme. Peut équiper des véhicules légers.
Swingfire				fusée à poudre à 2 étages	par fils			2,4	Missile anti-chars tiré d'un véhicule de combat.



Le missile antichars Tow est tiré d'un tube et guidé par fils. L'ensemble peut être installé sur un véhicule blindé ou sur un hélicoptère.

Guidé par fils, le Boelkow Cobra de lutte anti-chars est fabriqué en grande série pour les pays de l'O.T.A.N.



L'engin anti-sous-marin Asroc peut, au prix de quelques modifications, utiliser l'affût de l'engin Terrier.

Constructeur et type	Longueur (m)	Diamètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum	Portée (km)	Observations
JAPON KAWASAKI Kam-3D	1,00	0,12	0,60	fusée à poudre à 2 étages	par fils	16	300 km/h	2	Missile anti-chars pouvant être tiré d'un véhicule terrestre ou d'un hélicoptère.
SUÈDE BOFORS Bantam	0,85	0,11	0,40	fusée à poudre à 2 étages	par fils	6	300 km/h	2	Missile léger anti-chars.
SUISSE CONTRAVES OERLIKON Mosquito	1,10	0,12	0,60	fusée à poudre à 2 étages	par fils	12,5	330 km/h	2,4	Missile anti-chars pouvant être transporté et tiré par un seul homme. Peut être tiré d'un véhicule léger ou d'un hélicoptère.

MISSILES ANTI-SOUS-MARINS

Constructeur et type	Longueur (m)	Diamètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum	Portée (km)	Observations
AUSTRALIE AIRCRAFT FACTORIES Ikara	3,35		1,50	fusée à poudre	téléguidé				Arme à longue portée larguant par parachute à proximité de la cible une torpille à autoguidage acoustique.
ÉTATS-UNIS GOODYEAR Subroc	6,40	0,55		fusée à poudre	inertiel	1 820	supersonique	50	Missile à charge nucléaire tiré d'un sous-marin en plongée; trajectoire aérienne, puis rentrée balistique dans l'eau au voisinage de la cible.
HONEYWELL Asroc	4,60	0,30	0,75	fusée à poudre largable	non guidé	450		2 à 12	Missile balistique emportant une torpille à autoguidage acoustique ou une charge nucléaire. Équipé des croiseurs, escorteurs et contre-torpilleurs de l'U.S. Navy.
FRANCE LATECOERE Malafon	6,00		3,00	2 fusées à poudre	téléguidé	1 300		18	Dénomination pour Marine LATécoère contre le FOND. Engin en forme d'avion construit autour d'une torpille de 525 kg, 53 cm de diamètre, à autoguidage acoustique. Lancement par rampe; freinage par parachute de queue à 800 m de la cible et largage de la torpille par inertie. Arme la corvette anti-sous-marins La Galissonnière; équipera les frégates Suffren et Duquesne et plusieurs contre-torpilleurs et corvettes.
NORVÈGE Terne	2	0,20		fusée à poudre	non guidé	120			Charge de fond propulsée par fusée. Fusée à retard combinée avec fusée de proximité. Version évoluée MK-8 à 2 fusées concentriques et de portée doublée. En service dans la Marine norvégienne.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE AVIATION

24, Rue Chauchat, Paris 9^e - Tél. TAI 72 86
C.C.P. 4192-26 Paris

Cette bibliographie, établie d'après le stock d'ouvrages sélectionnés de notre librairie, ne représente qu'une partie des ouvrages figurant dans notre catalogue général. Prix F 5,00

AÉRODYNAMISME

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. Rebuffet P.

— (Cours professé à l'École Nationale supérieure de l'Aéronautique). **Tome I.** Généralités de mécanique des fluides. Phénomènes et principes généraux. Souffleries aérodynamiques. Appareillage 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, 1962 F 73,00

