

SCIENCE
VIE
et

200 F

NUMÉRO HORS-SÉRIE

AVIATION 1957



L'ARMÉE DE L'AIR

... emploi de spécialistes les plus divers :

pilotes, navigateurs, radios, mécaniciens moteurs, réacteurs, électriciens, radaristes, secrétaires, photographes, etc.

jeunes !

si vous êtes actifs, tournés vers l'avenir, il a été créé pour vous des

CENTRES D'ENGAGEMENTS
qui détermineront après
EXAMEN PRÉALABLE
VOS APTITUDES
et
VOS POSSIBILITÉS
pour souscrire un
ENGAGEMENT MINIMUM
DE 2 ANS

(Durée approximative du service légal)

**tant en vol
qu'au sol...**



choisissez votre arme, apprenez un métier !

RENSEIGNEZ-VOUS

en écrivant sans timbre à
**MONSIEUR LE SECRÉTAIRE
D'ÉTAT AUX FORCES ARMÉES
" L'AIR "**

SERVICE D'ACTION PSYCHOLOGIQUE ET D'INFORMATION
26, BD VICTOR - PARIS-XV^e

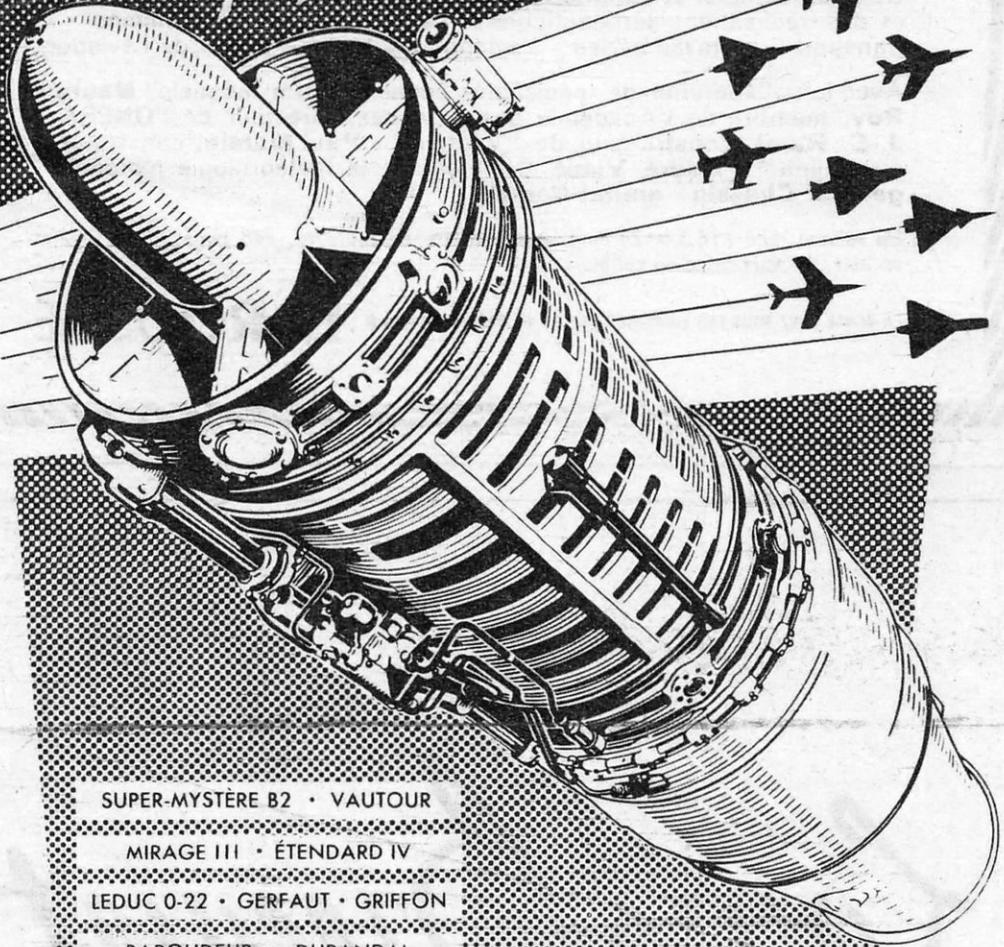
Tout un réseau d'Écoles, équipé d'un matériel moderne assure simultanément l'instruction de 8 000 techniciens.

TÉL.
LECOURBE
84 - 63

LES TURBO-RÉACTEURS

ATAR

équipent...



SUPER-MYSTÈRE B2 • VAOUTOUR

MIRAGE III • ÉTENDARD IV

LEDUC 0-22 • GERFAUT • GRIFFON

BAROUDEUR • DURANDAL

**SOCIÉTÉ NATIONALE
D'ÉTUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION**

150, BOULEVARD HAUSSMANN PARIS-VIII^e

pour paraître incessamment

l'aviation nouvelle

sous la direction de **Camille Rougeron**, ancien directeur du service technique de l'Armement au Ministère de l'Air.

Un bilan complet et parfaitement à jour de l'état actuel des recherches et des réalisations aéronautiques : les machines et les hommes - le transport - le travail aérien - l'aviation militaire - l'avenir de l'aviation.

Avec la collaboration de spécialistes éminents parmi lesquels : **Maurice Roy**, membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'ONERA - **J.-C. Parot**, constructeur du "Vautour" - **Paul Morain**, constructeur du "Djinn" - **André Viaut**, Directeur de la Météorologie nationale - **général Chassin** - **amiral Barjot**

Un volume relié (16,5 x 23 cm) sous jaquette en couleurs, 448 pages, 96 planches en noir, 16 hors-texte en couleurs.

EN VENTE CHEZ TOUS LES LIBRAIRES ET 114, Bd RASPAIL, PARIS 6

LAROUSSE

AVIONS

Louis Breguet

S. A. des Ateliers d'Aviation Louis BREGUET - 24, rue Georges-Bizet - PARIS



afrrique 57

... carrefour des affaires,
où 200 millions de consommateurs attendent vos produits.

En pleine fièvre de croissance et de renouveau, l'Afrique du pétrole et de tous les minerais change de visage : elle rejoint le XX^e siècle et l'économie moderne.

Sur ce continent rajeuni s'ouvrent des marchés insoupçonnés : ne tardez plus à les découvrir, allez sur place prendre le pouls des courants d'affaires en assurant à vos produits de fructueux débouchés.



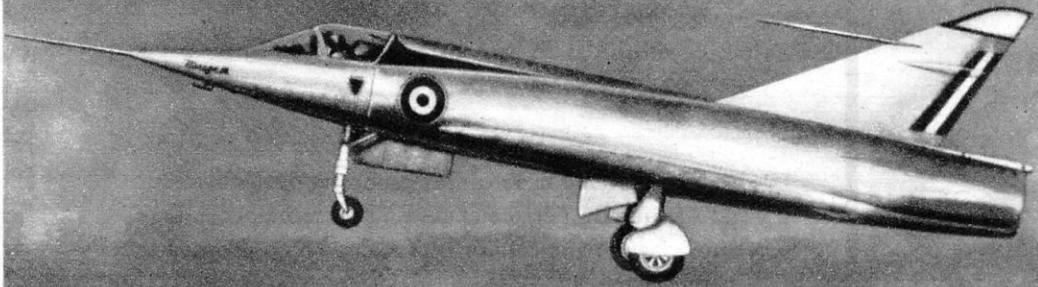
Pour votre voyage en Afrique, confiez-vous à l'



AÉROMARITIME

3, Bd Malesherbes, Paris VIII^e - Anj. 78-04 à 09
La Compagnie aérienne spécialiste de l'Afrique, dont les services hors-pair détiennent le label Qualité-France.

Mirage III



GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE MARCEL DASSAULT

DUNLOP

**pneus de sécurité
pour avions**



BRISTOL DANS LE MONDE

AÉRONAUTIQUE

Le Groupe des Compagnies Bristol contribue au progrès dans le domaine aéronautique non seulement avec la sortie du Britannia, si moderne, mais aussi avec ses hélicoptères, ses réacteurs, ses turbopropulseurs, ses stato-réacteurs et ses projectiles guidés.

Le Britannia assure dès maintenant un service régulier de passagers sur toutes les routes aériennes à travers le monde. Une partie importante de l'activité du groupe Bristol est consacrée à la production des avions Britannia et de leurs moteurs Proteus.

Les hélicoptères Bristol Sycamore, à 5 places, sont en service dans toutes les parties du monde et les progrès accomplis dans la recherche et le développement des gros hélicoptères ont abouti à une commande du type 192 bimoteurs, à rotors jumelés, pour la RAF.

Le réacteur léger Bristol Orpheus est le seul moteur spécialement développé pour les chasseurs légers. Le moteur Bristol Olympus est le plus puissant des turbopropulseurs homologué à ce jour. Le turbopropulseur « surcomprimé » Orion est le moteur le plus

moderne de sa catégorie dans le monde. Le Proteus était le premier turbopropulseur à haute puissance à être approuvé sans restriction pour le transport commercial des passagers.

Bristol fabrique un projectile sol-air et ses groupes de propulsion. Il fabrique également des moteurs fusée pour une grande diversité de projectiles.

Le groupe Bristol fabrique aussi des réservoirs largables en matière plastique et des automobiles à hautes performances. Les compagnies dont les noms suivent sont associées à Bristol : Rotol, British Messier, Short Brothers and Harland. Bristol a également des filiales en Australie, au Canada, en Espagne, en France, au Mexique et en Nouvelle-Zélande.

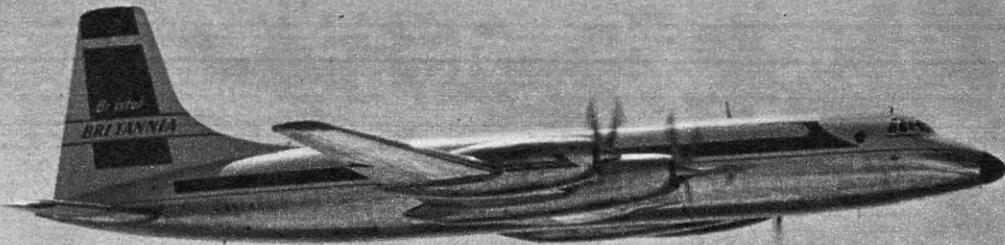
BRISTOL

THE BRISTOL AEROPLANE COMPANY
LIMITED, ENGLAND.

AGENTS :

Société Commerciale et Industrielle
Franco-Britannique,
48, avenue Raymond-Poincaré, Paris-XVI^e.

BRITANNIA, série 300 — types commandés par Northeast Airlines des Etats-Unis.



BREVETS SZYDLOWSKI



à toutes les altitudes
sous toutes les latitudes

TURBOMECA

BAT LES RECORDS DU MONDE

HAUTEUR

22 MARS 1957
PALOÛSTE IV sur DJINN
8482 m.

JUIN 1955
ARTOÛSTE II sur ALOUETTE II
8209 m.

OCTOBRE 1954
ARTOÛSTE II sur SIKORSKY
7467 m.

DECEMBRE 1953
PALOÛSTE IV sur DJINN
4789 m.

**BORDES (B.P.)
FRANCE**

VITESSE

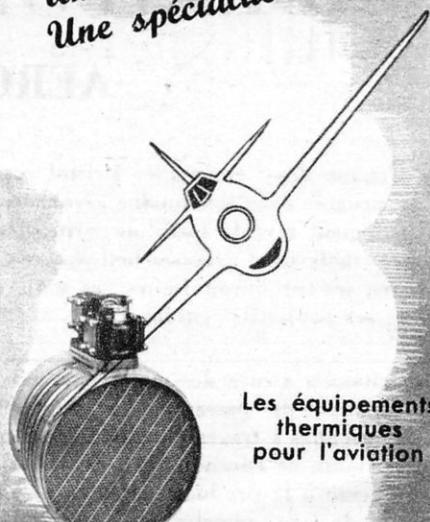
AOÛT 1954
ARTOÛSTE II sur SIKORSKY
251 km/h.

AOÛT 1956
TURMO I sur ÉTOILE FILANTE
308.8 km/h.

Bureau de Paris - 1, rue Beaujon-VIII^e

B.P. 208

Une technique
Une spécialité



Les équipements
thermiques
pour l'aviation

CHAUSSON

35, rue Malakoff, ASNIÈRES - GRÉ. 24-29



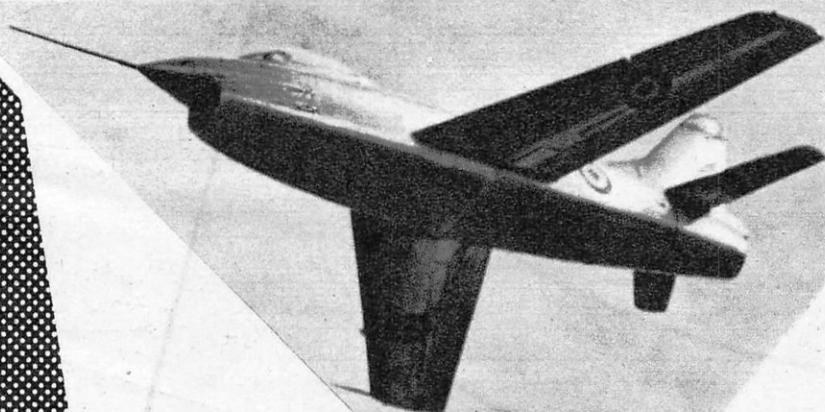
S.N.C.A.N.

2 à 18, rue Béranger, Châtillon-sous-Bagneux (Seine)
FRANCE

Tél. : ALÉ. 57-40

Sté Nationale de Constructions Aéronautiques du Nord

FIAT AVIATION



AVIONS A HÉLICES

FIAT G 46 - G 49 - G 59 : Ecole et entraînement.
FN - 333 - Amphibie de tourisme et de service.

AVIONS A RÉACTION

FIAT G 82 - Ecole et entraînement opérationnel.
FIAT G 91 - Chasseur léger d'appui tactique pour l'OTAN.
FIAT G 91 T - Ecole et entraînement opérationnel.
FIAT F 86 K - (Licence North American Aviation) - Chasseur
" tout temps ".

FIAT VAMPIRE (Licence De Havilland) - Chasseur.
NORTH AMERICAN F 86 D " SABRE " - Revision.

HÉLICOPTÈRES

Sikorsky S-58 (Construction des pièces mécaniques pour le
compte de Sud Aviation).

MOTEURS A RÉACTION

MOTEURS A PISTONS

HÉLICES (Licence Hamilton)

APPAREILLAGES ÉLECTRONIQUES

FIAT - DIVISIONE AVIAZIONE

Corso Giovanni Agnelli, 200
TURIN (Italie)



à la pointe du progrès

Au premier rang des compagnies européennes, Air France se place parmi les 3 plus puissantes entreprises mondiales de transport aérien. Sur le plus grand réseau du monde, ses appareils ultra-modernes ont transporté, en 1 an, 2 millions 1/2 de passagers. Toujours à la pointe du progrès, Air France sera demain la 1^{ère} compagnie équipée d'avions à réaction moyen et long courriers : CARAVELLE et BOEING 707.

AIR FRANCE
LE PLUS GRAND RESEAU DU MONDE



AVIATION 1957

SOMMAIRE

★ PARIS-NEW YORK EN SIX HEURES.....	10
★ L'AVIATION COMMERCIALE DE DEMAIN	12
★ LES TURBORÉACTEURS.....	28
★ LES STATORÉACTEURS	38
★ BOMBARDIERS ET CHASSEURS	44
★ L'AVIATION FRANÇAISE.....	52
★ L'AÉRONAVALÉ	76
★ AVIONS ET ENGINs SOVIÉTIQUES.....	78
★ LE MUR DE LA CHALEUR.....	80
★ LES ENGINs SPÉCIAUX, ARME DE DEMAIN.....	88
★ LES ENGINs INTERCONTINENTAUX.....	112
★ A LA RECHERCHE DE L'AVION A ENVOL VERTICAL.	126
★ LES HÉLICOPTÈRES.....	148
★ LA CONSTRUCTION D'AMATEUR.....	152

Notre couverture : Photo Kitrosser, Globe Girard et Barrère

ABONNEMENTS

	France et Union Fr ^{co}	Étranger	Benelux et Congo Belge
un an.....	1 000 fr.	1 400 fr.	200 fr. belges
avec envoi en recommandé.....	1 400 fr.	1 900 fr.	
Abonnement comprenant en plus			
4 numéros hors série.....	1 650 fr.	2 200 fr.	375 fr. belges
— recommandés.....	2 200 fr.	2 900 fr.	

Changement d'adresse, poster la dernière bande et 30 fr. en timbres-poste.

Administration, Rédaction : 5, rue de la Baume, Paris-8°. Tél. : Balzac 57-61. Chèque postal 91-07 PARIS
Adresse Télégraphique : SIENVIE Paris. — **Publicité :** 2, rue de la Baume, Paris-8°. Tél. Elysées 87-46.
 Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by SCIENCE ET VIE Janvier 1957

PARIS-NEW YORK

L'AN prochain, les premiers avions à réaction franchiront l'Atlantique en six heures.

Paris-New York en six heures, c'est mettre une heure de plus que le Soleil pour parcourir les 75° de longitude qui séparent ces deux villes; c'est décoller à midi (heure locale) pour atterrir de l'autre côté de l'Océan à treize heures (heure locale), après avoir eu six heures pour déjeuner sans se presser.

New York-Paris en six heures, c'est décoller à midi (heure locale) pour atterrir à 23 h (heure locale), après s'être pressé un peu pour absorber les deux grands repas quotidiens dont les Français, paraît-il, ne peuvent se passer, et que risquent d'écourter encore les « jet streams » de la haute atmosphère.

Que de carburant, pensera-t-on, va être ainsi dissipé en fumée pour la satisfaction de quelques privilégiés! Ne serait-il pas mieux employé dans les tracteurs pour accroître la production de blé que réclame le milliard et demi d'hommes actuellement sous-alimentés?

La clientèle de l'avion n'a aucune responsabilité dans le gaspillage du pétrole, et celle qui préférera le turboréacteur au moteur à pistons en aura moins encore. Pour traverser l'Atlantique, le passager consomme aujourd'hui dix fois moins de combustible sur un Douglas DC-7C ou un Lockheed « Super-Constellation » que sur la Queen Elizabeth, la Queen Mary ou l'United States. Celui qui préférera le voyage deux fois plus rapide d'un Boeing « Intercontinental » ou d'un Douglas DC-8 en consommera moins encore, et comme il se contentera comme carburant d'un kérosène ordinaire, il laissera l'essence à la 2 CV de la fermière et au tracteur du fermier.

Le remplacement des avions transatlantiques actuellement en service par des avions à réaction deux fois plus rapides ne vise pas davantage à satisfaire quelques privilégiés au détriment de la clientèle moyenne de l'avion. Au contraire, les centaines d'appareils à plus

SOUS LE SIGNE DE MACH

POURQUOI, pour évaluer des vitesses élevées, l'aviateur ne parle-t-il plus que de Mach? Pourquoi dit-il « Mach 2 », c'est-à-dire deux fois la vitesse du son, au lieu de 2 450 km/h, deux fois 1 225 km/h? Pourquoi, après avoir évalué les altitudes en pieds et les distances en milles, donne-t-il cette nouvelle entorse au système métrique?

Et d'abord, que vient faire ici la vitesse

du son? C'est en fait la vitesse de propagation d'un ébranlement dans l'air, aussi bien cet ébranlement périodique que perçoit notre oreille, le son, que celui qu'une aile imprime à l'air qu'elle pousse devant elle et qu'elle rattrape si elle va trop vite. Il est évident que le régime de l'écoulement de l'air autour de l'aile ne peut être le même si cet air est déjà troublé par son mouvement que s'il est encore vierge. Tout le comportement aérodynamique d'un avion est lié, non à sa vitesse propre, mais au rapport de cette vitesse à

EN SIX HEURES

de 900 km/h qui vont entrer en service à partir de l'an prochain mettront le voyage transatlantique à la portée d'une clientèle nouvelle que le tarif des passages tenait encore écartée. Le Douglas DC-8 et le Boeing 707 dans leurs versions « intercontinentales » doivent économiser 40 % sur les frais d'exploitation. Ce sont ces 40 % qui permettront d'abaisser les tarifs au niveau des ressources de millions de clients nouveaux. Le privilégié gaspilleur de pétrole ne sera donc pas le passager économe de l'avion à réaction, mais le désœuvré qui, sur le paquebot, en brûle dix fois plus pour aller vingt fois moins vite.

Que l'avion de transport économise le combustible à mesure qu'il se fait plus rapide semble un paradoxe. C'est qu'il monte plus haut en même temps qu'il va plus vite pour se déplacer dans un air qui le freine moins.

Bien mieux, sur l'avion à réaction, le rendement propulsif s'accroît avec la vitesse. La traversée de l'Atlantique sans escale n'eût été ni économique ni même possible avec les turboréacteurs de 1945 et les projets d'appareils à 700 km/h; elle devient aussi aisée que peu coûteuse avec les avions à plus de 800 km/h.

Dès lors, pourquoi ne pas continuer et offrir au passager le vol supersonique, puis hypersonique? Deux obstacles s'y opposent encore : le mur du son et la barrière thermique. Les constructeurs d'avions commerciaux ne désespèrent pas de franchir le premier et de pénétrer profondément dans le second. Déjà l'Amérique et l'Angleterre étudient le transport à Mach 2. Le planeur hypersonique qui mettra New York à 45 minutes de Paris ne paraît plus une utopie depuis que l'on étudie le projectile intercontinental. L'allure du progrès est si rapide que la plupart des adultes actuellement vivants pourront voir tous ces engins entrer en service si seulement, a-t-on dit, l'art médical arrive à progresser sans trop de retard sur la science aéronautique.

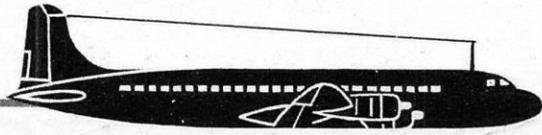
celle du son, à son « nombre de Mach ».