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 115,00

AÉRODYNAMIQUE DE L'AVION. Chaffois J. —

Tome I: Caractéristiques longitudinales (en régime d'incompressibilité). — Rappel des notions de base: Caractéristiques physiques des fluides. Relations fondamentales. Généralités sur les écoulements fluides. Ailes. Profils. **Caractéristiques longitudinales de l'avion** (en régime d'incompressibilité). Caractéristiques géométriques des ailes et des profils. — Caractères aérodynamiques des ailes : portance, traînée, moment de tangage; influence des modifications de forme géométrique. Hypersustentation. Stabilité longitudinale statique de l'aide volante. — Appareil de formule classique: Polaires. Foyers « manche bloqué », « manche libre »; courbes « position-manche » et « réaction-manche » en vol rectiligne. Compensation des gouvernes. Points de manœuvre manche bloqué et manche libre; déplacements et efforts par « q ». — Entrées d'air et prises de pression (statique et d'arrêt). — Effets généraux de la viscosité : nombre de Reynolds; profils laminaires. — 246 p. 16 x 25, 330 fig., 1962 F 41,00

MÉCANIQUE DU VOL

LA MÉCANIQUE DU VOL. Performances des avions et des engins. George L. et Vernet J. F. — Position du problème. Trièdres de référence. Hypothèses habituelles du calcul des performances. Les forces de masse. Les forces de propulsion. Les forces aérodynamiques (généralités, régime subsonique). Les forces aérodynamiques en transsonique et en supersonique. Précisions sur les notions d'altitude et de vitesse. Les équations du vol. Considérations sur l'équation de sustentation. Calcul des performances (principe des diverses méthodes). Puissances utilisables et nécessaires. Poussée utilisable et nécessaire (précisions sur les définitions). Caractéristiques du vol en palier. Avions à hélices. Aérodynes à réaction. Étude du virage. Le vol sans moteur. Les accélérations longitudinales. La montée à

vitesse pratiquement constante. La montée à vitesse variable. Décollage et atterrissage. Distance franchissable. Autonomie. Exemples de problèmes d'optimisation d'avions de transport. Notions élémentaires sur la stabilité et la maniabilité. Les phénomènes limitant les performances. **Annexes:** La propulsion par l'hélice. Méthode graphique d'exploitation de l'équation de sustentation. Recherche d'une loi de montée optimum. Quelques remarques sur les performances des véhicules hypersoniques terrestres. Exercices de calculs des performances. Abaques et tableaux numériques. 468 p. 16 x 25, 344 fig., 17 planches, relié, 1960 F 98,00

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 vrille. 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 96,00

COURS DE MÉCANIQUE DU VOL. Turcat A. —
Vol rectiligne en palier: Problème de sustentation et de propulsion. Avions à moteurs, à turboréacteurs et fusées, à statoréacteurs. Endurance et rayon d'action. Plafonds. **Vol en montée:** Montée des avions à moteurs et réacteurs. Énergie totale. **Vol en virage:** Limites de manœuvre. Influence de l'altitude et du nombre de Mach. Rayons et temps de virage. **Décollage et atterrissage:** Notes sur le vol dissymétrique et le vol en atmosphère agitée. 160 p. 16 x 25, 115 fig., 2^e édit., 1960 F 20,00

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 édit. 1963. F 32,00

CONSTRUCTION - MOTEURS

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX APPLIQUÉE À L'AVIATION. Vallat P. — Rappel des notions de mathématiques et de mécanique. Résistance des matériaux générale. Complément de résistance des matériaux générale. Applications particulières de la résistance des matériaux en construction aéronautique. 848 p. 19 x 27, 528 fig., 49 pl., annexes avec fig. et tabl., relié, 1950 F 70,00

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. Etats de surface. Usinage par étincelage 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 procédés, des machines. Evolution de la technique avion; mur de la chaleur. Avions hypersoniques. Fabrication des missiles. 848 p. 19 x 27, 693 fig., relié toile, 1960 F 125,00

TECHNIQUE AÉRONAUTIQUE (Avions-Missiles).