Or, pour une même vitesse propre, ce nombre de Mach varie avec la température qui modifie la vitesse du son. A 15°, un avion à Mach 1 vole à 1 225 km/h; à Mach 1 dans la stratosphère, par — 56°5, il ne vole plus qu'à 1 065 km/h. La distinction entre nombre de Mach et vitesse est donc essentielle, même dans le faible intervalle des températures que rencontrent aujourd'hui les avions militaires et les avions de transport.

Cette distinction s'impose plus encore à

celui qui expérimente sur les vitesses hypersoniques. On annonçait il y a quelques mois qu'on avait atteint Mach 40; il serait grossièrement erroné d'en conclure que la vitesse était de quarante fois 1 225 km/h, soit 49 000 km/h; elle atteignait en réalité une valeur huit fois plus élevée, car les gaz du tube étaient à 18 000°.

A l'époque des engins intercontinentaux et des satellites artificiels, il faut, comme on le verra souvent dans cet ouvrage, se résigner à parler Mach.



EM SIX HEURES



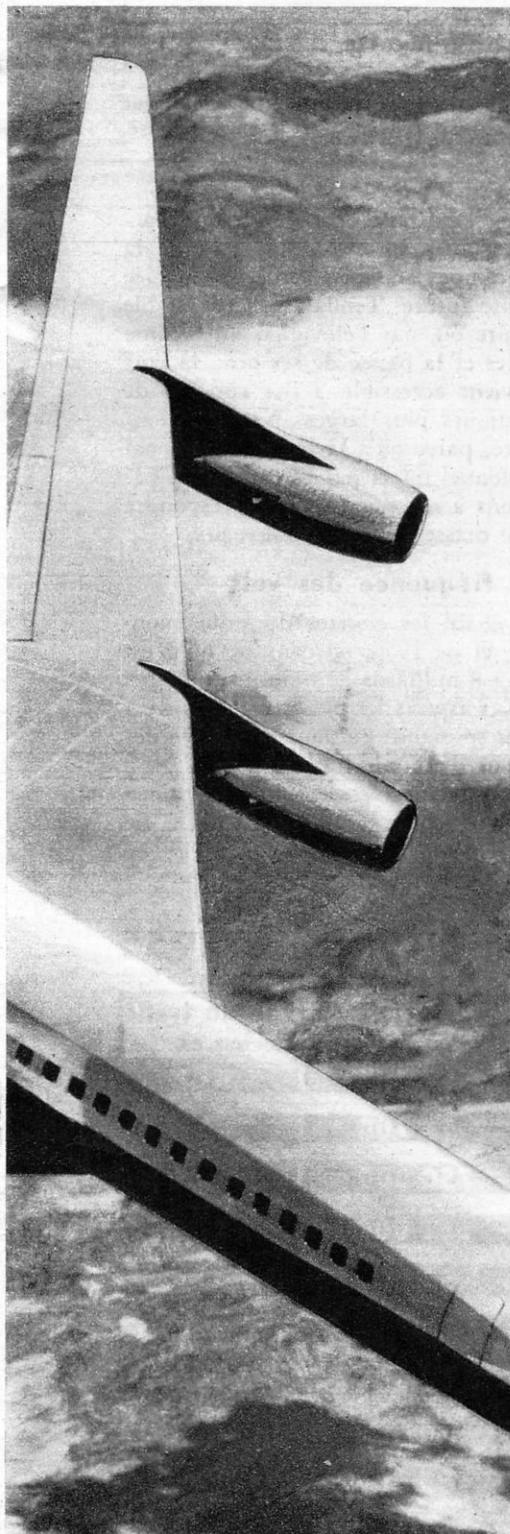
CONVAIR 880

L'AVIATION COMMERCIALE DE DEMAIN

LE développement prodigieux de l'aviation commerciale, dont le volume d'affaires double régulièrement tous les cinq ans, est un phénomène qui s'impose à toutes les nations dans le cadre de leur économie. Les ramifications du réseau mondial atteignent aujourd'hui toutes les régions du globe, jusqu'aux plus retirées.

Cette expansion a pris une telle ampleur qu'on ne peut l'exprimer qu'en dizaines de millions de passagers transportés, centaines de millions de tonnes-kilomètres, dizaines de milliards de passagers-kilomètres. De là à parler de « transports de masse », lorsqu'on évoque le marché du transport aérien, il n'y a qu'un pas.

On a pu calculer que toutes les cinq secondes, en moyenne, un avion de transport décollait quelque part dans le monde. On a établi qu'au cours des dix dernières années, 325 millions de passagers, soit l'équivalent de deux fois la population des Etats-Unis, avaient emprunté la voie aérienne, et que 6 milliards de tonnes-kilomètres enregistrés dans le



DENSITÉ DU TRAFIC AUX AÉROPORTS EN 1955

Aéroport de PARIS.....	1 925 000	mouvements de passagers
Aéroport de FRANCFORT	810 000	mouvements de passagers
Aéroport de LONDRES	2 713 000	mouvements de passagers
Aéroport de NEW YORK.	10 853 000	mouvements de passagers

Le chiffre indiqué pour Paris, près de 2 millions, peut être utilement comparé à celui du trafic maritime du port de Marseille qui a enregistré 1 400 000 mouvements de passagers au cours de la même année.

même délai représentaient le transport de la totalité de la récolte de café brésilien d'une rive à l'autre de l'Atlantique Sud.

Pourtant quelques comparaisons situeront ces chiffres spectaculaires dans leur vraie perspective. Exprimé en passagers-kilomètres, le trafic mondial annuel de l'aviation civile n'est que deux fois et demie supérieur à celui de la S.N.C.F. Les 3 830 millions de passagers-kilomètres des compagnies françaises, en 1956, ne représentent guère que le quart des résultats enregistrés, sur les routes de France, par les autocars et autobus. Le trafic « marchandises » accuse des écarts encore plus nets : 1,5 milliard de tonnes-kilomètres dans le monde aéronautique contre 9 milliards pour les seuls transports fluviaux français, 26 milliards pour les routiers, et une cinquantaine pour les chemins de fer.

Ces quelques chiffres n'inciteraient-ils pas à une certaine réserve dans l'appréciation de l'aviation comme instrument de « transport de masse » ? A la vérité, cette dernière expression

veut souligner l'élargissement du champ d'action des transports aériens. Elle recouvre la constatation d'une tendance actuelle, doublée d'une nécessité future. Tendance incontestable dans la mesure où, par l'élévation du rythme de ses services et la baisse de ses prix, la voie aérienne devient accessible à des couches de clientèles toujours plus larges. Nécessité tout aussi évidente, parce qu'à la brusque augmentation de potentiel offert par la future génération des avions à réaction, devra correspondre une véritable masse d'usagers nouveaux.

La fréquence des vols

En rapprochant les chiffres du trafic mondial de 1946 et de 1956, on constate qu'il est passé de 1,6 à 8 milliards de tonnes-kilomètres totales. Un des aspects les plus sensibles de cet accroissement se manifeste dans le rythme des services aériens d'aujourd'hui.

Il y a eu 20 000 traversées de l'Atlantique Nord en 1955, soit le double du chiffre de 1951. En mai 1939, le vol hebdomadaire de

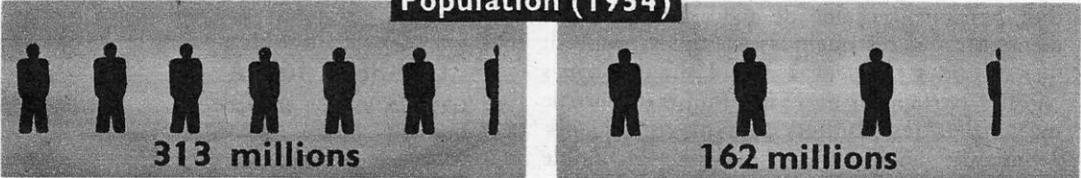
PART DE L'AVION DANS LES TRANSPORTS EN 1955

RELATIONS	Passagers par voie de surface	Passagers par avion	Part du trafic aérien en %
Europe - Amérique Nord	962 000	690 300	41,8
France - Amérique Sud	16 100	14 700	48
France - Grande-Bretagne	762 000	750 000	49,6
France - Afrique Nord	955 780	667 000	41
France - A.O.F.	43 300	57 200	57
France - A.E.F.	16 100	32 900	67
France - Egypte	7 900	11 700	59
France - Italie	688 000	94 300	12
France - Espagne - Portugal	418 000	85 000	16,9

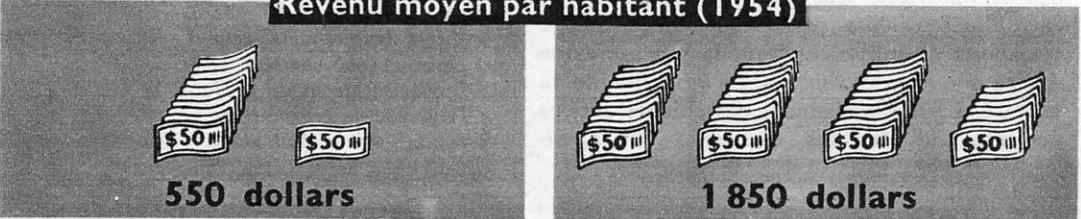
TRANSPORT AÉRIEN INTÉRIEUR



Population (1954)



Revenu moyen par habitant (1954)



Tarif km. moyen passagers (1953)



Passagers-km. réalisés par habitant (1954)



Passagers-km. réalisés dans la région (1954)



Fréquence moyenne des services (1954)



l'hydravion « Clipper » des Pan American Airways faisait encore figure de raid, et l'homme de la rue ne réalise sans doute pas aujourd'hui que l'Océan est chaque jour survolé par quelque 65 avions. Au-dessus de la Manche, en période de pointe, c'est près d'un millier de vols par semaine qui relient entre elles les villes du Royaume-Uni à celles de la France. En juillet 1956, on comptait soixante mouvements quotidiens sur le seul axe Paris-Londres, alors qu'il y a 35 ans, le premier courrier journalier s'essayait timidement sur cette ligne commerciale qui fut historiquement la première. Plus inattendue, l'intensité des services entre Rio de Janeiro et Saô Paulo se traduit par une centaine de mouvements quotidiens. Mais si ces quelques exemples prouvent que certaines fréquences de vol sur des lignes choisies participent de l'idée d'un transport de masse, d'autres résultats sont moins évidents.

Sur de nombreuses relations, la faible densité actuelle incite à penser que, même doublé ou triplé, leur trafic n'atteindrait pas encore des valeurs permettant de parler de transports de masse. En fait, la voie aérienne reflète souvent la consistance de celles de la surface. Le rapprochement des chiffres aériens de ceux des liaisons maritimes correspon-

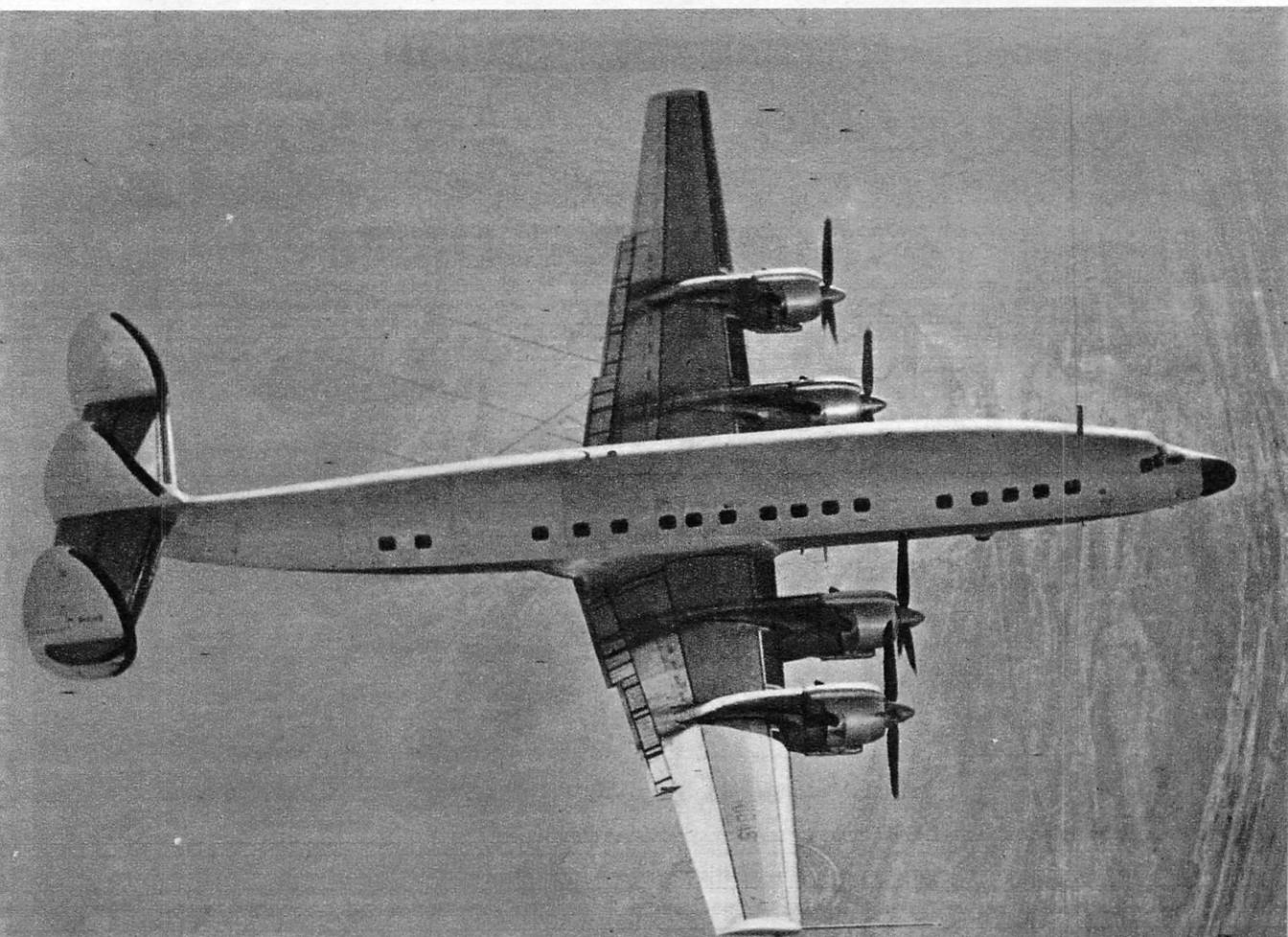
DC-7C SEVEN SEAS →

Version intercontinentale améliorée du Douglas DC-7B, commandée par de nombreuses Compagnies aériennes dans le monde entier. Le fuselage et l'aile ont été allongés par rapport aux modèles précédents. Le Seven Seas peut emporter de 48 à plus de cent passagers.



LOCKHEED 1649 A

C'est la version intercontinentale à très grande autonomie du Super Constellation dotée d'une aile très allongée et pouvant emporter jusqu'à 99 passagers. Les premiers exemplaires sont entrés en service au début de 1957. La vitesse de croisière annoncée est de 560 km/h.





dantes, entre autres, démontre que l'aviation prélève bien sa part sur le volume plus ou moins important des échanges existants.

Il existe cependant des lignes purement aériennes qui ne permettent aucune référence à des voies de surface, comme celles qui relient l'Europe septentrionale à la Californie par les routes polaires. Inaugurées à la fin de 1954 au rythme de deux vols par semaine, elles étaient quotidiennes deux ans plus tard. D'autres exemples seraient à citer, en Afrique noire, en Alaska, en Colombie. Ces lignes, établies de toutes pièces dans des contrées difficilement pénétrables, ont créé des contacts nouveaux. Elles sont devenues indispensables à l'exploitation de territoires dont elles canalisent tous les transports.

Il reste que l'aviation n'a pas encore atteint l'effet de masse auquel on pouvait s'attendre dans des secteurs soumis à des conditions défavorables. L'exemple le plus typique est sans conteste celui des transports aériens internes de l'Europe. Le tableau page 15 explique de lui-même comment et pourquoi l'Europe, avec une population presque double de celle des Etats-Unis, n'enregistre que le 1/15 du trafic d'outre-Atlantique. En 1954, la capacité annuelle de sièges offerts ne dépassait 10 000 unités que sur le tiers seulement des tronçons du réseau européen. Suréquipée de routes et

de voies ferrées, l'Europe est une région caractérisée par des distances courtes où l'avion, trop souvent, ne fait pas gagner assez de temps pour justifier son prix encore trop élevé. Pour des raisons inverses, les transports aériens des Etats-Unis ont dépassé les transports routiers par leur trafic, les chemins de fer par leur chiffre de recettes passagers.

Les prix du transport aérien

L'avion est cher. Cette assertion banale gardait toute sa valeur il y a vingt ans. Aujourd'hui, elle se vide de sens progressivement. Non seulement l'avion permet, grâce à sa vitesse propre, une économie de temps qui compense le niveau de ses prix lorsqu'ils sont plus élevés que ceux des voies de surface, mais on enregistre peu à peu dans le monde une baisse des tarifs aériens qui les amène à être comparables, voire égaux ou même inférieurs, dans certains cas, à ceux des autres moyens de locomotion.

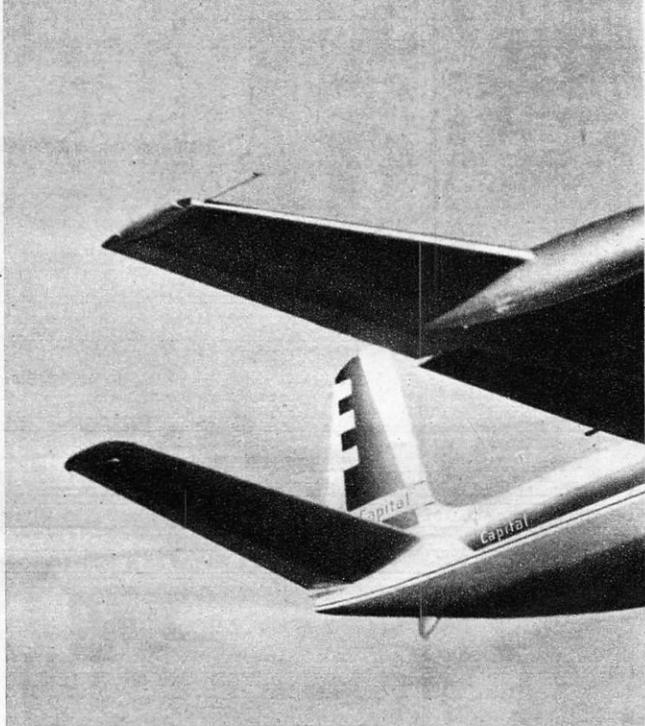
En dépit d'une augmentation générale des prix due à l'inflation qui a sévi dans le monde entier depuis 1945, le prix réel du billet de 1^{re} classe rapporté au coût de la vie a diminué de 40 % en dix ans. L'avènement des « classes » aériennes en 1952 a accentué le mouvement, puisque le billet « touriste » coûte 20 à 30 % moins cher que la 1^{re} classe.

DE HAVILLAND COMET 4

C'est la version du Comet à réaction actuellement en production et qui doit sortir à la fin de 1958. Le fuselage a été modifié et la puissance accrue. Il peut emmener jusqu'à 76 passagers à 840 km/h.

Aux Etats-Unis, pour un indice général des prix des articles de consommation courante qui, de 100 en 1940 avait atteint 190 en 1952, les tarifs aériens s'établissaient, il y a quatre ans, entre 107 et 69. Depuis, il est devenu possible de traverser le continent américain dans les deux sens pour 160 dollars, soit près de 8 000 km pour moins de 60 000 francs ; au kilomètre, c'est à peine plus cher que la nouvelle classe inférieure qu'offre aujourd'hui la S.N.C.F.

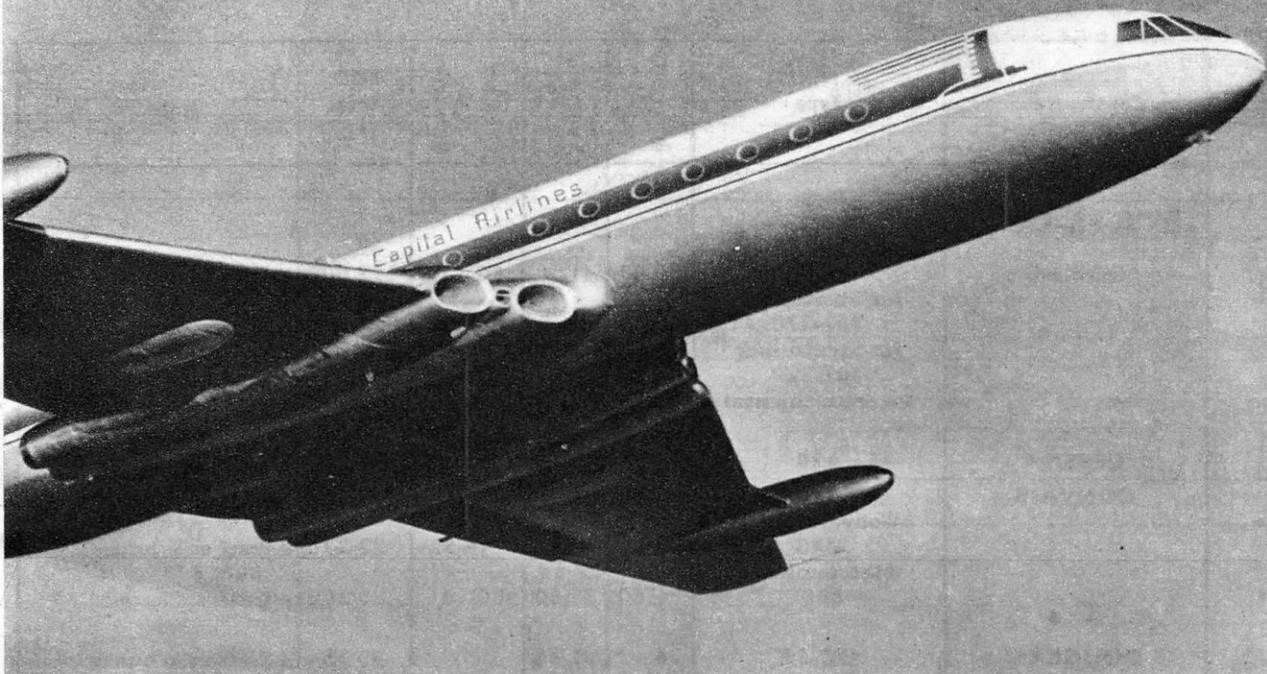
Dans le domaine international, le billet avion d'un aller simple transatlantique coûtait une fortune en 1939. En 1945, il n'était plus que de 675 dollars, soit, après correction par les indices du coût de la vie, 950 dollars de 1956. Aujourd'hui, le prix courant est moitié moins cher : l'aller et retour en classe « touriste » est tombé à 558 dollars et, aux saisons de creux, à 518 dollars. Un tarif excursion « touriste » valable quinze jours permet aujourd'hui l'aller et retour transatlantique pour 446 dollars. En avril 1958, la 3^e classe transatlantique offrira la traversée pour 417 dollars dans les deux sens.