Maurice de Loris 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. Eléments pratiques de technique aéronautique: étude et 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 47,00

MOTEUR D'AVIONS. Marchal R. — Historique. Le fonctionnement thermodynamique et aérodynamique interne du moteur: propriétés thermodynamiques générales des fluides et des diagrammes. Etude thermodynamique du cycle théorique et du cycle réel du moteur à combustion interne à quatre temps. Etude thermodynamique et aérodynamique du compresseur. Etude du rendement. Le moteur à deux temps. **Etude du moteur au point de vue de la résistance des matériaux:** étude cinématique de l'embellage. Recherche des efforts dans l'embellage. Calcul de résistance des organes de l'embellage. La distribution. Pièces diverses. Les phénomènes vibratoires dans les moteurs. L'équilibrage. Projet cinématique et de résistance des métaux. **Les fonctions annexes.** Graissage. L'équilibre thermique du moteur. Carburant. Allumage. **Définitions générales relatives aux moteurs d'avions:** Généralités. Règlement de délivrance des certificats de navigabilité. Vocabulaire. Etude des procédés technologiques employés en matière des moteurs. **Les méthodes d'essais:** Généralités. Les dispositions matérielles communes aux trois sortes d'essais. La réduction des essais. Les dispositions spéciales à chacun des types d'essais. Notions sommaires sur les carburants et lubrifiants. 1 vol. de texte, 678 p. 19 x 28, cart. 1 vol. de planches 21 x 27, 73 planches sous portefeuille cartonné, 2^e édit., 1953 F 140,00

LE TURBORÉACTEUR ET AUTRES MOTEURS A RÉACTION. Kalnin A. et Laborie M. — Bases de propulsion par réactions: moteurs, combustibles, matériaux. **Turboréacteurs:** compresseurs, chambre de combustion, turbine, alimentation, allumage. **Énergétique des turboréacteurs:** poussée, puissance, rendement. **Turboréacteurs en utilisation:** installations, entretien, pannes. **Fusées, statoréacteurs, pulsoréacteurs, motoréacteurs, turbopropulseurs, propulsion par réaction et vol vertical:** hélicoptères, appareils divers. 402 p. 16 x 25, 280 fig., relié toile, 1958 F 53,00

PROPULSION PAR RÉACTION. Smith G.-G. — Poussée et performances. Propulsion par réaction ou par hélice. Eléments 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. Statoréacteurs et pulsoréacteurs. 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. Pulsoréacteurs. Avions. Hélicoptères. 440 p. 14 x 22, nombr. fig., 2^e édit., relié, 1952 F 34,00

L'HÉLICOPTÈRE. Théorie et pratique. — Lefort P. et Menthe 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 24,00

PILOTAGE - NAVIGATION - RADAR

COURS POUR LA FORMATION TECHNIQUE DES RADIOS MILITAIRES ET CIVILS. Giniaux G. — Modulation de fréquence, lampes O.T.C., nouveaux appareils émetteurs et récepteurs, radars, alimentations stabilisées, etc. 564 p. 13 x 23, 400 fig., 4^e édit., 1957 F 15,00

LA NAVIGATION AÉRIENNE A GRANDS TRAITS.

Molène P. A. — La navigation en général. De l'observation. Le problème de direction. La navigation astronomique. La droite de hauteur. Des diverses routes entre les points géographiques. Instruments de report et d'observation: Les cartes, le sextant. La navigation radioélectrique. Forme de la propagation, onde, longueur d'onde. Emploi des procédés radioélectriques en navigation. Utilisation de l'émission sur la recherche directionnelle. Divers aspects de la radiogoniométrie. Les radios compas. Extension de la méthode radioélectrique; radiophares plus complexes; les ranges. La navigation radioélectrique; le consol; les procédés hyperboliques. Un nouveau moyen classique: le VOR. Autre grand classique de la navigation: Le gyroscope. Le radar. Quelques mots sur l'altimétrie. Notes sur les diverses ondes. 288 p. 11,5 x 18, 144 fig. et nbr. illustr. 1962 F 13,00

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. Etude 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. Etude du vol aux grands angles, décrochages. Etude des manœuvres au sol. Vol rectiligne en palier, montée, descente. Etude: 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 et 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. Etude de l'autorotation. Lexique. 128 p. 24 x 18, 157 fig., relié toile, 1964 F 30,00

INTRODUCTION AU PILOTAGE. Pério 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. 276 p. 15 x 23,5, 160 fig., 6 photos hors-texte, 1966 F 24,00