Succès de la classe « touriste »

Même tendance en Union Française, où des taux de 13 à 15 francs le kilomètre-passager sont couramment appliqués, alors qu'on ne les concevait pas en dessous de 20 francs de l'époque, il y a six ans. Sur les services vers l'Afrique Centrale, les prix avion sont plus avantageux que ceux du navire, surtout lorsque le passager se rend au-delà d'un port côtier, vers les localités de l'intérieur desser-





vies directement depuis la métropole. Et l'on pourrait aisément multiplier de tels exemples, de l'Australie où les prix sont les plus bas — 2,3 cents (U.S.) au kilomètre — jusqu'à la région des Caraïbes où ils sont les plus élevés — 7,5 cents au kilomètre. Certes, l'avion n'est pas partout « bon marché », mais partout il est devenu « abordable ».

Encore qu'il ne s'agisse pas d'un facteur de baisse des prix, il convient de citer comme

une « facilité » financière nouvelle, la vente à crédit des billets avion auprès de la plupart des compagnies aériennes. « Voyagez maintenant, payez plus tard », telle est la formule qui, lancée outre-Atlantique, se répand dans le monde entier pour appâter l'éventuel passager que son budget momentané rend hésitant devant la somme à déboursier.

Les conséquences de cette tendance des prix à la baisse se révèlent lorsqu'on examine les progrès enregistrés dans le développement du trafic. L'instauration des classes « touriste » à bord des avions transatlantiques en 1952 a fait doubler le nombre des passagers : 328 764 passagers de classe unique en 1951, 652 233 passagers en 1955, dont 189 678 « 1^{re} classe » et 462 555 « touriste ».

Aux Etats-Unis, les services réguliers ont enregistré, de 1951 à fin 1954, un accroissement général de 58 % du trafic. Les résultats obtenus sur les services « bon marché » augmentent plus vite que la moyenne enregistrée sur les autres. On a pu constater que, de 1954 à 1955, le trafic « touriste » des services réguliers américains sur les réseaux d'outre-mer s'était élevé de 45 % : de 3,14 milliards de passagers-kilomètres à 4,6 milliards de passagers-kilomètres.

Dans l'Union Française, c'est, dans une très



BRISTOL BRITANNIA 301

Appareil à turbopropulseurs (4 Bristol Proteus 755) actuellement en commande pour plusieurs pays. Il en existe plusieurs versions, à grand ou moyen rayon d'action pouvant loger entre 92 et 133 passagers.

AVIONS DE TRANSPORT

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Nombre de passagers	Poids total (kg)	Moteurs	
ÉTATS-UNIS							
BOEING	707-120 Jet Stratoliner	39,88	41	80/130	112 000	4 Pratt et Whitney J 57	
	707-220 Jet Stratoliner	39,88	41	80/130	117 000	4 Pratt et Whitney J 75	
	707-320 Intercontinental	43,13	44,71	124/147	133 790	4 Pratt et Whitney J 75	
CESSNA	620	16,76	12,60		6 800	4 Continental 6 cyl.	
CONVAIR	340 Convair Liner	32,10	24,57	44	21 320	2 Pratt et Whitney R2800CA18	
	440 Metropolitan	32,10	24,57	44/52	22 270	2 Pratt et Whitney R2800CB17	
	880	36,60	39,50	80/141	80 300	4 General Electric J 79	
DOUGLAS	DC-6A Liftmaster	36	32,45		48 734	4 Pratt et Whitney R2800	
	DC-7	36	33,19	69/99	55 428	4 Wright Turbo-comp.	
	DC-7B	36	33,19	69/99	57 152	4 Wright Turbo-comp.	
	DC-7 C	38,80	34,10	48/105	64 850	4 Wright Turbo-comp.	
	Seven Seas						
	DC-8	42,60	45,35	122/144	120 450	4 Pratt et Whitney J 57	
					130 600	4 Pratt et Whitney J 75	
LOCKHEED	1049 G Super Constellation	38,00	35,85	47/99	62 372	4 Wright Turbo-comp.	
	1649 A Super Constellation	45,60	35,85	58/99	70 762	4 Wright Turbo-comp.	
	Electra	30,17	32,19	66/91	51 200	4 Allison T 56	
GRANDE-BRETAGNE							
ARMSTRONG-WHITWORTH	Series 650	35,00	26,40	71	34 450	4 Rolls-Royce Dart	
	Britannia	42,74	34,73	54/92	71 500	4 Bristol Proteus	
BRISTOL	Series 100						
	Series 310	42,74	34,87	92	79 000	4 Bristol Proteus	
	170 Freighter	32,93	20,80	44	19 958	2 Bristol Hercules 734	
DE HAVILLAND	Comet 4	35,00	33,99	60/76	69 200	4 Rolls Royce Avon Ra 29	
	Héron DH-104 Dove	21,80 17,40	14,80 11,96	14/17 8/11	6 124 3 992	4 D.H. Gipsy Queen 2 D.H. Gipsy Queen	

Puissance ou poussée au décollage	Vitesse de croisière (km/h)	Autonomie (km)	Observations
18 144 kg	900/925		Long courrier à réaction. Aile en flèche. Versions transcontinentales.
27 216 kg	900/925		
27 216 kg	900/925	7 500	Version Intercontinentale. Version 420 avec Rolls-Royce Conway.
1 400 ch	418		Quadrimoteur léger.
4 800 ch	460	2 335	Moyen courrier.
5 000 ch	480	5 100	Moyen courrier.
18 144 kg	980	4 830	Moyen courrier à réaction. Aile en flèche.
9 600 ch	495	6 200	Avion cargo. Version DC-6B pour 54/89 passagers.
13 000 ch	560	7 100	Long courrier.
13 400 ch	560		Version transatlantique.
13 600 ch	566	9 600	Version transatlantique.
18 144 kg	900/925	5 700	Long courrier à réaction. Aile en flèche. Version transcontinentale.
27 216 kg	900/925	7 150	Version Intercontinentale. Aussi avec R.-R. Conway.
13 000 ch	540	7 700	Long courrier.
13 600 ch	560	11 200	Long courrier.
15 000 ch	650	4 500	Moyen courrier à turboprop.
8 400 ch	476		Transport mixte à turboprop.
15 600 ch	610	8 500	Appareil à turbopropulseurs. De la Series 100 dérive la Series 300 avec fuselage allongé et puissance accrue, dont la Series 310 est la version à grand rayon d'action avec réservoirs supplémentaires et la Series 320 la version à rayon d'action moyen pouvant emporter plus de 130 passagers.
16 840 ch	625	11 500	
3 960 ch	280	1 300	Transport de fret ou de passagers. Train fixe.
19 040 kg	840	4 600	Long courrier à réaction. Version 4 A à rayon d'action réduit pour 92 passagers.
1 000 ch	305	2 500	Transport léger.
710 ch	290	1 368	Transport léger. Version militaire Devon.

large mesure, à la baisse des tarifs et à l'adoption de mesures destinées à favoriser les voyages en classe « touriste » que l'on doit un accroissement de 1 138 millions à 2 050 millions de passagers-kilomètres en trois ans. Phénomène d'autant plus remarquable que la partie « voyageuse » des populations d'outremer n'augmente que très faiblement. Les prix avantageux incitent dès lors les mêmes personnes à voyager plus souvent.

Seule l'Europe présente le cas pathologique d'un succès limité des classes « touriste ». En dépit d'un accroissement du trafic de 27 % de 1954 à 1955, les services intereuropéens ne représentent que 7 % du total mondial. Le remède à cet état de choses ne peut guère être trouvé en dehors d'une diminution beaucoup plus sensible des tarifs aériens, accompagnée d'un notable accroissement du nombre des services. Il ne faut pas s'attendre à des miracles lorsqu'un avion quotidien offre trop cher ses places, fussent-elles « touriste », sur une ligne où quatre services par jour seraient nécessaires à des tarifs n'excédant pas la 1^{re} classe du chemin de fer. A l'heure actuelle, les prix de revient ne permettraient pas de se soumettre à de tels impératifs, mais s'il est vrai que les classes « touriste » ont largement contribué à promouvoir le transport aérien depuis cinq ans, pour obtenir mieux encore, il faudra user de moyens identiques.

Nécessité des transports de masse

Il y a seulement deux ans, le quadrimoteur classique trouvait de farouches défenseurs parmi ceux que l'austérité des problèmes financiers rendait insensibles aux attraits de la réaction et des ailes en flèche. Les vertus économiques de monstres pesant 130 tonnes, volant à 950 km/h et coûtant 2 milliards pièce, ne paraissaient pas évidentes aux esprits les plus avertis. Mais l'aviation va vite.

En octobre 1955, les Pan American Airways déclenchaient l'offensive par une commande spectaculaire de 20 Boeing 707 et de 25 Douglas DC-8. Les dés étaient jetés. Bon gré, mal gré, l'aviation marchande se trouvait engagée tout entière dans une nouvelle partie. Elle se disputera sur le réseau mondial à partir de 1960. Déjà le grand jeu s'organise.

Il s'agit de lancer sur le marché, dont l'étendue n'est qu'estimée, une capacité supplémentaire de transport qui, elle, est arithmétiquement certaine.

Un quadrimoteur du type DC-6 B produit par heure de vol 3 200 tonnes-kilomètres. La production horaire d'un DC-8 est trois fois plus élevée, soit 10 000 tonnes-kilomètres. D'un appareil à l'autre, la charge marchande

AVIONS DE TRANSPORT (suite)

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Nombre de passagers	Poids total (kg)	Moteurs
GRANDE-BRETAGNE						
HANDLEY-PAGE	Herald	28,91	21,41	36/42	17 000	4 Alvis Leonides Major
HUNT.-PERCIVAL	Prince Series V	19,50	14,46	12	6 130	2 Alvis Leonides
SCOTT. AVIATION	Twin Pioneer	23,32	13,79	16	6 120	2 Alvis Leonides
VICKERS-ARMSTRONG	Viscount Series 800	28,65	26,10	52/70	28 000	4 Rolls-Royce Dart
	Vanguard	36,15	37,31	76/115	61 250	4 Rolls-Royce Tyne
CANADA						
DE HAVILLAND	Otter	17,67	12,75	10	3 630	1 Pratt et Whitney Wasp
ESPAGNE						
Construcciones Aeronauticas	201 Alcoton	18,40	13,80	10	5 100	2 ENMA Sirio
	202 Halcón	21,58	16,00	14	7 750	2 ENMA Beta
	207 Azor	27,80	20,85	30/38	15 000	2 Bristol Hercules
ITALIE						
AGUSTA	AZ-8 L	25,50	19,44	22/26	11 300	4 Alvis Leonides
PAYS-BAS						
FOKKER	Friendship	29	23,1	32/40	15 600	2 Rolls-Royce Dart
SUÈDE						
SVENSKA AEROPLAN	SAAB-90 Scandia	28	21,30	24/32	16 000	2 Pratt et Whitney

se trouve multipliée par une vitesse presque double. On en arrive à évaluer la capacité de la flotte d'avions à turbines exploitée en 1961 à 18 milliards de tonnes-kilomètres. Si l'on y ajoute la capacité de la flotte actuelle, soit 12 milliards, on obtient un total de 30 milliards de tonnes-kilomètres qui seront offertes sur le marché mondial.

Or, en 1955, les résultats d'ensemble du trafic étaient de 7 500 millions de tonnes-kilomètres. Pour qu'il y ait adaptation de l'offre et de la demande, en supposant qu'un coefficient de remplissage des avions de 60 % demeure traditionnellement acceptable, il faudrait que le volume du trafic atteigne le chiffre de 18 milliards en 1961, soit un peu plus du double de son niveau en 1955. Voilà pourquoi le transport de masse, *tendance* actuelle, devient, à terme, une *nécessité*.

Les carnets de commande

Si l'on met à part l'U.R.S.S. et la Chine populaire, c'est une flotte de 3 700 avions de transport civil qui suffit actuellement à absor-

ber le trafic du monde entier. Deux cent cinquante avions nouveaux ont été livrés en 1956, parmi lesquels 140 « long-courriers » de 50 tonnes et plus. Les carnets de commande, au début 1957, portent sur 375 quadrimoteurs et bimoteurs équipés de moteurs à piston et livrables jusqu'en 1958 et 1959. A ce total, s'ajoutent les 811 avions nouveaux propulsés par turbines, commandés « ferme » et qui seront livrés d'ici 1962.

Dans ce vaste programme de renouvellement du parc aérien mondial qui s'accomplira dans les six années à venir, les quadrimoteurs lourds tiennent la vedette. Leur coût unitaire de quelque deux milliards pièce, leur capacité annuelle de transport équivalant à celle d'un paquebot de 40 000 tonnes, les ont désignés à la critique comme des instruments d'une politique à trop larges vues qui pourrait mener le transport aérien à la ruine. L'an dernier, l'hebdomadaire américain « Fortune » publiait un article retentissant, dans lequel il était démontré qu'aux Etats-Unis, les compagnies offriraient, en 1962, 120 milliards de

Puissance ou poussée au décollage	Vitesse de croisière (km/h)	Autonomie (km)	Observations
3 512 ch	360	2 000	Moyen courrier.
1 080 ch	300	1 320	Transport léger.
1 080 ch	280	1 400	Transport léger.
7 120 ch	510	1 700	Appareil à turbopropulseurs. Versions futures 810 et 840 de puissance accrue.
18 000 ch	640	5 000	Moyen courrier à turboprop. En service en 1960.
600 ch	222	1 760	Transport léger. Existe en hydravion et amphibie.
1 000 ch	350	1 000	Transport léger.
1 550 ch	310		Transport léger.
4 080 ch	423	1 750	
2 200 ch	410	2 000	Quadrimoteur prototype.
3 200 ch	447	1 580	Moyen courrier à turboprop.
3 600 ch	450	2 500	

sièges-kilomètres pour une demande qui n'ex céderait pas 50 milliards, selon les prévisions officielles. L'auteur mettait en lumière les risques acceptés par les transporteurs s'exposant à ne vendre que 38 % de leur production. Il concluait que les compagnies iraient « jusqu'à perdre leur chemise » dans cette aventure où elles n'hésitaient pas à investir 800 milliards, alors que leur actif n'en atteignait à peine que 600. A l'appui de cette thèse incisive, certains notaient que la faible marge de profits réalisés par les transporteurs ne se révélait pas compatible avec un tel optimisme, et qu'une hausse des prix de revient, résultant de la tendance mondiale et des charges financières accrues, entraverait toute baisse de tarif nécessaire à l'élargissement du marché.

La foi dans l'avenir

Si les détracteurs d'une aviation commerciale à réaction avaient pour eux la logique d'arguments d'autant plus séduisants qu'ils paraissaient raisonnables, ses promoteurs avaient, eux, la leçon de l'expérience qui ne trompe pas.

Leçon de prudence à l'égard du maniement des chiffres théoriques. Il y a loin des données optimum caractérisant les performances et la capacité d'un avion à celles qui résultent de l'exploitation de l'appareil. Servitudes du bord, aménagements mixtes des cabines réduisant de 10 à 15 % la capacité-sièges annoncée sur catalogue. De même, les vitesses de croi-

AVIONS A TURBOMOTEURS EN COMMANDE

1° Appareils équipés de turbopropulseurs.

Moyen-courrier : VICKERS VISCOUNT	150
VICKERS VANGUARD	40
FOKKER FRIENDSHIP	93
LOCKHEED ELECTRA	133
Long-courrier : BRISTOL BRITANNIA	51

Total : 467

2° Appareils équipés de turboréacteurs.

Moyen-courrier : DE HAVILLAND COMET IV	33
SUD-AVIATION CARAVELLE	12
CONVAIR 880	44
Long-courrier : DOUGLAS DC.8	119
BOEING 707	136

Total : 344

Total général : 811



LOCKHEED ELECTRA

C'est un moyen-courrier à turbopropulseurs actuellement en construction et dont les premiers exemplaires doivent entrer en service à la fin de l'an prochain. Il a été commandé à plus de 130 exemplaires.

VICKERS VANGUARD

Équipé de turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne, ce moyen-courrier sortira en 1960 sans construction préalable de prototype. Prévu pour 76/115 passagers, il peut emporter à défaut jusqu'à 7 tonnes de fret.

sière données pour 900 km/h et plus se ramè-
nent fréquemment à des vitesses « commer-
ciales » de 750 à 800 km/h, selon la longueur
des étapes. Le potentiel-transport qui résulte
des chiffres pratiques se trouve diminué, d'au-
tant plus que l'utilisation quotidienne des
avions à haut rendement est plus souvent de
7 à 9 heures que de 10 à 12 heures, comme
l'affirment ceux qui redoutent la démesure.

Leçon d'optimisme, aussi, fondée sur des
constatations tangibles : la courte histoire du



transport aérien prouve que les prévisions d'accroissement du trafic se sont révélées justes et même parfois dépassées par les faits.

En dix ans, le taux d'accroissement annuel du trafic mondial n'a jamais été inférieur à 11 % ; il a atteint 16 % en moyenne depuis 1946. De 1951 à 1956, les résultats d'ensemble de tous les transporteurs aériens ont plus que doublé. Tout porte à croire que cette tendance ne fléchira pas.

L'augmentation générale de la population est un phénomène constant qui, à long terme, contribue à développer la clientèle des transports, cependant que le pouvoir d'achat tend à s'élever à travers le monde. Mais alors que les voies de communication en surface sont prises dans le courant général de la hausse des prix, et que leurs progrès en vitesse et confort

paraissent stagnants depuis plusieurs années, l'aviation, elle, dispose encore de ressources considérables pour agir dans le sens favorable sur ces trois éléments fondamentaux de son développement commercial.

Vers une troisième classe transatlantique

Ce serait une erreur de croire que les « jets », parce qu'ils coûtent deux ou trois fois plus cher que leurs frères à moteurs classiques, sont d'une exploitation plus onéreuse. Pour 1 750 millions de francs, un quadri-réacteur équipé de 110 fauteuils revient à 15,2 millions par siège. Le DC-3, pour un prix de 45 millions de francs, offrait chacun de ses 21 sièges à près de 21 millions pièce. Etabli



F-27 FRIENDSHIP MOYEN - COURRIER

Cet appareil hollandais a été commandé par des compagnies non seulement européennes, mais australiennes et américaines. Equipé de turbo-propulseurs Dart, il doit desservir économiquement les lignes moyennes.





sur huit ou dix ans, l'amortissement d'un DC-8 ou d'un Boeing 707 revient moins cher à l'unité vendue que celui d'un DC-6 réputé pour être le long-courrier le plus économique. Si l'on ajoute que la simplicité des turbines et de leur instrumentation doit faire baisser les frais d'entretien du matériel exploité, que la consommation horaire en kérosène à bas prix compense en partie la gourmandise des réacteurs, on peut admettre que les prix de revient à la tonne-kilomètre ou au passager-kilomètre seront de 30 % moins élevés sur les avions de la nouvelle génération. Cette baisse des coûts de production permettra d'absorber une chute des prix dont l'effet jouera à coup sûr. Et l'introduction de la 3^e classe transatlantique en avril 1958 n'est que la préparation du marché à son élargissement futur.

On objectera que la mise en œuvre de cette nouvelle économie de l'aviation à réaction risque de mettre au rebut une génération d'avions classiques encore tout neufs, et que l'éventail traditionnel des prix aurait à souf-



← DOUGLAS DC-8

Ce long-courrier à réaction est actuellement en construction et entrera sans doute en service en 1959. Il peut emporter jusqu'à 144 passagers à plus de 900 km à l'heure. Il sort en deux versions : transcontinentale et intercontinentale, cette dernière ayant un rayon d'action dépassant les 7 000 km.

BOEING 707

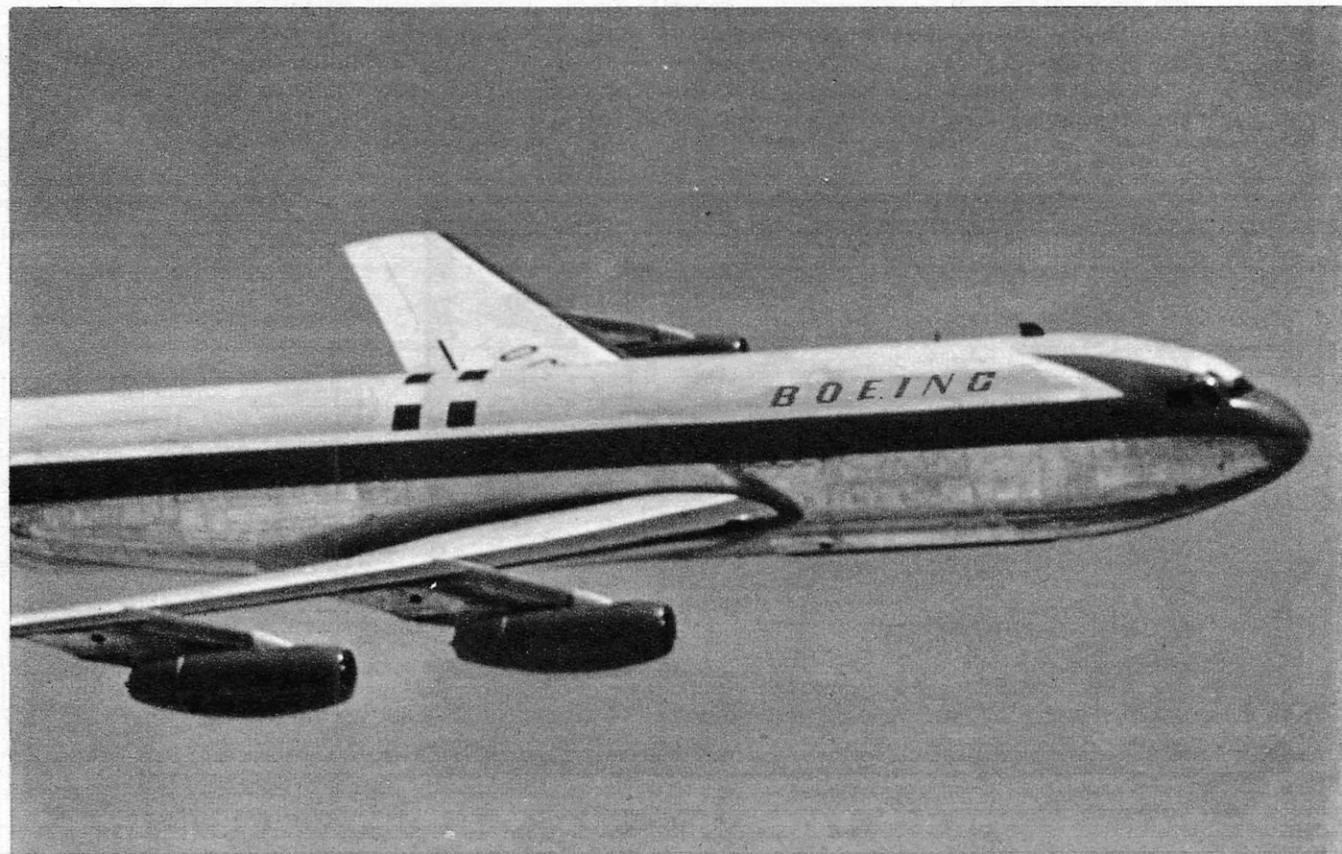
C'est le premier avion de transport à réaction qui ait volé aux Etats-Unis. La version commerciale dérive du C-135, tanker pour ravitaillement en vol. Ses performances sont du même ordre que celles du Douglas DC-8. Il a été commandé par de nombreuses compagnies dans le monde, dont Air France. ↓

frir d'une conception où le voyage coûterait d'autant moins cher qu'il serait plus rapide. Il faudra sans doute exploiter la relativité de la vitesse et y faire correspondre une gamme nouvelle des tarifs.

On peut faire confiance à l'initiative des hommes qui, disposant de matériel et n'étant pas décidés à le mettre au pilon, sauront trouver la formule originale qui sera rentable. Aujourd'hui, il existe des transporteurs qui ont tiré à ce point la quintessence d'avions démodés mais éprouvés, qu'ils les exploitent à moins de 5 francs le kilomètre-passager. Que l'on ne s'y trompe pas, la « masse des usagers » n'est pas faite seulement de ceux qui sont sensibles à la publicité la plus voyante. Elle se recrute aussi, plus humblement, aux moindres frais généraux, par l'offre directe de prix imbattables sur des parcours où le degré de confort peut ne pas être celui des grands « services drapeaux ».

L'avènement des avions à turbine libérera un potentiel de transport nouveau et forcera sans doute à s'adapter celui qui existe déjà. Mais l'expérience acquise prouve qu'il vaut mieux en attendre une recrudescence de l'activité aérienne sous toutes ses formes que d'en redouter un malaise. Car dans toute industrie en expansion, il n'est rien de pire que de refuser un progrès qui s'impose.

FRANÇOIS SERRAZ



LE TURBORÉACTEUR

LA propulsion à réaction, qui a fait ses débuts sur des appareils militaires, s'est étendue aujourd'hui à toute l'aviation, depuis le chasseur supersonique jusqu'à l'hélicoptère, en passant par le bombardier, l'avion de transport et l'avion de tourisme. Le turboréacteur s'est adapté à ces diverses tâches en se perfectionnant, comme nous allons le voir en évoquant les progrès les plus marquants de ses principaux organes. En même temps, la gamme de ses puissances se diversifiait pour couvrir des domaines d'application variés. On peut aujourd'hui classer ces propulseurs en trois grands groupes d'après la poussée qu'ils engendrent.

Les petits réacteurs (moins de 1 000 kg de poussée)

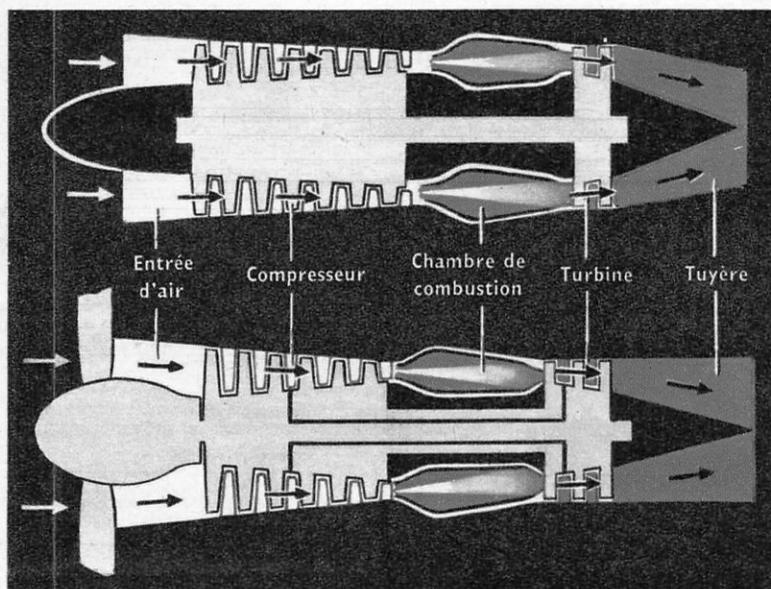
Le développement de cette catégorie a été principalement marqué par les créations de Turboméca, en France, avec sa fameuse série Pimené 110 kg, Aspin II 260 kg, Marboré 400 kg, Gourdon 640 kg, auxquels sont venus s'ajouter d'autres modèles de réacteurs, ainsi que des turbopropulseurs. Elle a remporté le plus éclatant succès à l'étranger, où des licences de fabrication ont été acquises par des

constructeurs de réputation aussi bien établie que Blackburn en Grande-Bretagne et Continental aux Etats-Unis.

Ces réacteurs, trouvent leur application dans de multiples domaines : comme moteur d'appoint en bouts d'ailes ; pour la propulsion d'avions de tourisme et de transport à faible tonnage et à moyenne distance ; pour les essais de maquettes volantes d'avions prototypes ; à bord des hélicoptères.

La technique de ces petits réacteurs est en pleine évolution. Ils sont particulièrement favorisés par l'emploi des compresseurs centrifuges, de réalisation simple et de surface frontale parfaitement admissible pour de petite unités ; de ce fait, leur fabrication est bien moins coûteuse que celle des turboréacteurs à compresseur axial. De même, leur perfectionnement futur, par l'emploi de volets d'entrée à incidence variable automatique, de l'injection d'eau et de méthanol, de la post-combustion (réchauffe), présente moins de complications que pour les turboréacteurs des catégories supérieures.

Leurs perspectives d'avenir sont d'ailleurs de plus en plus vastes. Dans le cas des propulseurs d'appoint, par exemple, on en pré-



Le turboréacteur comporte, comme le turbo-propulseur : compresseur, chambres de combustion et turbine. Celle-ci, dans le premier cas, entraîne seulement le compresseur et l'éjection des gaz assure la propulsion. Dans le second cas, elle actionne aussi l'hélice, l'éjection jouant alors un rôle secondaire (on a représenté ici un compresseur et une turbine en deux sections).

TURBORÉACTEURS ET TURBOPROPULSEURS

Constructeur	Type	Compresseur	Chambres de combustion	Poussée statique (kg)	Puissance (ch)	Poids (kg)	Observations
ÉTATS-UNIS ALLISON	J 33	centrifuge	14	2 087		812	Turboréacteur. Equipe l'engin Regulus; version à vie courte pour l'engin Matador.
	J 71	axial, 16 étages	annulaire avec « cans »	4 536		1 822	Turboréacteur. Turbine à 3 étages. Equipe McDonnell Demon avec post-combustion (poussée 6 350 kg). Versions diverses pour engin Snark, Douglas B-66.
	T 56	axial, 14 étages	6		3 750	746	Turbopropulseur. Turbine à 4 étages. Equipe Lockheed Hercules. La version commerciale 501 D 13 équipe le Lockheed Electra. La version D-15 développe 5 500 ch.
BOEING	T-50	centrifuge	2		270	110	Turbine à gaz à utilisation multiples.
CONTINENTAL	J 69-T-9	centrifuge	annulaire	417		165	Turboréacteur dérivé du Turboméca Marboré II.
	J 69-T-19	centrifuge	annulaire	454		144	Version du précédent à vie courte pour engins téléguidés.
	T 51-T-1	centrifuge	annulaire		280	120	Turbine à gaz. Dérive du Turboméca Artouste I; équipe Bell XH-13, Cessna XL-19 C. La version T-3 dérivant de l'Artouste II développe 425 ch et équipe le Sikorsky S-59. La version T-5 développe 392 ch.
CURTISS-WRIGHT	J 65	axial, 13 étages	annulaire	3 266		1 177	Turboréacteur. Version américaine de l'Armstrong-Siddeley Sapphire.
	J 67			6 804			Turboréacteur. Version américaine du Bristol Olympus.
	T 49	axial, 13 étages,	annulaire		6 500		Turbopropulseur dérivé du J 65.
FAIRCHILD GENERAL ELECTRIC	J 44	centrifuge	annulaire	454		152	Turboréacteur pour avions-cibles.
	J 47	axial, 12 étages	8	2 710		1 158	Turboréacteur. Equipe Boeing B-47 E. Une version avec post-combustion (poussée 3 470 kg), poids 1 450 kg, équipe Sabre F-86 D. Ce type a été produit à plus de 35 000 exemplaires.
	J 73	axial, 12 étages	annulaire avec « cans »	4 170		1 650	Turboréacteur. Turbine à 2 étages. Equipe Sabre F-86 H.
	J 79	axial, 17 étages	annulaire	5 443		1 500	Turboréacteur à post-combustion. Compresseur à ailettes du stator à incidence variable. Turbine à plusieurs étages. Equipe Lockheed F-104 A et Convair XB-58 Hustler.
	T 58	axial	annulaire		1 000	200	Turbopropulseur. Equipe Sikorsky S. 58, Vertol H-21.
LYCOMING	T-53	centrifuge + axial, 5 étages	annulaire		825	210	Turbopropulseur. Turbine à 2 étages. Equipe l'hélicoptère Bell XH-40.
	T-55	centrifuge + axial	annulaire		1 651	312	Turbopropulseur. Turbine à 1 étage pour le compresseur, à 2 étages pour l'arbre de sortie.
PRATT ET WHITNEY	J 57	axial, 9 étages b.p., 7 étages h.p.	annulaire avec « cans »	4 536			Turboréacteur. Turbine à 1 étage pour le compresseur h. p.; à 2 étages pour le compresseur b.p. Equipe divers chasseurs dont Convair F-102, Super Sabre, les Stratofortress et Stratotanker et les versions transcontinentales du Boeing 707 et Douglas DC 8.
	J 75	axial		6 804			Turboréacteur. Equipe les versions intercontinentales du Boeing 707 et Douglas DC 8.
	T 34	axial, 13 étages	annulaire		5 700	1 163	Turbopropulseur. Turbine à 3 étages. Equipe Douglas C-133.
WESTINGHOUSE	T 57				15 000		Turbopropulseur.
	J 34	axial, 11 étages	annulaire	1 474		546	Turboréacteur. Turbine à 2 étages. Equipe plusieurs chasseurs de l'U.S. Navy.
	J 46 XJ 54	axial axial	annulaire	1 814 2 948		950	Turboréacteur.
GRANDE-BRETAGNE							
ARMSTRONG- SIDDELEY	Sapphire S a 6	axial, 13 étages	annulaire	3 630		1 225	Turboréacteur. Turbine à 2 étages. Equipe Hawker Hunter, Gloster Javelin, D.H. Victor, English Electric P-1, Flug und Fahrzeugwerke P-16.

TURBORÉACTEURS ET TURBOPROPULSEURS (suite)

Constructeur	Type	Compresseur	Chambres de combustion	Poussée statique (kg)	Puissance (ch)	Poids (kg)	Observations	
GRANDE-BRETAGNE								
ARMSTRONG-SIDDELEY	Sapphire S a 7	axial, 13 étages	annulaire	4 766		1 351	Turboréacteur dérivé, du précédent.	
	Viper A S V 3	axial, 7 étages	annulaire	750		172	Turboréacteur. Version à vie courte pour avions-cibles.	
	A S V 8	axial, 7 étages	annulaire	795		234	Turboréacteur, version à vie longue. Equipe Trident et MD 550 Mirage.	
	Python	axial, 14 étages				1 430	Turbopropulseur. Turbine à 2 étages. Equipe Westland Wyvern.	
ARMSTRONG-SIDDELEY	Mamba 6	axial, 10 étages	annulaire		1 770	385	Turbopropulseur. Turbine à 3 étages. Equipe Short Seamew.	
	Double Mamba D-3				3 190	1 000	Turbopropulseur dérivé du précédent. Equipe Fairey Gannet.	
BRISTOL	Olympus 101	axial, 6 étages b.p., 8 étages h.p.	annulaire	4 990		1 596	Turboréacteur. Comporte 2 compresseurs entraînés chacun par une turbine à 1 étage. Equipe Avro Vulcan. La version américaine porte la désignation Wright J 67.	
	Olympus 102		avec « cans »	5 443				
	Olympus B-01-6			7 257				
	Orpheus B-Or-3	h.p. axial, 7 étages	annulaire avec « cans »	2 200		386	Turboréacteur. Equipe Folland Gnat, M.D. Etendard VI, Breguet 1001 Taon, Fiat G-91. Version B-Or-11, poussée 2 613 kg.	
	Zeus			9 000			Turboréacteur de grande poussée à l'étude.	
BRISTOL	Proteus 755	axial, 12 étages + centrifuge	8		4 177	1 315	Turbopropulseur. Turbine à 2 étages pour le compresseur, turbine à 2 étages pour l'arbre de sortie. Equipe Bristol Britannia.	
	Orion	axial, 2 étages b.p.; 5 étages h.p.	annulaire avec « cans »		5 150	1 430	Turbopropulseur. Turbine à 1 étage pour le compresseur h.p.; turbine à 3 étages pour le compresseur b.p. et l'arbre de sortie.	
DE HAVILLAND	Gyron	axial	annulaire	6 800			Turboréacteur.	
	Gyron-Junior	axial		3 600		680	Version du précédent de dimensions réduites.	
NAPIER	Eland	axial, 10 étages	6		3 500	787	Turbopropulseur. Equipe Fairey Rotodyne.	
	Gazelle	axial, 11 étages	6		1 260	354	Turbopropulseur pour hélicoptères. Turbine à 2 étages pour le compresseur; turbine à 2 étages pour l'arbre de sortie. Equipe Westland Wessex, Bristol 192.	
	Oryx					225	Turbogénérateur de gaz pour hélicoptères à réaction.	
ROLLS-ROYCE	Avon 100 Ra 3	axial, 12 étages	8	2 950		1 016	Turboréacteur à 2 étages. Le Rolls-Royce Avon équipe de nombreux appareils, entre autres SE Caravelle, DH Comet, Vickers Swift, Hawker Hunter, English Electric Canberra, Fairey FD-2.	
	Avon 200 Ra 14	axial, 12 étages	annulaire	4 310		1 297	Turboréacteur à double flux. Equipera les Douglas DC-8 des Trans Canada Airlines et les Boeing 707 de BOAC, Lufthansa et Air-India.	
	Ra 26	axial, 15 étages	annulaire	4 540		1 265	Turboréacteur.	
	Ra 29	axial, 16 étages	annulaire	4 760		1 520	Turboréacteur.	
	Conway		annulaire	5 900			Turboréacteur de construction simplifiée. Equipe avions cibles.	
	RB-106	axial	annulaire	6 800			Turboréacteur.	
	Soar	axial		822		125	Turboréacteur de construction simplifiée. Equipe avions cibles.	
	Dart	centrifuge, 2 étages	7			1 890	570	Turbopropulseur. Equipe Vickers Viscount, Breguet Alizé, Fokker Friendship.
	Tyne					4 695	920	Turbopropulseur. Equipera Vickers Vanguard.
CANADA ORENDA	Orenda 9	axial, 10 étages	6	2 900		1 160	Turboréacteur. Equipe Avro Canada CF-100. Version Orenda II, turbine à 2 étages, poussée 3 200 kg; Orenda 14, poussée 3 450 kg.	
	Iroquois PS-13	axial		9 000			Turboréacteur de grande puissance à l'étude.	
ITALIE FIAT	4002	centrifuge	annulaire	250		99	Turboréacteur de petite puissance pour avions de moyen tonnage.	

voit l'utilisation pour améliorer la circulation autour de l'aile et mieux répartir les poussées et les poids, avec le double avantage de permettre d'alléger la structure et d'accroître la finesse. On peut, grâce à eux, concevoir une aile à petits réacteurs incorporés au long de son envergure ou comportant de petits fuseaux d'appoint auxiliaires escamotables en vol.

Notons enfin les nombreuses turbo-machines dérivées de ces petits réacteurs et dont non seulement l'aéronautique, mais bien d'autres industries tirent le plus grand profit : générateurs de gaz, turbines libres ou turbines motrices, turbo-pompes, et turbo-soufflantes, groupes de terrain, etc.

Les réacteurs moyens (1 000 à 2 500 kg de poussée)

On trouve dans cette catégorie soit des réacteurs anciens améliorés, soit des unités développées à partir des petits réacteurs, soit enfin des réacteurs de recherche à caractéristiques poussées.

Leurs domaines d'application sont donc beaucoup moins limités que ceux des petits réacteurs. Occupant une position intermédiaire entre les deux catégories extrêmes, ils bénéficient techniquement des progrès de l'une et de l'autre. On trouve là des compresseurs centrifuges à étages multiples dans les limites

imposées par le maître-couple, des compresseurs axiaux à taux de compression moyennement élevés et, sur certains modèles, des dispositifs de post-combustion (Bristol Orpheus). Ce sont les principaux rivaux des turbopropulseurs moyens, comme le Rolls-Royce Dart, ou des moteurs à pistons de moyenne puissance encore en service pour le transport et le tourisme à moyenne distance.

Les réacteurs de recherche à haut rendement constituent les précurseurs des types à forte poussée de l'avenir prochain.

Les réacteurs à forte poussée (plus de 2 500 kg)

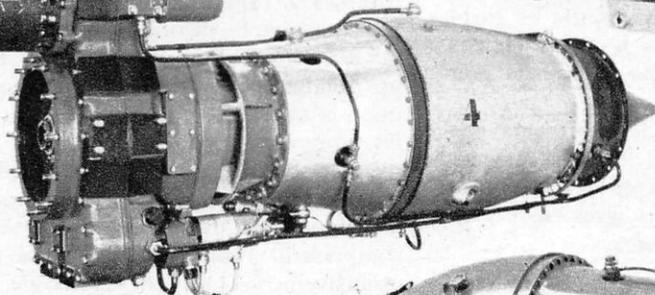
C'est la catégorie la plus développée, mais aussi celle qui se heurte au plus grand nombre d'obstacles dans son évolution.

Jusque vers 3 500 kg de poussée, que la post-combustion porte à 5 000 kg, les réacteurs dérivent des réacteurs moyens à haut rendement par la multiplication des étages des compresseurs axiaux et des turbines, et par l'adoption de taux de fatigue voisins du maximum admissible. Ces machines satisfont les besoins militaires et civils actuels, mais leurs perspectives de développement paraissent assez limitées devant les exigences de plus en plus pressantes des vols à des vitesses fortement supersoniques.

TURBOMÉCA

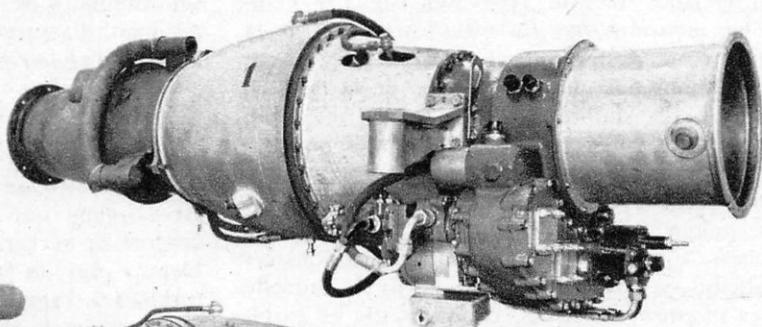
ARBIZON II

Petit turboréacteur développant une poussée de 250 kg avec une faible consommation : 0,92 kg/kg/h.