PILOTAGE. Stani. — Aéronautique à l'usage des pilotes. Le poste de pilotage. Le terrain et l'espace aérien. Avant le vol. L'envol. Le virage et le retour au sol. La voltige. Le voyage. Le vol de nuit. Le vol de groupe. Les avions modernes. L'avion à réaction. La sécurité. L'hydravation. Le V.S.V. Le vol à voile. Les voilures tournantes. L'atterrissage sans visibilité. 260 p. 16,5 x 25, 290 fig., 1951 F 11,50

ÊTRE PILOTE! Jordanoff A. — Traduit de l'américain par Polart F. Notions d'aérodynamique. Le parachute et son emploi. Les premiers vols. Le décollage et l'atterrissage. Virages, montées et descentes. Pertes de vitesses et vrilles. Le moteur. L'hélice. Votre premier vol, seul. Navigation à vue. L'atmosphère. Le gyroscope et les instruments Sperry. Essences et huiles. Le moteur et son alimentation. Altitude; mélange; puissance. La bougie et la magnéto. Hélices à pas variable. L'avion et sa structure. Le virage. Autres accessoires. De l'électricité. La radio en aviation. Le vol sans

visibilité. L'aviation militaire. Les rafales. Le vol silencieux; le planeur. Les transports aériens. 272 p. 18 x 23, 420 fig., nouveau tirage 1963 F 14,00

MANUEL DU BREVET DE PILOTE PRIVÉ D'AVION.

Tome I: Le voyage aérien. Belliard 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. Contrôle de la circulation aérienne. Règles de l'air. Signalisation et balisage. Règles particulières. 290 p. 18 x 22, 267 fig., 8 p. photos hors-texte, 3^e édit., 1965 F 15,00

Tome II: Connaissance de l'avion léger. 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., 1966 F 7,00

A paraître:

- La cellule et l'équipement.
- Le groupe motopropulseur.

ABC DE NAVIGATION AÉRIENNE à l'usage du jeune pilote. Péro E. — Avant-propos. Définition liminaire. Vitesse, route et cap. Triangle des vitesses, dérive, cap vrai. Le cap magnétique, le cap compas. Mesure de vitesse-sol, temps de vol et cap inverse. Contact. Formulaire. A tous vents! 48 p. 13,5 x 19, 16 fig. 1 tableau de route, 1963 F 6,00

MÉTÉOROLOGIE POUR AVIATEURS. Sutcliffe R. C. — Traduit, développé et mis à jour par Lecomte R. et Godard O. — Organisation météorologique. Météorologie générale et prévision du temps. Le climat. 366 p. 15 x 21,5, 114 fig., 1954. **Annexes:** Cartes synoptiques. Transmission. 40 p. 15 x 21,5, 6 tabl., 1954. Les 2 vol. F 32,00

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. 296 p. 16 x 24, 52 illustr. des principaux états du ciel, 7 pl. nouv. édit. 1965 F 36,00

LES HOMMES VOLANTS. Sellick B. — Traduit de l'américain par le Cdt David. — Premier ouvrage traitant du parachutisme sportif, enseigne l'art et la technique de la « nage aérienne ». Cet ouvrage, à l'usage des débutants et des parachutistes avertis apprend comment atterrir, amerrir, effectuer des tonneaux, des loopings, des vrilles. Il vous révèle comment vous placer dans les différentes positions de la chute libre, comment virer, comment corriger les pertes de contrôle, etc. Origine et développement du parachutisme. Utilisation moderne du parachute. Description et utilisation du parachute. Comment plier un parachute. L'entraînement au sol. Les sauts élémentaires. Techniques avancées de la chute libre: nage aérienne. Le saut de compétition. 256 p. 13 x 21, 150 photos et fig., cart. 1964 F 15,00

RADARS. Théories modernes. Carpentier M. — Signal et bruit. Rappel de résultats connus sur le calcul des probabilités. Portée, précision, pouvoir de résolution d'un radar. Analyse des principes de fonctionnement de quelques radars typiques. Bruits et fonctions d'autocorrélation. Comportement des cibles réelles. Fluctuation des cibles. Propagation. Mesure des angles avec un radar, performance

d'un radar faisant plusieurs mesures consécutives, couverture assurée par un radar. 180 p., 16 x 25, 98 fig., 1963 F 32,00