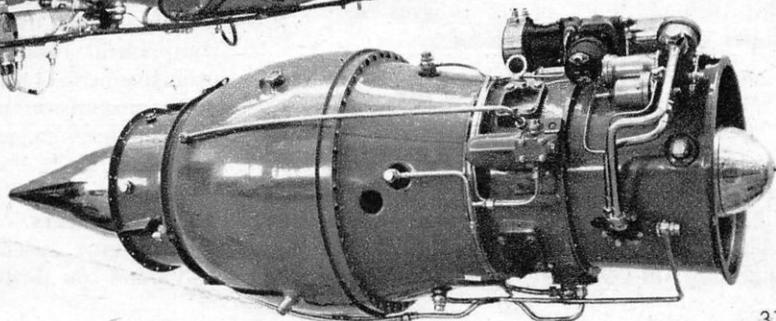
GOURDON

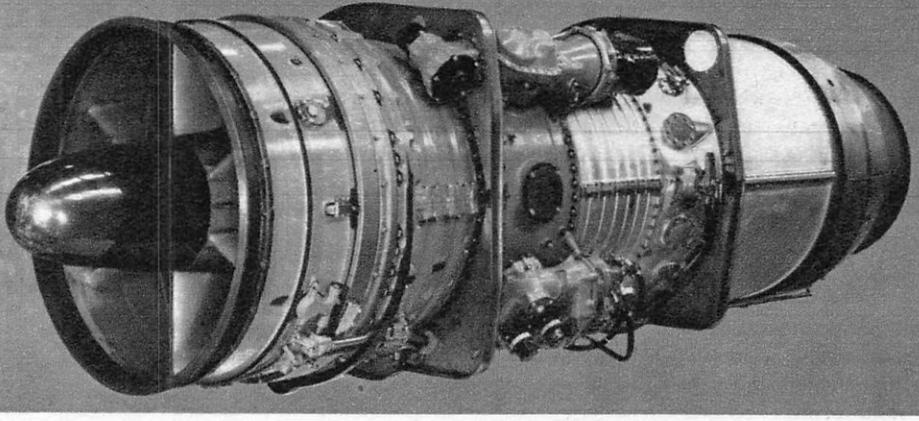
Ce turboréacteur dont le poids à vide est seulement de 170 kg, donne une poussée de 640 kg.



ARTOUSTE III

Turbine à gaz de 600 ch, version dérivée de l'Artouste II qui équipe l'hélicoptère SE Alouette II.





BRISTOL OLYMPUS

La version B-01-6 que l'on voit ici est la plus puissante de la série avec une poussée de 7 260 kg. La firme américaine Wright a acquis la licence de fabrication des réacteurs anglais type Olympus.

La classe des réacteurs de 10 000 kg de poussée est celle qui retient actuellement l'attention de la plupart des bureaux d'études pour l'équipement des cellules supersoniques et des avions de transport transsoniques. Plusieurs types de 8 000 à 10 000 kg ont été réalisés, mais au prix d'innombrables difficultés. Leur mise au point ne sera sans doute effective que dans les prochaines années.

Reste la classe extrême, celle des superpoussées dont les exigences dépassent celles de tous les types précédents. Malgré l'appoint de la réchauffe, ou post-combustion, il ne semble pas que l'on puisse espérer actuellement, sauf invention révolutionnaire, dépasser 12 000 à 13 000 kg. De toute manière, ces réacteurs ne pourront pas concurrencer la nouvelle technique du statoréacteur ou de la tuyère thermopropulsive. Il faut cependant signaler l'emploi, en composite, du turboréacteur et de la tuyère thermopropulsive (Leduc 0-22), car n'oublions pas que le problème de la mise en vitesse du statoréacteur ne peut être résolu sans faire appel à un propulseur d'appoint.

La catégorie des réacteurs à forte poussée marquera donc le terme de l'évolution de cette technique développée au cours de la dernière guerre mondiale. L'augmentation des poussées atteint avec eux la limite à partir de laquelle les organes tournants, compresseurs et turbines, soumis aux contraintes les plus élevées, doivent céder la place à des dispositifs nouveaux à éléments statiques.

Pour mieux comprendre les différents problèmes auxquels se heurtent les constructeurs, examinons organe par organe la constitution des turboréacteurs et les progrès acquis au cours de ces dernières années.

Les entrées d'air

L'entrée d'air d'un turboréacteur pose des problèmes qui relèvent à la fois du constructeur de cellule et du constructeur de moteurs. Chaque type de cellule constitue un cas particulier et le choix du type d'entrée est une question très complexe, capitale à la fois pour

la stabilité de la cellule et pour l'équilibre interne du réacteur.

Les remous, les ondes soniques et les décollements de la veine gazeuse ont de graves répercussions sur l'ensemble du fonctionnement du réacteur. Une mauvaise adaptation de l'entrée compromet toute la dynamique et la thermodynamique de la machine.

D'autre part, les basses températures rencontrées dans les pays au climat rigoureux et aux hautes altitudes, et les hautes températures dues à l'échauffement aux vitesses supersoniques sont deux éléments contradictoires dont il faut cependant tenir le plus grand compte. Des essais poussés, en soufflerie, de cellules avec réacteurs incorporés, en maquette à échelle réduite ou en vraie grandeur, sont indispensables. Ils exigent des souffleries supersoniques de très grande puissance, seules capables d'assurer la parfaite adaptation de l'entrée d'air au profil de l'aile.

Les compresseurs

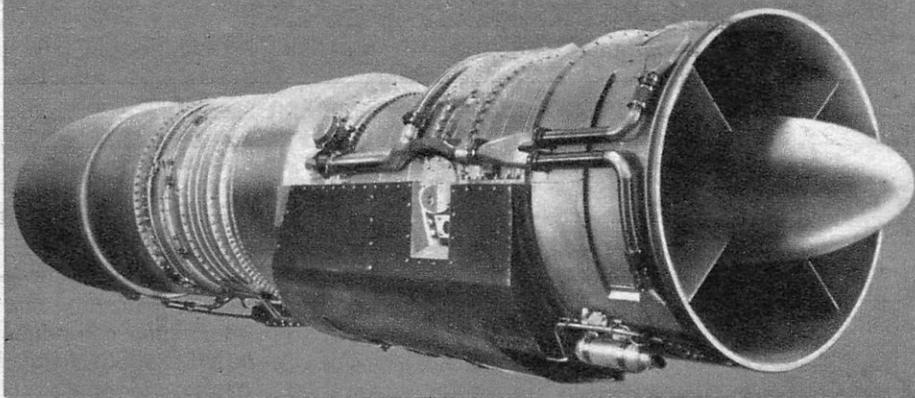
Pièce maîtresse du réacteur, le compresseur est l'organe qui fait l'objet du plus grand nombre de recherches pour sa mise au point. Depuis plus de 50 ans que l'on construit des turbines à vapeur, puis à gaz, on en connaît parfaitement la théorie et la technologie, mais la réalisation d'un compresseur axial ayant un rendement convenable ne remonte qu'à une quinzaine d'années. On a pu dire que les progrès des turboréacteurs à leur début n'étaient que le reflet de ceux du compresseur.

Il en existe deux types, centrifuge et axial.

Robuste, de théorie relativement simple, le compresseur centrifuge fut utilisé à peu près exclusivement, sauf en Allemagne, au début de la propulsion par réaction. Son débit est malheureusement faible et son rendement inférieur à celui du compresseur axial. Aussi son domaine d'utilisation tend-il à se limiter aux petits réacteurs (Turboméca). Même les constructeurs spécialisés dans son emploi, de Havilland ou Rolls-Royce, l'ont abandonné.

ORENDA IROQUOIS

Ce réacteur en cours de développement au Canada est encore tenu secret. On sait seulement qu'il est de la classe des 9 000 kg de poussée et qu'avec l'appoint de la post-combustion il donnera 13 500 kg.



Le compresseur axial équipe désormais tous les turboréacteurs modernes de poussée supérieure à 2 000 kg. Il permet des puissances très élevées dont on ne connaît pas encore exactement les limites. Parmi les principales améliorations apportées au cours de ces dernières années, on peut citer :

- l'augmentation de la puissance par unité de surface frontale, grâce au débit d'air accru et à une vitesse de passage plus grande ;
- le taux de travail par étage plus élevé, d'où réduction de longueur et gain de poids ;
- l'augmentation continue du taux de compression global.

Cependant des phénomènes vibratoires à haute fréquence, appelés « décollements tournants » ou « rotating stalls » se manifestent lorsque le nombre des étages de compression s'élève. Ces vibrations aérodynamiques se produisent aux régimes intermédiaires, pendant l'accélération, provoquant, lorsqu'elles sont en résonance avec la fréquence propre des aubes, la rupture brusque de celles-ci dans un délai assez court. L'étude théorique de ce phénomène est encore embryonnaire ; aussi cherche-t-on plutôt à l'éviter par des remèdes mécaniques tels que l'ouverture de trous de décharge d'air sur le compresseur pendant les accélérations, procédé primaire mais efficace, ou le calage variable des aubes du stator. On en trouve un exemple sur le compresseur du turboréacteur General Electric J 79 à 17 étages, dont les aubes directrices des 5 premiers étages sont orientables. Signalons également le procédé qui consiste à diriger l'air vers le pied des aubes entre 5 500 et 6 500 t/mn, sur le Curtiss-Wright J 65, par exemple.

Enfin, pour augmenter le taux de compression, on utilise de plus en plus le fractionnement du compresseur en deux parties, entraînant chacune par une turbine propre et tournant ainsi à des vitesses différentes. Ce procédé permet non seulement la suppression partielle des décollements tournants, mais aussi une plus grande facilité d'adaptation et de

mise au point, les essais des deux parties du compresseur se faisant séparément sur des bancs à puissance réduite.

Les réacteurs de ce type actuellement connus sont : en Grande-Bretagne, les Bristol Olympus et Zeus et le Rolls-Royce RB 106 ; aux Etats-Unis, les Pratt et Whitney J 57 et J 75 et le General Electric J 84 ; au Canada, l'Orenda Iroquois PS 13.

L'amélioration des aubes de compresseur a porté sur le fini de surface, la résistance à la fatigue et aux impacts mécaniques, la capacité d'amortissement des vibrations.

On est parvenu ainsi pratiquement à une limite qui ne peut être dépassée que par les performances du compresseur supersonique, lequel constitue vraiment la plus grande nouveauté en matière de compresseurs axiaux.

Cette technique, qui permet d'augmenter les vitesses de rotation de plus de 40 %, est en plein développement et toutes les études à son sujet sont encore tenues secrètes. Mais on peut déjà affirmer qu'il existe des compresseurs à un ou plusieurs étages supersoniques fonctionnant au banc d'essai d'une manière satisfaisante et dont l'application prochaine sur des réacteurs de série ne saurait tarder (Hispano, Turboméca, SNECMA, de Havilland).

Les chambres de combustion

Elles constituent le foyer à haute température du réacteur et, de ce fait, leur réalisation soulève des problèmes particuliers de résistance et de corrosion, la température atteignant 2 000°.

Trois types principaux sont utilisés actuellement : les chambres séparées à écoulement unitaire, comme chez Hispano, les chambres incorporées à écoulement mixte, dites aussi « cans » et les chambres annulaires, comme sur les SNECMA Atar.

Dans chacune de ces techniques, le flux d'air est divisé, ainsi que l'exige la stabilité de la flamme, en flux d'air primaire pour la combustion, flux d'air secondaire dans la

région de précombustion, et flux d'air tertiaire pour la dilution et le refroidissement.

Normalement l'air comburant est admis en quantité à peu près égale à la quantité théorique, assurant une combustion complète, et le mélange avec l'air de dilution ne se fait qu'après. Mais on a reconnu l'intérêt que présente un certain excès d'air dans la zone de combustion afin d'avoir une grande vitesse de propagation de flamme avec une pulvérisation optimum.

Les injecteurs de combustible sont de conception variée et implantés suivant une technique propre à chaque constructeur. Ils doivent faire l'objet d'une attention particulière car le dosage du carburant par le régulateur peut subir des fluctuations capricieuses abaissant le rendement de la chambre. La vaporisation due aux variations de température, les effets de l'altitude sur la teneur en vapeur d'eau, les variations brutales de régime lors des reprises violentes, engendrent des phénomènes qu'il est difficile de combattre. La tendance actuelle vers l'adoption de chambres annulaires ne simplifie pas tous ces problèmes.

La recherche des fortes poussées, entraînant l'augmentation des vitesses de circulation et des températures dans les chambres de combustion, a amené de nombreuses innovations actuellement à l'ordre du jour : injection de liquide, injecteurs combinés, revêtements anticorrosifs en céramique. L'emploi de carburants nouveaux pose aussi des problèmes de corrosion et de réactions chimiques qui sont loin d'être résolus entièrement.

Les turbines

Les turbines des turboréacteurs bénéficient des travaux antérieurs sur les turbines à vapeur et à gaz, mais sont parvenues aujourd'hui à la limite inexorable qu'impose la résistance à la température et au « fluage » (déformation pâteuse du métal à haute température sous l'action des efforts auxquels il est soumis).

Les turbines à étages multiples se rencontrent aux Etats-Unis, en particulier chez Allison et Pratt et Whitney, en Grande-Bretagne, sur le Bristol Olympus, l'Armstrong-Siddeley Sapphire, le Rolls-Royce Avon, au Canada sur l'Orenda, en France sur l'Atar 9. Cette multiplication des étages accroît la complexité de l'ensemble ; elle pose au surplus des problèmes de tenue des accouplements, dans le cas des compresseurs fractionnés, et des paliers.

Il semble qu'on doive avoir recours bientôt au refroidissement auxiliaire des aubes du rotor et du stator de turbine. Une aube de

rotor doit en effet présenter une bonne tenue à la corrosion et à la fatigue à chaud (1 000 à 1 200°), avec un fluage minimum. Elle doit aussi posséder une bonne capacité d'amortissement des vibrations et une résistance satisfaisante aux chocs thermiques. Les qualités exigées des aubes du stator sont les mêmes, fluage mis à part.

Trois procédés principaux de refroidissement sont en cours d'essais. Le plus connu et le moins compliqué fait appel à l'air, il est déjà employé sur bon nombre de réacteurs (Atar, Avon, Sapphire, etc.) ; il consiste à prélever de l'air vers 400° C sur le compresseur et à le faire passer à travers le stator (redresseur) et le rotor (aube de turbine) ; il présente l'inconvénient de provoquer une perte de charge de l'ordre de 2 à 3 % sur le compresseur et d'entraîner des complications constructives souvent ardues. Le procédé liquide-air utilisant des dispositifs de mélange et d'injection, à la sortie du compresseur ou à l'entrée de la turbine, réduit cette perte mais introduit d'autres sujétions défavorables : augmentation du poids, prélèvement de puissance pour l'entraînement de pompes. Le dernier procédé le plus en faveur actuellement fait appel uniquement à un liquide, mélange d'eau et de méthanol, ajouté en quantité très importante, allant jusqu'à 20 % du poids du combustible. Là encore se pose le problème de l'entraînement des pompes, de leur poids, et celui de la corrosion. Il faut d'ailleurs remarquer que, dans les trois cas, si d'importantes quantités de chaleur sont retirées des aubes, la température du dernier étage de turbine est réduite, ce qui restreint les performances.

Signalons enfin le système d'injection de carburant destiné à la post-combustion en amont de la turbine (Orenda) : il concilie les exigences du refroidissement des pales et de la vaporisation pour la combustion dans la tuyère de réchauffe. C'est peut-être une des solutions des réacteurs de l'avenir.

La réchauffe ou post-combustion

Le système dit de réchauffe des gaz ou de post-combustion est maintenant pratiquement généralisé sur tous les turboréacteurs.

La réchauffe consiste en principe à injecter après la turbine du carburant qu'on fait brûler avec l'oxygène non utilisé dans la combustion du réacteur « sec ». On porte ainsi les gaz à une température beaucoup plus élevée qu'on ne pouvait le faire avant la turbine, alors qu'il fallait ménager sa tenue mécanique ; leur vitesse d'éjection se trouve augmentée considérablement. Théoriquement, on

pourrait utiliser tout l'oxygène non brûlé, mais la température atteindrait une valeur inadmissible pour les parois de la chambre, d'autant plus que celle-ci doit avoir une section de sortie variable; il est en effet impossible de faire passer par la même ouverture un débit de gaz qui varie suivant la marche en moteur « sec » ou en « post-combustion » et dont la température passe de 800 à 1 600°. De plus, il faudrait allonger considérablement la tuyère, ou augmenter son diamètre, ou encore sacrifier son rendement. Pratiquement, les constructeurs limitent la température des gaz à 1 500° ou 1 600°, ce qui permet une longueur totale et une surface frontale acceptables et simplifie le problème de l'implantation du réacteur dans la cellule. Ils obtiennent ainsi, assez simplement, une augmentation de poussée de 30 à 40 % au point fixe et de 80 à 100 % aux vitesses de vol de l'ordre de 1 800 km/h, sans modifications essentielles de la structure de l'appareil.

Du point de vue mécanique, les organes de réchauffe n'ont guère varié depuis ces dernières années. La seule technique sortant de l'ordinaire est la post-combustion aérodynamique mise au point par la S.N.E.C.M.A. ; elle supprime les obstacles mécaniques et réduit

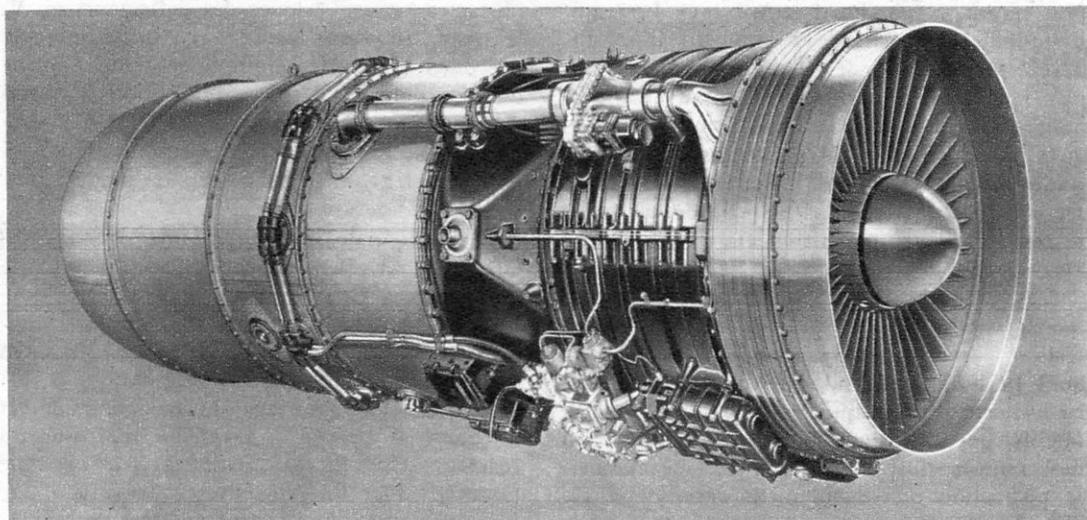
les pertes de charge tant en moteur « sec » qu'en réchauffe.

La post-combustion apporte au turboréacteur un perfectionnement majeur. Elle est utilisée par le chasseur pour le décollage et le combat, par l'intercepteur d'une manière quasi permanente avec régulation à débit variable, par le bombardier au décollage, par l'avion commercial pour le décollage et la montée rapide à haute altitude.

Les tuyères

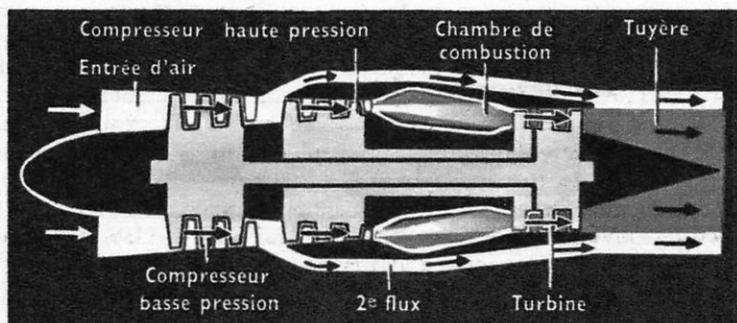
La tuyère, comme l'entrée d'air, doit s'harmoniser avec la cellule et sa disposition intéresse au premier chef le constructeur d'avion par son action sur l'écoulement de l'air au long du fuselage ou du profil de l'aile.

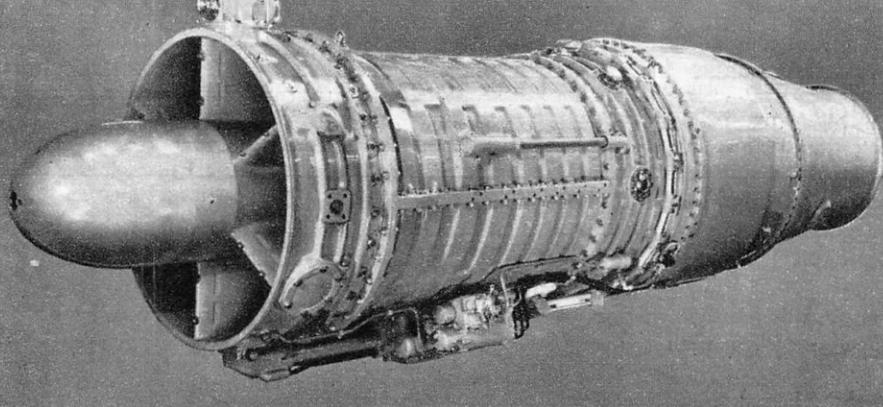
Pour le constructeur de moteur, l'étude de la tuyère, qui n'est pas soumise aux efforts considérables dus aux accélérations et à l'inertie, ce qui élimine le danger de fluage, paraît beaucoup plus simple que celle de la turbine. En réalité, ce problème est complexe. La plupart des réacteurs étrangers « secs », c'est-à-dire sans post-combustion, sont à tuyère fixe, la section de sortie étant la même à tous les régimes. Au contraire, la série française des Atar « secs » comporte une tuyère varia-



ROLLS-ROYCE CONWAY

C'est un réacteur à double flux suivant le schéma ci-contre. Cette disposition qui améliore le rendement l'a fait choisir pour certaines versions à rayon d'action très grand des DC-8 et Boeing 707.





SNECMA ATAR 8

Ce gros turboréacteur est de la classe de 10 000 livres de poussée; présenté en 1955, il est doté d'un compresseur axial à 9 étages et a une poussée nominale de 4 200 kg. La version avec post-combustion est l'Atar 9 de 5 400 kg.

ble, à volets ou à striction, liée à un régulateur automatique qui suit les variations de température, de vitesse de rotation et d'altitude, de sorte que la section de sortie est constamment adaptée aux conditions de fonctionnement.

Avec la post-combustion, nous avons vu qu'une section variable est indispensable. Tout au plus peut-on admettre des dispositifs simplifiés à deux positions seulement, ou des dispositifs à positions multiples adaptées à divers régimes. Il existe bien des systèmes de tuyères à section variable: à aiguille (B.M.W. en Allemagne), à volets, à mâchoires ou à paupières (Atar E et G en France, General Electric, Westinghouse aux Etats-Unis, Avon et Sapphire en Grande-Bretagne), ou enfin, le plus récent, à iris (Pratt et Whitney J 57 aux Etats-Unis) comparable à l'objectif d'un appareil photographique. Tous comportent des pièces mécaniques mises en mouvement à haute température par des vérins hydrauliques ou électriques de puissance élevée, qui soulèvent des problèmes ardues de poids et de sécurité. L'écoulement à la sortie de ces tuyères est loin d'être parfait et leur raccordement avec la cellule n'est pas aisé.

L'avenir nous paraît appartenir à la tuyère dite à striction de la S.N.E.C.M.A. (tuyère à section variable aérodynamique automatique) dont Bristol, en Grande-Bretagne, doit acquérir la licence. La simplicité de sa réalisation, la fidélité de son fonctionnement, l'élimination des fatigues vibratoires des pièces mécaniques, la perfection de l'écoulement aérodynamique aux grandes vitesses en font la tuyère de demain, non seulement pour les turboréacteurs mais pour tous les propulseurs d'engins volants.

Les déviateurs de jet

Les déviateurs de jet sont au réacteur ce que les hélices à pas variable sont au moteur à piston ou au turbopropulseur. Le renversement du pas d'une hélice permet au pilote de perdre rapidement de sa vitesse, ce qui est particulièrement précieux à l'atterrissage. Or, l'atterrissage des appareils supersoniques à réaction devient de plus en plus délicat et les

moyens de freinage actuels (freins aérodynamiques, parachute de freinage) ne peuvent être considérés que comme des dispositifs de fortune que les constructeurs d'avions sont bien obligés d'employer faute de mieux en attendant le déviateur de jet. La construction en série de ce dernier tarde sans doute à cause du nombre et de la complexité des problèmes que sa mise au point soulève à l'échelle industrielle.

Le principe du déviateur de jet paraît simple: inverser la direction du jet à la sortie de la tuyère afin d'obtenir une contre-poussée graduelle. Mais la réalisation est ardue. Un certain nombre de systèmes ont été proposés. Nous citerons seulement le système Boeing à obstacles hémisphériques, les déflecteurs en V, le dispositif Rolls-Royce avec grille interposée dans la tuyère, enfin le système à grille d'aubes dont la dernière réalisation à obstacle en « piège à loups » (S.N.E.C.M.A.) semble constituer la véritable solution du déviateur de jet avant la sortie du déviateur à obstacles fluides.

La principale difficulté, mis à part les efforts exercés sur les pièces mécaniques mobiles intégrées dans la veine gazeuse en fonctionnement normal, semble venir de la contre-pression créée sur la turbine et qui peut entraîner une montée de température.

Le principal avantage du déviateur de jet est que l'on dispose de la pleine impulsion du réacteur dans les cas critiques, par exemple pour effectuer une ressource à la suite d'une mauvaise prise de terrain: en effet, le moteur tourne toujours à sa vitesse maximum et la reprise demande 2 à 3 secondes, tandis que, dans le cas du freinage par aéro-frein ou parachute, le moteur est au ralenti et la reprise, par suite de l'inertie du rotor, exige 8 à 10 secondes.

La régulation

Un turboréacteur doit pouvoir se conduire automatiquement en toute sécurité. Un pilote de chasse ou d'avion de transport ne doit pas être astreint à surveiller constamment la tem-

pérature à la sortie de la turbine, par exemple, bien que cette donnée soit capitale ; il doit pouvoir concentrer son attention sur les réactions de l'avion, surtout au cours d'un vol aux vitesses soniques et supersoniques.

Le régulateur, cerveau robot du réacteur, tend vers une complexité de plus en plus grande et nous ne pouvons même songer à énumérer les paramètres qui interviennent dans le fonctionnement des plus perfectionnés de ces appareils. Disons seulement que les plus évolués, ceux à qui appartient sans doute l'avenir, sont les systèmes électroniques actuellement en plein essor. L'intérêt de ces études inédites affecte non seulement les turboréacteurs, mais tous les propulseurs pour vitesses supersoniques, nous voulons parler du stato-réacteur et de la fusée.

Vers de nouveaux progrès

Au terme de cette revue des différents organes du turboréacteur, il nous faut évoquer rapidement quelques-uns des problèmes qui conditionnent son avenir.

Le premier est celui des matériaux. Aussi bien pour les entrées d'air que pour les compresseurs, les turbines ou les tuyères, c'est toujours le matériau et ses caractéristiques mécaniques qui marquent le point limite de l'avance technique. Dans ce domaine, des progrès sensibles sont attendus de l'emploi d'alliages réfractaires nouveaux, présentant une résistance accrue aux hautes températures, et de la mise en œuvre de techniques de fonderie et d'usinage à très haute précision. La fabrication des aubes de turbine et des ailettes de compresseurs bénéficie de toutes les ressources de la métallurgie des poudres, tandis que l'avènement des plastiques stratifiés contribue pour une large part à réduire le poids des réacteurs.

Le second est celui des carburants synthétiques de pouvoir calorifique élevé apparus

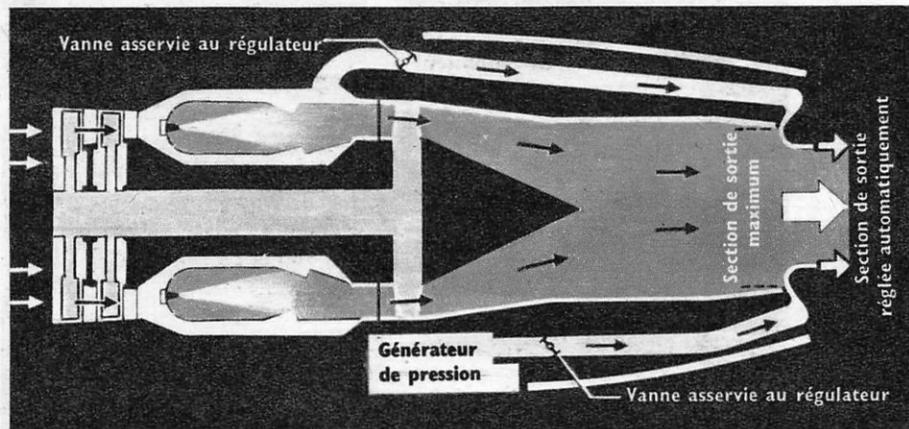
depuis peu et dont on attend à la fois une augmentation de poussée et de rendement, lorsque les difficultés suscitées par la corrosion auront été entièrement résolues. Les recherches se poursuivent dans des voies diverses. Les plus avancées semblent celles qui portent sur le bore et plusieurs variétés de ses composés dans lesquels cet élément joue un rôle comparable à celui du carbone dans les hydrocarbures. Le bore a une chaleur de combustion de beaucoup supérieure à celle du carbone, et le diborane, par exemple, dont la molécule contient deux atomes de bore et six d'hydrogène, a une chaleur de combustion double de celle du kérosène, combustible normal des réacteurs ; mais ce composé est à la fois très instable et très toxique. Les chimistes se sont attelés à la tâche d'édifier des molécules plus complexes, exemptes de ces défauts et supérieures aux hydrocarbures du point de vue du fabricant de réacteurs ; le bore s'y unirait non seulement à l'hydrogène, mais aussi au carbone et à d'autres éléments. Ces recherches ont déjà atteint le stade des essais d'utilisation pratique au banc, et peut-être même en vol. Déjà on parle de construction d'usines nouvelles pour la fabrication en quantité de ces nouveaux carburants perfectionnés.

Avec son double flux, son compresseur à double corps, sa chambre de combustion à grande vitesse de propagation, sa turbine à étages multiples refroidie par liquide, sa post-combustion, sa tuyère à section variable aérodynamique, son carburant à haute énergie spécifique, son régulateur automatique, le turboréacteur moderne se présente comme une synthèse du progrès technique.

Sans doute son évolution se poursuivra-t-elle longtemps encore à côté des propulseurs qui assureront sa relève dans le domaine des vitesses hypersoniques.

M. LE NABOUR et J. SCHREMPF

La tuyère à striction pneumatique de la SNECMA utilise un jet d'air auxiliaire pour faire varier la section utile du jet de sortie. On peut prélever ce jet sur les chambres de combustion (solution autonome) ou prévoir un générateur séparé. On élimine ainsi tous les éléments mobiles, aiguille, volets, etc., en contact avec les gaz brûlants et gênant leur écoulement.



LE STATORÉACTEUR

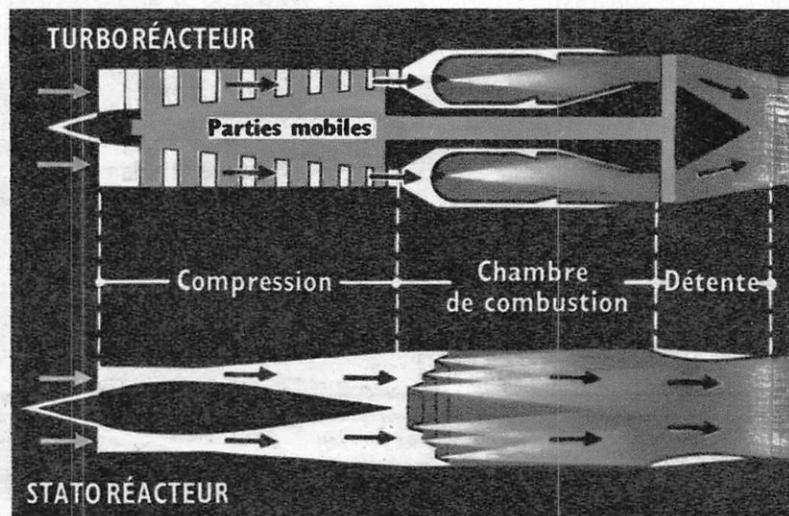
L'AUGMENTATION continue des vitesses de vol pose aux constructeurs de turboréacteurs des problèmes analogues à ceux qui sont apparus pendant la dernière guerre mondiale avec les moteurs à explosions. L'hélice voit en effet son rendement de propulsion diminuer considérablement aux vitesses de l'ordre de 700 à 800 km/h ; un phénomène analogue se manifeste pour le turboréacteur vers 2 000 km/h. La post-combustion, ou réchauffe, n'est qu'un palliatif transitoire qui recule la limite critique, mais cet artifice coûte relativement cher en carburant donc en poids, et, surtout, il ne réduit pas la complexité mécanique du réacteur.

Pour dépasser les vitesses de 2 000 à 2 500 km/h qui deviendront bientôt courantes, les principaux constructeurs mondiaux ont orienté dès à présent les recherches de leurs bureaux d'études vers le statoréacteur.

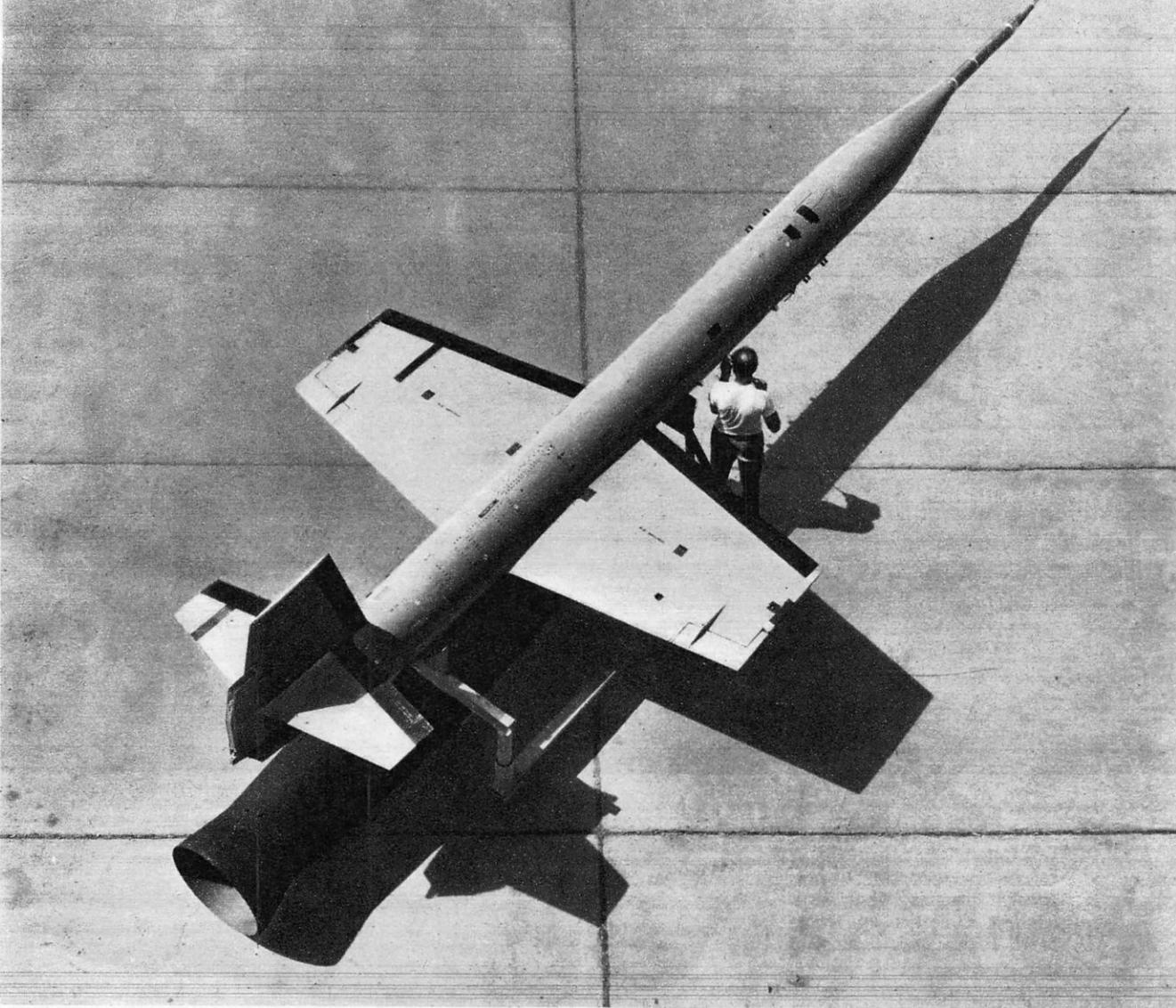
Avantages et désavantages

Ce propulseur de conception récente présente sur les turboréacteurs de nombreux avantages :

- *légèreté et simplification considérable de fabrication* : tous les organes mobiles (compresseur et turbine) sont supprimés ;
- *puissance accrue pour une même surface frontale* : le volume d'air à l'entrée occupe toute la section utile et n'est pas contraint, comme c'est le cas pour le turboréacteur, de passer par de multiples canaux successifs où il subit de nombreuses déviations ;
- *augmentation de la poussée avec le carré de la vitesse* : sa facilité d'adaptation à une cellule donnée, dont la résistance à l'avancement suit la même loi, est évidente ;
- *température maximum plus élevée* : la présence des aubes de turbine ne limitant plus la température, le rendement propulsif peut alors dépasser celui du turboréacteur, lorsque la vitesse est suffisamment élevée pour que le taux de compression soit du même ordre ; pour une vitesse de 2 000 km/h, par exemple, le statoréacteur a un rendement comparable à celui des turboréacteurs subsoniques qui équipent les avions actuels



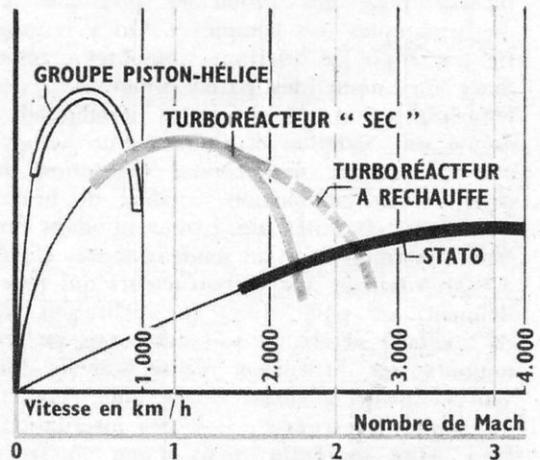
Le statoréacteur fonctionne comme le turboréacteur : compression de l'air à l'entrée (ici sous l'effet de la vitesse), combustion, détente qui donne aux gaz une vitesse supérieure à celle de l'air à l'entrée. On remarquera que la turbine, dont le seul rôle est d'entraîner le compresseur, a disparu, et que toute la détente sert à la propulsion.



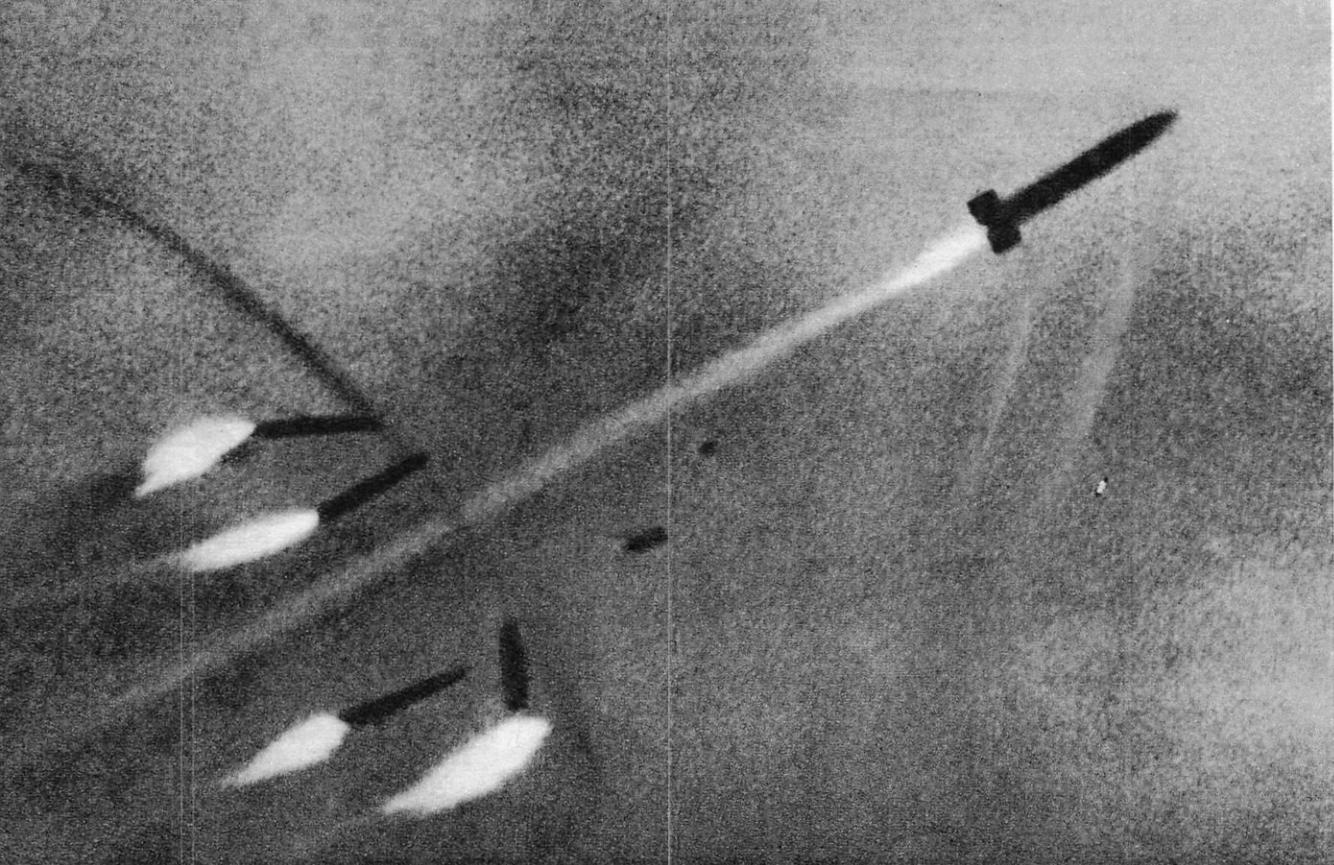
Le Lockheed X-7, avion supersonique sans pilote utilisé pour la mise au point des statoréacteurs.

On relève par contre un certain nombre de désavantages qui ont retardé jusqu'ici les progrès de l'étude du statoréacteur. Ce sont, entre autres :

- une poussée nulle au point fixe : ceci résulte de sa conception même, la compression de l'air à l'entrée devant être donnée par la vitesse ; il faut donc prévoir un autre moyen de propulsion pour le décollage ;
- un rendement très bas et une faible poussée spécifique jusqu'à 600 à 700 km/h : le fonctionnement n'est donc pas rentable à vitesse réduite ;
- la difficulté d'obtenir une bonne compression de l'air à tous les régimes : il est nécessaire, en effet, que la forme de l'entrée soit adaptée à la vitesse de vol, ce qui exige des parois de configuration variables.

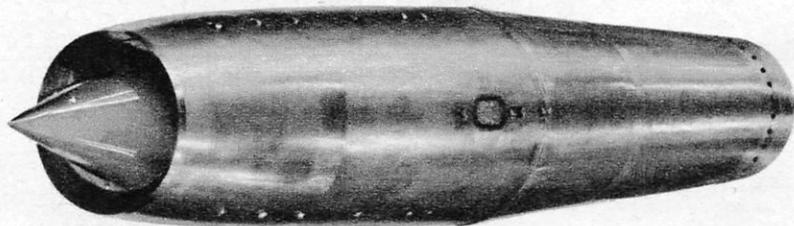


Le rendement propulsif définit les domaines respectifs de l'hélice, du turbo et du statoréacteur.