PRINCIPES DU RADAR. Technique de base. Applications des U.H.F. Delacoudre P. — **Principes du radar:** Principes généraux. Phénomènes vibratoires. Ondes électromagnétiques. Liaisons radioélectriques. Tubes à rayons cathodiques. Les antennes. Les cibles. Éliminations des échos fixes. Parties constitutives d'un radar. Types de radar et index. **Technique des U.H.F.:** Limites des circuits classiques. Lignes de transmissions et stubs. Guides d'ondes. Limites des tubes classiques Klystrons et magnétrons. 216 p. 16 x 24, 400 illustr. 1962 F 18,00

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).** Beaubois 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 128,50

L'AVIATION ET SON HISTOIRE. Josephy A. Préface et adaptation de Noetinger J. — Le miracle des ailes: de l'Antiquité au XVII^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 80,00

DICTIONNAIRE DE L'AÉRONAUTIQUE en six langues: français, 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 105,00

DICTIONNAIRE AÉRONAUTIQUE TECHNIQUE. Anglais-Français — Français-Anglais. Groves H.-W. — Voici le premier dictionnaire dans son genre, utile pour le grand public, essentiel pour les spécialistes. Ce dictionnaire comprend les termes utilisés dans toutes les branches de l'aviation et de l'ingénierie aéronautique. Spécialement conçu pour faciliter des recherches, il énumère, avec exemples à l'appui, tous les emplois techniques des termes importants, évitant ainsi la dispersion des recherches et les pertes de temps. 286 p. 12,5 x 19,5. Relié 1967. F 39,50

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, soit 10 % (avec un minimum de F 1,10). Envoi recommandé: France: F 1,00, étranger: F 2,00.

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 30 au lundi 14 h.

Le directeur de la publication: Jacques DUPUY — Dépôt légal: 1967, N° 7 021 — Imp. des Dernières Nouvelles de Strasbourg



"ÉTUDES CHEZ SOI"

L'enseignement par correspondance de **L'ÉCOLE UNIVERSELLE**

59, boulevard Exelmans - Paris 16^e

permet de faire chez soi, à tout âge, dans le minimum de temps et avec le minimum de frais, des études complètes dans toutes les branches du savoir, d'obtenir, en un temps record, tous diplômes et toutes situations.

COURS DE RÉVISION pour toutes les classes et tous les examens.

Demandez l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse :

- CA 790 L'AVIATION :**
Les Carrières de l'Aviation militaire : Engagement dans l'Armée de l'Air - Les Ecoles de l'Armée de l'Air - Recrutement et formation des officiers de réserve de l'Armée de l'Air - Les Ingénieurs militaires de l'Air.
Les Carrières de l'Aéronautique civile.
Ingénieurs et Techniciens de l'Aviation civile et de l'Industrie aéronautique :
Les Ecoles : Ecole d'apprentissage technique de la société nationale Air France - Ecole nationale de l'aviation civile d'Orly - Les Ecoles d'Ingénieurs - Les Carrières d'Ingénieur - Les Carrières de Technicien.
Les Carrières féminines dans l'Aviation : Aviation militaire (personnel féminin), Aviation civile (Hôtesse de l'air).
- TC 790 Toutes les classes, tous les examens :** du cours préparatoire aux classes terminales, C.E.P., C.E.G., B.E., E.N., B.S.C., C.A.P., B.E.P.C., Bourses, Baccalauréats; **Classes des Lycées Techniques**, B.E.I., B.E.C.
- ED 790 Études de Droit :** Capacité, Licence, Carrières juridiques.
- ES 790 Études supérieures de Sciences :** D.U.E.S., C.E.S., C.A.P.E.S., Agrég. de Math. - **Médecine :** C.P.E.M., 1^{re} et 2^e année.
- EL 790 Études supérieures de Lettres :** D.U.E.L., Licence, C.A.P.E.S., Agrégation.
- GE 790 Grandes Écoles, Écoles Spéciales :** E.N.S.I., Militaires, Agriculture, Commerce, Beaux-Arts, Administration, Lycées Techniques d'Etat, Enseignement - (Préciser l'Ecole).
- AG 790 Carrières de l'Agriculture** (France et Rép. afric.) : Industries agricoles, Génie Rural, Radiesthésie, Topographie.
- CT 790 Carrières de l'Industrie, du Bâtiment et des Travaux Publics :** toutes spécialités, tous examens.
- DI 790 Carrières du Dessin Industriel :** C.A.P., B.P.
- MV 790 Carrières du Mètre :** Mètreur, Mètreur-vérificateur.
- LE 790 Carrières de l'Électronique et de l'Électricité.**
- EC 790 Carrières de la Comptabilité :** C.A.P., B.P., D.E.C.S., Certif. de Révision Comptable, Expertise, Préparations libres.
- PR 790 Programmation** sur ordinateur électronique.
- CC 790 Carrières du Commerce :** Employé de Bureau, de Banque, Sténodactylo, Publicité, Assurances, Hôtellerie, Mécanographie.
- FP 790 Pour devenir Fonctionnaire.**
- ER 790 Tous les Emplois Réservés.**
- OR 790 Orthographe, Rédaction, Calcul, Dessin, Ecriture, Conversation, Graphologie.**
- NM 790 Carrières de la Marine Marchande et Nationale.**
- RT 790 Radio, Télévision, Transistors.**
- LV 790 Langues Vivantes :** Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Russe, Chinois, Arabe, Espéranto - **Chambres de Commerce étrangères - Tourisme - Interprétariat.**
- EM 790 Études Musicales :** Solfège, Guitare classique, électrique et tous instruments.
- DP 790 Arts du Dessin :** Cours Universel, Illustration, Mode, Aquarelle, Peinture, etc.
- CO 790 Carrières de la Couture, de la Mode, de la Coupe et de la Lingerie.**
- CS 790 Carrières du Secrétariat :** de Direction, Bilingue, de Médecin, d'Avocat, d'Homme de Lettres, Secrétariats Techniques - **Journalisme.**
- CI 790 Cinéma :** Technique Générale, Scénario, Décor, Prise de vues, de son, Projection, I.D.H.E.C., Cinéma 8 et 16 mm - **Photographie.**
- CB 790 Coiffure - Soins de beauté, C.A.P. d'Esthéticienne, Parfumerie** (Stages pratiques gratuits à Paris) - Manucure.
- CF 790 Toutes les Carrières Féminines :** sociales, paramédicales, commerciales et artistiques.
- PC 790 Cultura :** Perfectionnement culturel - **Universa :** Préparation aux études supérieures.

La liste ci-dessus ne comprend qu'une partie de nos enseignements. N'hésitez pas à nous écrire. Nous vous donnerons gratuitement tous les renseignements et conseils qu'il vous plaira de nous demander.

**DES MILLIERS
D'INÉGALABLES
SUCCÈS**

remportés chaque année par nos élèves dans les examens et concours officiels prouvent l'efficacité de notre enseignement par correspondance.

A découper ou à recopier	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ENVOI GRATUIT N° 790</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">ÉCOLE UNIVERSELLE 59, Bd Exelmans, Paris-16^e</div>
Initiales et N° de la brochure choisie	
NOM	
Adresse	



Air France vous offre plus **Festival en plein ciel***



cinéma en couleurs sur grand écran
musique stéréophonique et haute fidélité**

Déjà réputée pour la qualité de son service, Air France vous propose, sur l'ensemble de son réseau long-courrier une gamme de spectacles et de concerts qui constituent un véritable "Festival en plein Ciel".

Les Plaisirs du Spectacle

Bien détendu dans votre fauteuil, rafraîchissements à portée de la main, vous suivez sur le grand écran le jeu de votre vedette préférée... **tout en ayant choisi, à votre gré, la version française ou la version anglaise !**

Toutes les joies de la Musique

Sept chaînes stéréo et haute fidélité : symphonies, musique légère, jazz, variétés et chansons, musique pour rêver ou programme pour les enfants...

Muni de vos écouteurs, d'un simple geste, vous sélectionnez le concert de votre choix et réglez son volume sonore sans gêner pour autant ceux qui, à vos côtés, préfèrent le silence.

RENSEIGNEZ-VOUS auprès de votre Agent de voyages ou à Air France, lors de l'achat de votre billet, sur le programme "Festival" de votre prochain voyage.

* moyennant un léger supplément ** par Inflight Motion Pictures

à votre service

**AIR
FRANCE**
LE PLUS GRAND RESEAU DU MONDE