BRISTOL THOR

Ce statoréacteur britannique est destiné à assurer la propulsion d'engins sol-air dont on voit ci-dessus un lancement. Il développe à Mach 3 une poussée de 6 700 kg.



Enfin, si la réalisation d'un statoréacteur paraît techniquement simple, ce genre de propulseur pose des problèmes physiques et mathématiques très complexes. On y rencontre une foule de questions épineuses : résistance mécanique des parois soumises à des températures et des pressions inhabituelles, écoulements externes et internes d'un aérodynamisme encore mal connu, réalisation de chambres de combustion capables de brûler d'énormes quantités de carburant dans un espace restreint avec un rendement très élevé.

Contrairement aux turboréacteurs qui fonctionnent au point fixe, la réalisation de ces moteurs nécessite : soit des essais en vol toujours très difficiles à réaliser car ils doivent s'effectuer à vitesse élevée, donc pendant des temps très courts ; soit des installations fixes genre soufflerie, mais d'une puissance considérable, 10 000 kW pour les statoréacteurs en modèles réduits, et plus de 100 000 kW pour les recherches en vraie grandeur.

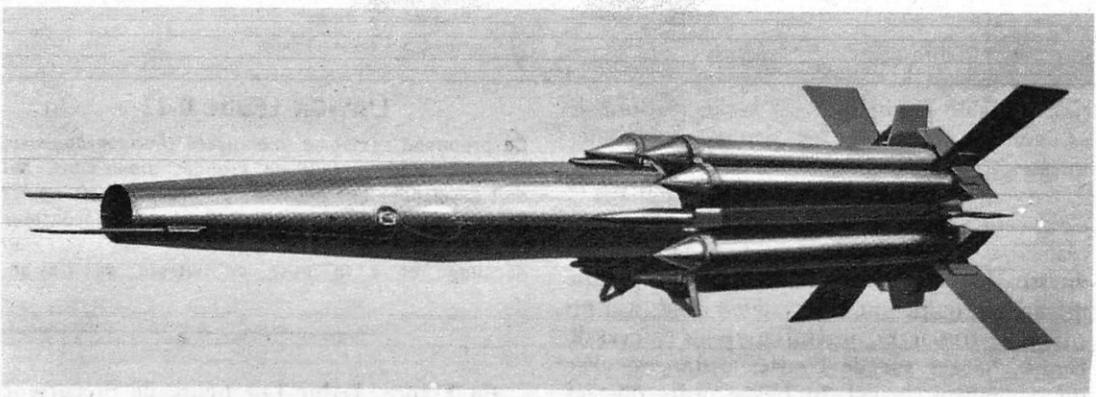
Dans ces conditions, on s'explique que les constructeurs, auxquels on n'a pas encore demandé d'équiper des cellules capables de voler à des vitesses supérieures à 2 500 km/h, n'aient pas encore poussé très loin les études et les réalisations.

Les combinaisons turboréacteur-statoréacteur

Afin de permettre le décollage des avions munis de statoréacteurs, on a imaginé plusieurs solutions.

L'avion à statoréacteur pourrait être placé sur ou sous un avion porteur qui le larguerait à une certaine vitesse. Ce serait, par exemple, le cas du bombardier à long rayon d'action qui emporterait son auto-défense, le chasseur. Leduc a employé ce moyen pour le décollage du 010, mais cette formule paraît abandonnée.

On peut aussi incorporer dans la même



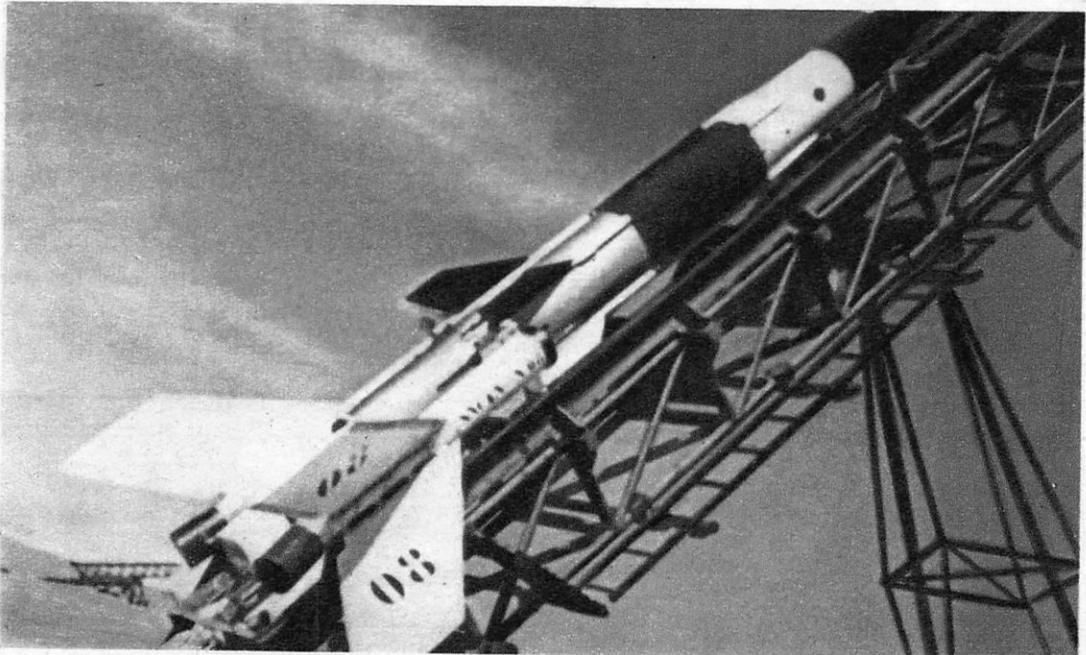
Le Napier NRJ I est un engin expérimental à statoréacteur d'une longueur d'environ 6 m. Il utilise pour son lancement huit fusées à poudre qui sont disposées par paires autour du statoréacteur à sa partie arrière.

cellule un réacteur d'appoint et un statoréacteur. Le réacteur permettrait à l'avion d'atteindre une vitesse suffisante pour que le statoréacteur développe une poussée convenable ; il pourrait d'ailleurs être remplacé par un autre mode de propulsion, pulsoréacteur ou fusée. Cette dernière solution est à l'étude dans plusieurs pays.

La combinaison actuellement la plus en faveur est celle du propulseur combiné, comprenant un turbo-réacteur placé au centre de la veine du statoréacteur. Cette solution permet d'avoir un moteur composite autonome ayant une très large marge de fonctionnement. L'avion peut décoller par ses propres moyens et, lorsqu'il a atteint une vitesse suffisante, le statoréacteur (ou tuyère thermopropulsive) est allumé. Celui-ci fournit alors la poussée

nécessaire pour des vols à nombre de Mach élevé. Nul doute que cette association turbo-réacteur-statoréacteur ne fournisse des développements intéressants ; les premières réalisations sont pleines de promesses (Leduc 022, Nord Griffon).

Le statoréacteur peut être aussi considéré comme un propulseur d'appoint destiné à être monté sur une cellule déjà équipée de turbo-réacteurs ; il lui donnera un gain momentané de poussée pour l'augmentation de sa vitesse maximum, lors du combat par exemple, ou pour franchir des vitesses de vol critiques (passage du mur du son). Le statoréacteur est tout indiqué dans ce cas car son poids est relativement réduit et il bénéficie de l'équipement et des accessoires du moteur principal ; il convient de le munir d'une tuyère à sec-



Le Nord ST 450 que l'on voit ici sur sa rampe de lancement, est un engin sol-sol expérimental à statoréacteur. Deux fusées auxiliaires l'amènent à 850 km/h et le statoréacteur le propulse alors jusqu'à 3 000 km/h.

tion variable permettant un facile réallumage en vol et diminuant les pertes aux basses vitesses.

Un autre cas d'utilisation est à signaler : c'est celui des hélicoptères équipés de statoréacteurs en bout de pales, dont la mise en vitesse du rotor est obtenue par un groupe mécanique d'appoint. Ce système conduit à un ensemble très léger, intéressant pour enlever de fortes charges sur de courtes distances, avec un rendement de vol du même ordre que les hélicoptères du type classique.

Les réalisations et les études

Parmi les constructeurs qui étudient actuellement des statoréacteurs, nous citerons les suivants :



L'AVION LEDUC 0-22

Ce prototype comporte une tuyère thermopropulsive, véritable statoréacteur de grandes dimensions, qui doit développer une poussée de l'ordre de 60 tonnes et lui faire atteindre Mach 2. Un turboréacteur concentrique auxiliaire SNECMA Atar sert au décollage et à la mise en vitesse de l'avion.

En France, Leduc fait figure de précurseur en la matière, puisqu'il a défini la tuyère thermo-propulsive dès 1936 et a fait voler dès 1949 le premier avion muni d'un statoréacteur et largué en vol. Depuis, il s'est orienté vers le combiné avec le 0-21 équipé, en plus du statoréacteur, de deux Turboméca Marboré ; cet appareil a servi à la réalisation du 0-22, combiné statoréacteur et réacteur S.N.E.C.M.A. Atar.

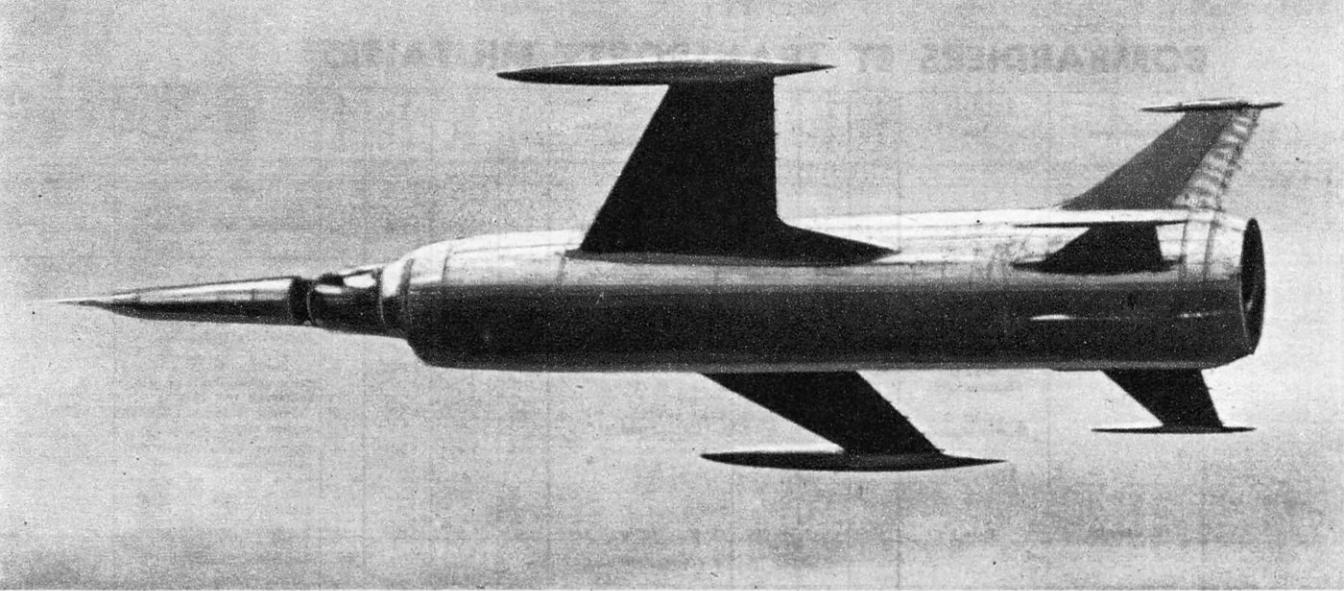
Le 0-22 est capable de décoller par ses propres moyens (les premiers essais en font foi) et de maintenir une vitesse correspondant à Mach 2 en montée ; sa poussée doit atteindre 60 tonnes.

La S.N.E.C.M.A., d'autre part, étudie et essaie des statoréacteurs en vue de leur appli-

HILLER H-32 HORNET

Ces hélicoptères construits en petite série pour l'Armée et la Marine américaines sont propulsés par des statoréacteurs placés en bout de pales. Chacun d'eux, long de 54 cm, donne l'équivalent de 45 ch.





cation au « coléoptère », engin à décollage vertical qui constituera d'ailleurs un autre exemple de combiné.

La Société Nationale de Construction Aéronautique du Nord, construit le Griffon muni d'un combiné turboréacteur-statoréacteur comprenant également un S.N.E.C.M.A. Atar.

En Angleterre, Bristol a réalisé le Thor destiné à être monté comme moteur d'appoint sur des cellules déjà munies de réacteurs. Napier étudie depuis plusieurs années déjà des statoréacteurs au titre d'un programme officiel ; un engin propulsé par statoréacteur aurait atteint une altitude supérieure à 24 000 mètres. Remarquons que le statoréacteur, par la légèreté de sa structure, convient particulièrement pour ces vols.

L'utilisation du statoréacteur comme propulseur d'engins spéciaux à longue portée, en concurrence avec la fusée, fait l'objet de recherches très actives en Grande-Bretagne ; leurs résultats sont évidemment tenus secrets.

Aux Etats-Unis, de nombreux centres de recherches se consacrent à l'étude du statoréacteur, en particulier chez Curtiss-Wright.

En U.R.S.S., enfin, malgré le peu d'indications précises dont on dispose, tout laisse supposer que le stade des essais est dépassé et que celui des réalisations est atteint.

De ce bref exposé de l'état actuel de la technique du statoréacteur, on peut conclure qu'il est vraiment, la fusée mise à part, le propulseur idéal de l'avenir dans le domaine des très grandes vitesses. Sa seule limite est

la température maximum admissible dans la chambre de combustion, qui est d'ailleurs considérablement plus élevée que pour le turboréacteur. Il constitue donc le moteur intermédiaire entre le turboréacteur et la fusée qui, elle, ne connaît pas de limite de vitesse.

M. LE NABOUR et J. SCHREMPF



KOLIBRIE H-3



Autre exemple d'hélicoptère léger à réaction, construit en Hollande. Les réacteurs en bout de pales brûlent du kérosène et donnent chacun 55 ch. L'appareil pèse en charge 600 kg et dépasse 100 km/h.

BOMBARDIERS ET TRANSPORTS MILITAIRES

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids total (kg)	Moteurs (puissance ou poussée au décollage)	Vitesse max. (km/h)	Autonomie (km)	Plafond (m)	Equipage	Observations
ÉTATS-UNIS										
BEECH	L-23 B	13,90	9,60	2 720	2 Lycoming GO-435 : 520 ch	380	2 650	6 000	6	Transport léger. En service. Version militaire du Twin Bonanza.
BOEING	B-47 E Stratotjet	34,35	32,61	90 700	6 General Electric J 47 : 16 332 kg	1 050	5 500	12 000+	3	Bombardier moyen. Aile en flèche. Armement : 2 canons de 20 mm, 10 t de bombes, engins air-sol Rascal. En service. Version reconnaissance RB-47 E.
	B-52 D Stratofortress	56,42	47,73	181 400	8 Pratt et Whitney J 57 : 36 288 kg	1 050	11 200	15 000+	6	Bombardier lourd à grand rayon d'action. Aile en flèche. En service.
	KC-97 G Stratofreighter	30,55	33,63	70 000	4 Pratt et Whitney R 4360 : 14 000 ch	600	6 900	8 500	5	Transport militaire. Existe en version tanker. En service.
	KC-135 Stratotanker	39,50	39,90	113 000	4 Pratt et Whitney J 57 : 18 144 kg	975	7 400	11 000+	4	Quadrimoteur à réaction pour ravitaillement en vol. Aile en flèche. Version militaire initiale du Boeing 707. En production.
CONVAIR	B-36 J	70,10	49,40	180 000	6 Pratt et Whitney R 4360 : 22 800 ch + 4 General Electric J 47 : 12 600 kg	700+	16 000	14 000	15	Bombardier lourd. Armement 16 canons de 20 mm, 4 500 kg de bombes. En service.
	B-58 Hustler	16,70	29,00		4 General Electric J 79 avec post-combustion	1 600		15 000+	3	Bombardier. Aile en delta. Bombes et engins.
	C-131 A Samaritan	27,97	22,75	19 765	2 Pratt et Whitney R 2800 : 4 800 ch	500		7 500	3	Transport de blessés. Version sanitaire du Convair Liner 240. En service.
	C-131 D	32,10	24,13	21 100	2 Pratt et Whitney R 2800 : 4 800 ch	510			3	Transport. Dérivé du Convair Liner 340. En service.
DOUGLAS	B-46 B	22,09	22,91	35 400	2 Allison J 71 : 9 000 kg				3	Bombardier tactique. Armement : 2 canons 20 mm. Version RB-66B de reconnaissance. En service.
	C-124 C Globemaster 2	53,08	39,62	84 000	4 Pratt et Whitney R 4360 : 15 200 ch	500			5/8	Transport de fret. En service.
	C-133 A	54,75	46,52	115 000	4 Pratt et Whitney T 34 : 22 800 ch				4/7	Transport de fret. Prototype.
	C-132	52,11	46,60	225 000	4 Pratt et Whitney T 57 : 60 000 ch	650	6 500			Transport de fret. Prototype.
FAIRCHILD	C-123 B Provider	33,53	23,24	25 600	2 Pratt et Whitney R 2800 : 5 000 ch	385	4 000	8 800	2	Transport d'assaut. En service.
GRUMMAN	TF-1	21,30	12,81		2 Wright R 1820 : 3 050 ch				2	Transport de fret.
LOCKHEED	C-121 C Super-Constellation	37,50	35,40	60 300	4 Wright Turbo-compound : 13 000 ch	697		8 500	5/15	Transport. (R 7 V-1 dans la Marine). En service.
	EC-121 D Super-Constellation	37,50	35,40		4 Wright Turbo-compound : 13 000 ch	697			32	Early Warning. (WV-2 dans la Marine).
	C 130-A Hercules	40,40	29,80	49 000	4 Allison T 56 : 15 000 ch				4	Transport. En service.
MARTIN	B-57 B	19,50	20,00	22 680	2 Wright J 65 : 6 530 kg	960+		13 700+	2	Bombardier tactique. Version américaine de l'English-Electric Canberra. Armement : 8 mitrailleuses 13 mm ou 4 canons 20 mm, bombes et fusées. En service. Autres versions B-57D et E. Version reconnaissance RB-57.
GRANDE-BRETAGNE										
AVRO	Vulcan	30,17	29,60		4 Bristol Olympus : 21 600 kg					Bombardier moyen à réaction. Aile en delta. En production.
BLACKBURN	Beverley	49,40	30,30	61 000	4 Bristol Centaurus : 11 400 ch	385	4 000		4	Transport pour 160 hommes ou 90 parachutistes. Version militaire de l'Universal. En service.
BRISTOL	Britannia Series 250	42,74	37,87	79 400	4 Bristol Proteus : 16 480 ch	650	10 000		7	Transport à turboprop. pour 84 hommes. Version militaire de Britannia 310.
ENGLISH-ELECTRIC	Canberra	19,50	20		2 Rolls-Royce Avon				3	Bombardier moyen à réaction. Sièges éjectables. Versions multiples : reconnaissance, bombardement tactique, chasse de nuit. A détenu le record d'altitude avec 2 Bristol Olympus (20 089 m). En service.
HANDLEY-PAGE	Victor	33,53	35		4 Armstrong-Siddeley Sapphire	M 1		15 000+		Bombardier à grand rayon d'action. Aile en croissant. En production.
VICKERS	Valiant	34,85	32,92	36 000	4 Rolls-Royce Avon					Bombardier moyen. Aile en flèche. En service.
CANADA										
DE HAVILLAND	DHC-4 Caribou	29	19,41	10 800	2 Wright R-1820 : 3 000 ch	320	1 900	7 800	2	Transport d'assaut (28 hommes). Décolle en 140 m. En construction.
RÉPUBLIQUE ARGENTINE										
Fabrica Militar de Aviones	I.A.-35	19,60	13,98	5 700	2 Indio : 1 240 ch	363	1 500	6 500	5/13	Usages multiples : transport léger, ambulance, reconnaissance photographique, bombardier léger.
INDONÉSIE										
Ang Ratan Udara, Seksi pertjoaban	N.U.-200 Sikumbang	10,61	8,16	1 090	1 De Havilland Gipsy-Six : 200 ch	256	960	5 000		Monoplace. Appui tactique. Train fixe.

APPAREILS DE CHASSE

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids total (kg)	Moteurs (puissance ou poussée au décollage)	Vitesse (km/h)	Autonomie (km)	Pilond (m)	Equipage	Observations
ÉTATS-UNIS CONVAIR	F-102 A	11,63	20,80		1 Pratt et Whitney J 57 : 4 536 kg	M1 +		15 000 +	1	Intercepteur tous-temps à réaction. Aile en delta. Armement : engins air-air Falcon. En service.
	F-106 C	11,63			1 Pratt et Whitney J 75 : 6 800 kg	M2			1	Intercepteur tous-temps à réaction. Engins Ding-Dong. Peut emporter une bombe atomique. En production.
LOCKHEED	F-104 A Starfighter	6,70	16,75	6 800	1 General Electric J 79 : 7 500 kg avec post-combustion	M2 +		18 000	1	Chasseur à réaction. Aile droite mince. Atteindrait 2 400 km/h. En service.
MCDONNELL	F-101 A Voodoo	11,51	20,57		2 Pratt et Whitney J 57 : 9 072 kg		3 200 +		1	Chasseur-bombardier stratégique à réaction. Aile en flèche. Armement : engins air-air Falcon. Peut emporter une bombe thermonucléaire. En service.
NORTH AMERICAN	F-84 G Sabre	11,30	12,73	8 165	1 General Electric J 47 : 2 358 kg	1 200 +	926	13 500	1	Chasseur à réaction. Aile en flèche. Siège éjectable. Armement : 24 fusées de 53 mm. En service. Versions dérivées F et K avec 2 630 kg de poussée. Version H, chasseur-bombardier.
	F-100 C Super Sabre	11,58	14,32		1 Pratt et Whitney J 57 avec post-combustion	1 320	1 500	15 000 +	1	Chasseur à réaction. Aile en flèche. Siège éjectable. En service. Version F-100 D chasseur bombardier.
NORTHROP	F-89 D Scorpion	17,98	16,16	18 000 +	2 Allison J 35 avec post-combustion	960 +	1 600 +	16 000	2	Intercepteur tous-temps à réaction. Sièges éjectables. Armement : 104 fusées de 53 mm. En service. Version améliorée F-89 H avec 6 engins air-air Falcon et 42 fusées.
REPUBLIC	F-84 F Thunderstreak	10,20	13,26	11 340	1 Wright J 65 : 3 265 kg	1 200 +	3 700	13 700 +	1	Chasseur-bombardier à réaction. Aile en flèche. Siège éjectable. Armement : 6 mitrailleuses de 13 mm, 24 fusées de 125 mm. Peut porter une bombe atomique. En service. Version RF-84-F Thunderflash de reconnaissance photographique.
	F-105 A Thunderchief				1 Pratt et Whitney J 75 : 6 800 kg	M1 +			1	Chasseur-bombardier supersonique. Aile en flèche. Peut porter une bombe atomique. Chasseur tous-temps expérimental.
	XF-103				Turbo-statoréacteur Wright.					
GRANDE-BRETAGNE DE HAVILLAND	DH-112 Venom	12,70	10		1 De Havilland Ghost				1	Chasseur à réaction dérivé du Vampire. En service. Existe en version chasseur tous-temps biplace et en chasseur pour la marine (Sea Venom).
ENGLISH ELECTRIC	P-1 A				2 Armstrong-Siddeley Sapphire avec post-combustion	M2			1	Intercepteur à réaction. Aile en flèche 60°. En production.
FAIREY	FD-2	7,92	15,93		1 Rolls-Royce Avon				1	Recherche supersonique. Aile en delta. Détient le record du monde de vitesse aux conditions de la FAI avec 1 822 km/h.
FOLLAND	Gnat	6,75	9	2 720	1 Bristol Orpheus : 2 300 kg	1 160	960	15 000	1	Chasseur léger à réaction. Aile en flèche. Siège éjectable. Armement : 2 canons de 30 mm, fusées. En production.
GLOSTER	Javelin	15,84	17,37		2 Armstrong-Siddeley Sapphire : 7 600 kg	M1 +			2	Chasseur tous-temps à réaction. Aile en delta. Armement : 4 canons de 30 mm, engins air-air. En service.
HAWKER	Hunter	10,26	13,99		1 Rolls-Royce Avon avec post-combustion				1	Intercepteur à réaction. Aile en flèche. Armement : 4 canons de 30 mm, engins divers suivant les versions. En service.
VICKERS SUPERMARINE	Swift-Mk V	9,86	12,63		1 Rolls-Royce Avon avec post-combustion				1	Chasseur à réaction. Aile en flèche. En service.
CANADA AVO-CANADA	CF-100 Mk V	18,50	16,50	16 700	2 Orenda : 6 400 kg +	1 120	1 900	13 700	2	Chasseur tous-temps à réaction. En service.
	CF-105 Arrow	16,78		30 840	2 Orenda Iroquois 18 000 kg	M2,7				Chasseur tous-temps à réaction. Aile en delta. Prototype.
ITALIE FIAT	G-91				1 Bristol Orpheus B.Or.-1 : 1 490 kg				1	Chasseur d'attaque au sol à réaction. En préproduction pour l'OTAN.
AERFER	Sagittario II	9,35	7,38	3 230	1 Rolls-Royce Derwent 1 620 kg	1 050		13 800	1	Chasseur à réaction type OTAN.
SUÈDE SVENSKA AEROPLAN	SAAB-32 Lansen	13	14,65	10 000	1 Svenska Avon avec post-combustion	1 125		15 000	2	Chasseur tous-temps à réaction. Aile en flèche. Sièges éjectables.
	SAAB-35 Draken	15,25	9,17	9 000	1 Svenska Avon avec post-combustion	M1 +			1	Chasseur supersonique à réaction. Aile en double delta. En production.
SUISSE FLUG UND FAHRZEUGWERKE	P-16				1 Armstrong-Siddeley Sapphire : 3 600 kg				1	Chasseur-bombardier à réaction.

VOIR AUSSI LES RÉALISATIONS FRANÇAISES PAGE 72.

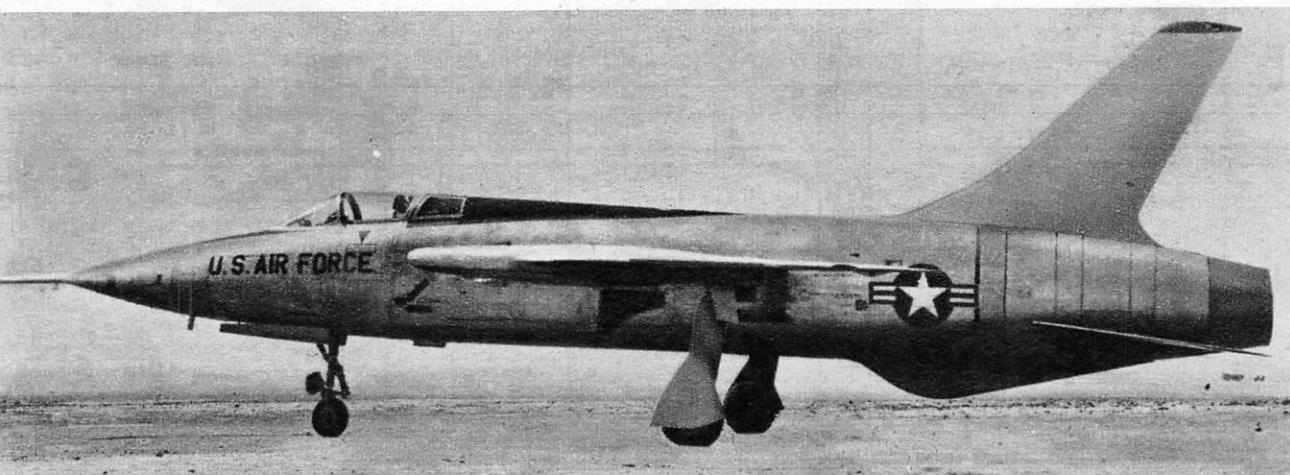


STRATOFORTRESS

Le Boeing B-52 A est un bombardier lourd américain à très grand rayon d'action, équipé de 8 turboréacteurs qui lui donnent une vitesse de plus de 1 000 km/h.

H. P. VICTOR

Fabriqué par Handley-Page en Grande-Bretagne, ce bombardier à grand rayon d'action possède une « aile en croissant ». Il atteint la vitesse du son.





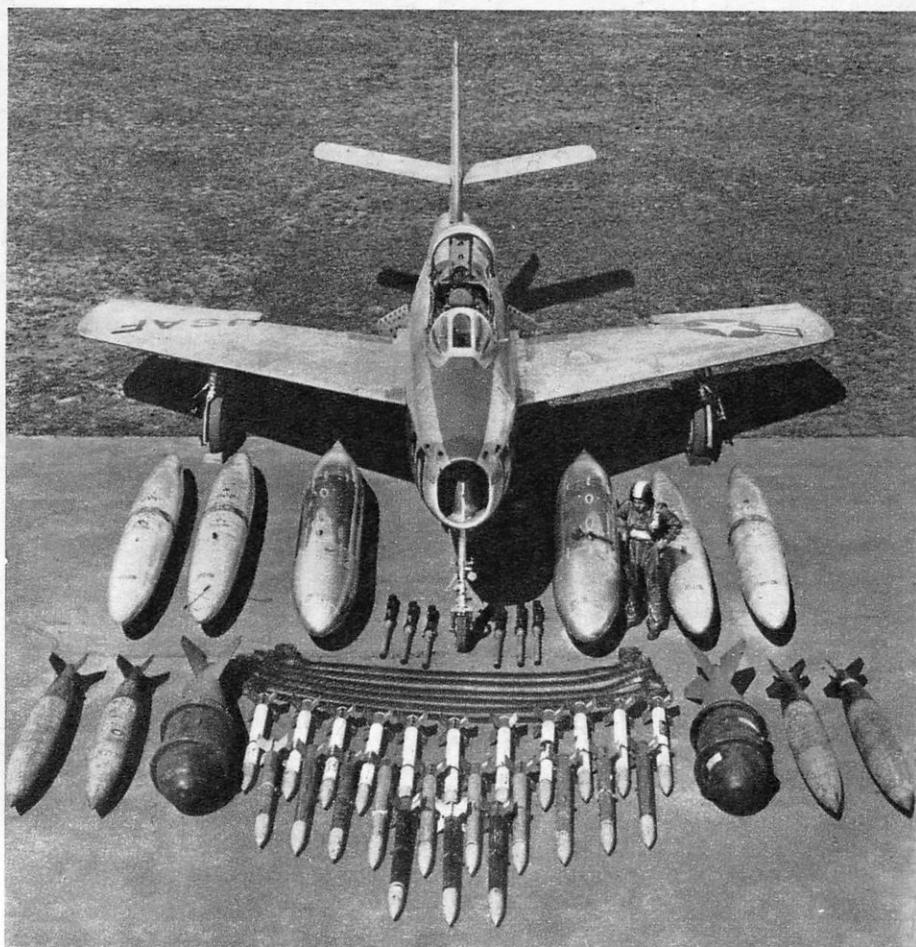
CONVAIRE B-58 HUSTLER

Ce bombardier supersonique américain est une machine vraiment révolutionnaire. A part les postes d'équipage (3 hommes), tout le fuselage est libre pour le carburant, également logé dans l'aile en delta, de 16,70 m d'envergure seulement. La cellule

n'a aucune possibilité offensive avant qu'elle ne reçoive un « pod », vaste container dont 16 types ont été étudiés avec des aménagements différents : explosifs atomiques, engins guidés ou non, contre-mesures électroniques, caméras photographiques, etc.

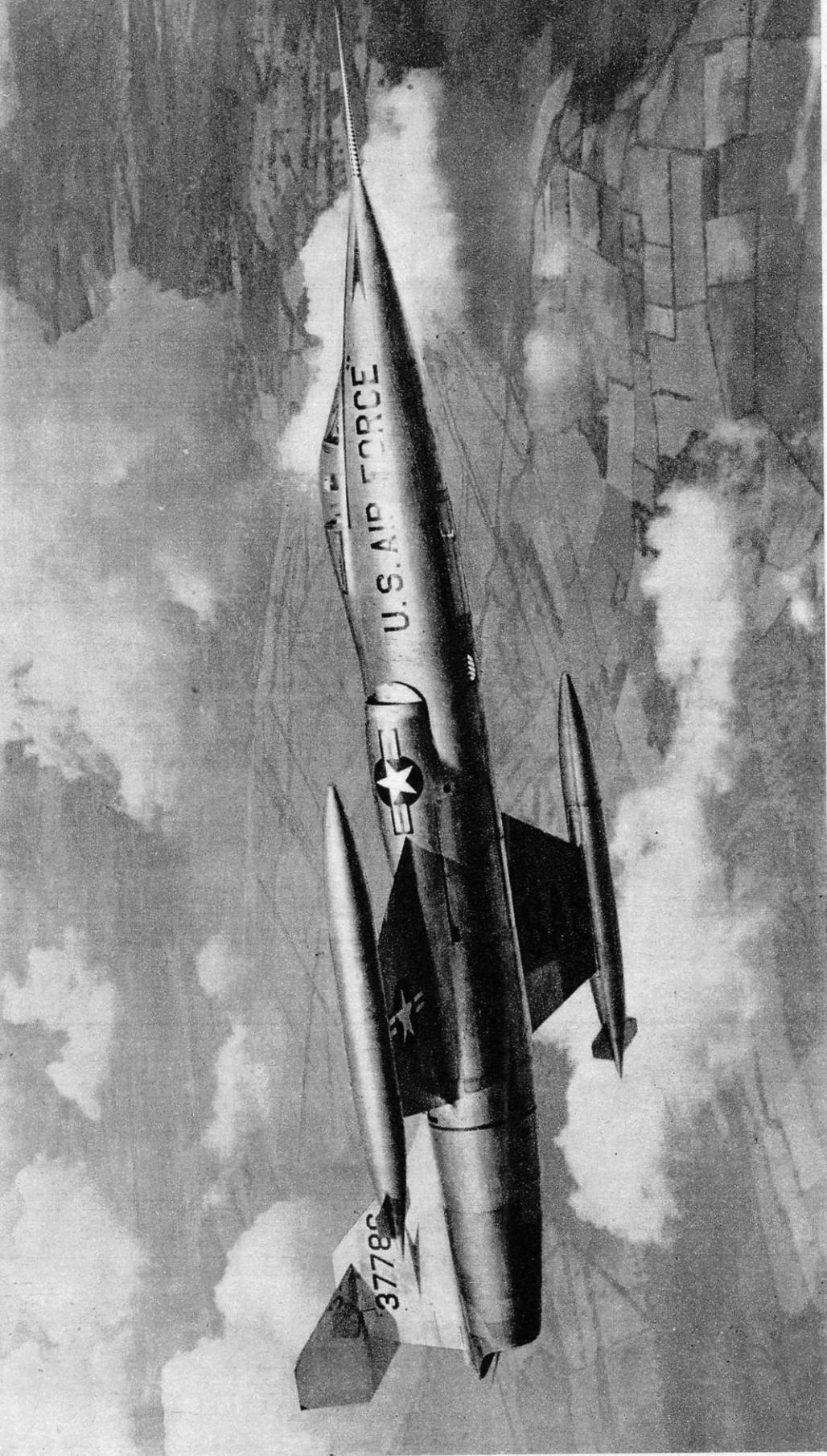
F-84 F THUNDERSTREAK →

Ce chasseur-bombardier à réaction, transsonique, possède une puissance offensive considérable. On le voit ici avec ses réservoirs largables, ses bombes, ses six mitrailleuses de 6 mm et ses 24 fusées de 125 mm. Cet appareil peut emporter une bombe atomique.



← F-105 A THUNDERCHIEF

Ce chasseur-bombardier supersonique, dépassant Mach 1,5, peut porter une bombe atomique. Il possède une aile en flèche mince de faible allongement et un fuselage cylindrique très allongé. La dérive ventrale sert à améliorer la stabilité longitudinale.



↑ LOCKHEED F-104 STARFIGHTER

Ce chasseur de conception révolutionnaire est actuellement produit en grande série aux États-Unis. Son fuselage, long de 16,75 m paraît énorme à côté de sa voilure, l'envergure étant de 6,70 m. L'aile trapézoïdale en dièdre inversé prononcé est ultra-mince, le bord de fuite est coupant comme un couteau au point qu'on le recouvre au sol d'une bande de feutre pour protéger les mécaniciens. La charge alaire est de 660 kg/m². Le réacteur développe 7 500 kg, plus que le poids de l'avion qui vole à Mach 2,5. Il porte un canon Vulcan à barillet tirant 6 000 coups/mn et des engins télégués.

F-100 C SUPER SABRE

Le North-American Super Sabre a détenu le record international de vitesse aux conditions de la F.A.I. avec 1 215 km/h. Son turbo-réacteur développe 7 700 kg de poussée avec post-combustion. L'armement comporte 4 canons de 20 mm à chacun 200 obus avec viseur radar, des bombes et des engins télégués. ↓

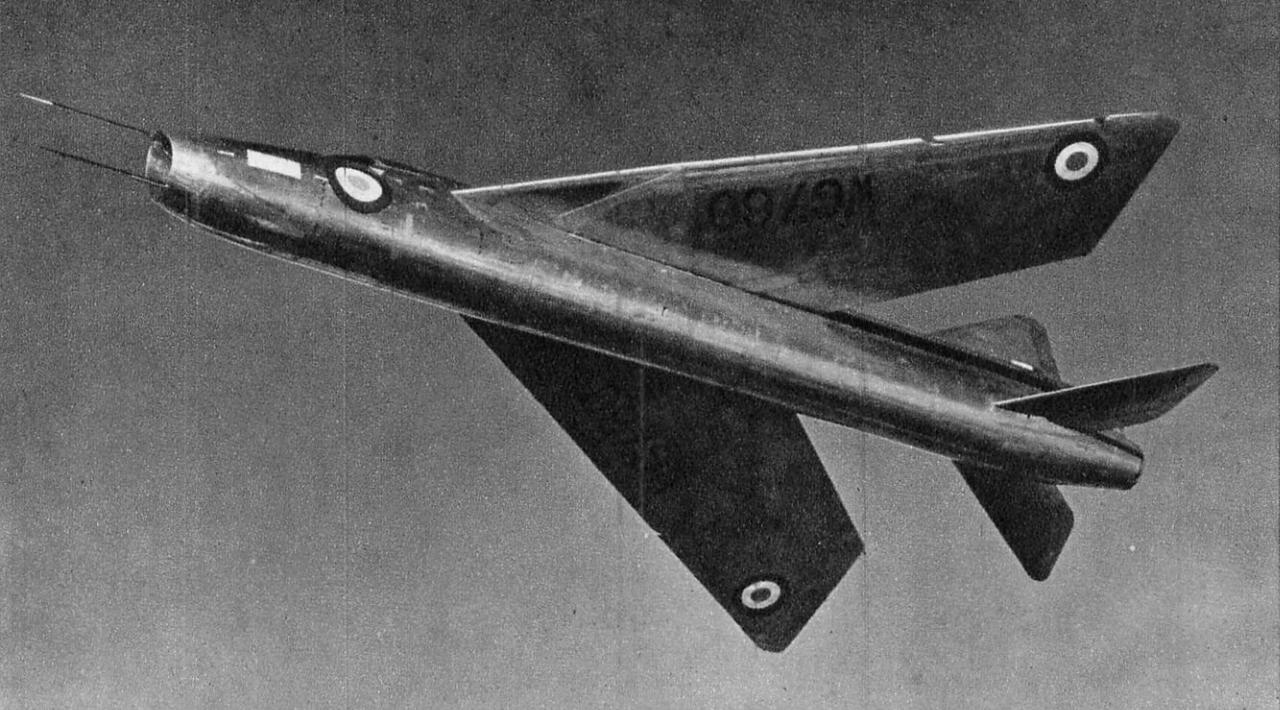


USAF

USAF

USAF

Faint, illegible text on the left side of the page, possibly bleed-through from the reverse side.



ENGLISH ELECTRIC P-1

Intercepteur largement supersonique (Mach 2). Son aile mince est en flèche très accentuée. Il a deux turboréacteurs superposés avec post-combustion.



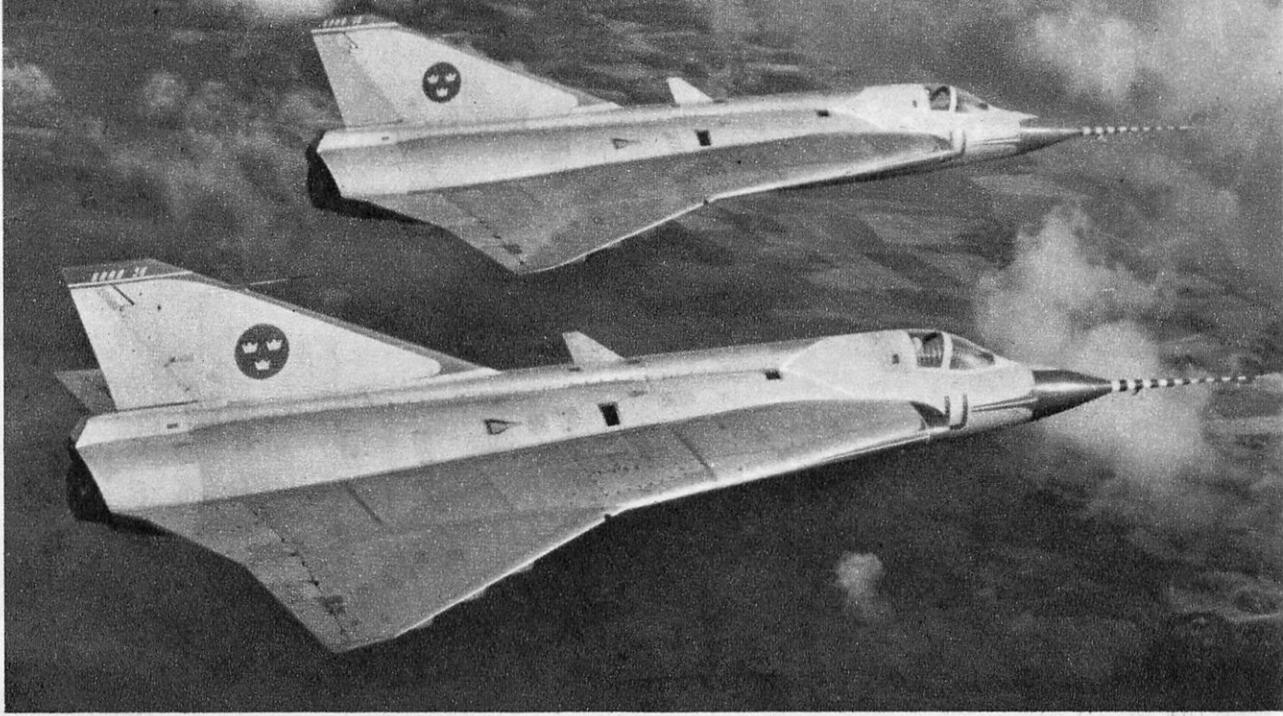
FOLLAND FO-141 GNAT

Ce chasseur à réaction britannique est du type ultra-léger et ses premières versions atteignaient la vitesse du son. Les suivantes seront supersoniques. L'aile est en flèche modérée à 40°. Il porte deux canons de 30 mm et 12 roquettes de 76 mm.



FIAT G-91

Chasseur léger d'appui tactique italien suivant les caractéristiques requises par l'OTAN. Le premier prototype a volé il y a quelques mois et a dépassé la vitesse du son. 27 exemplaires sont en commande.

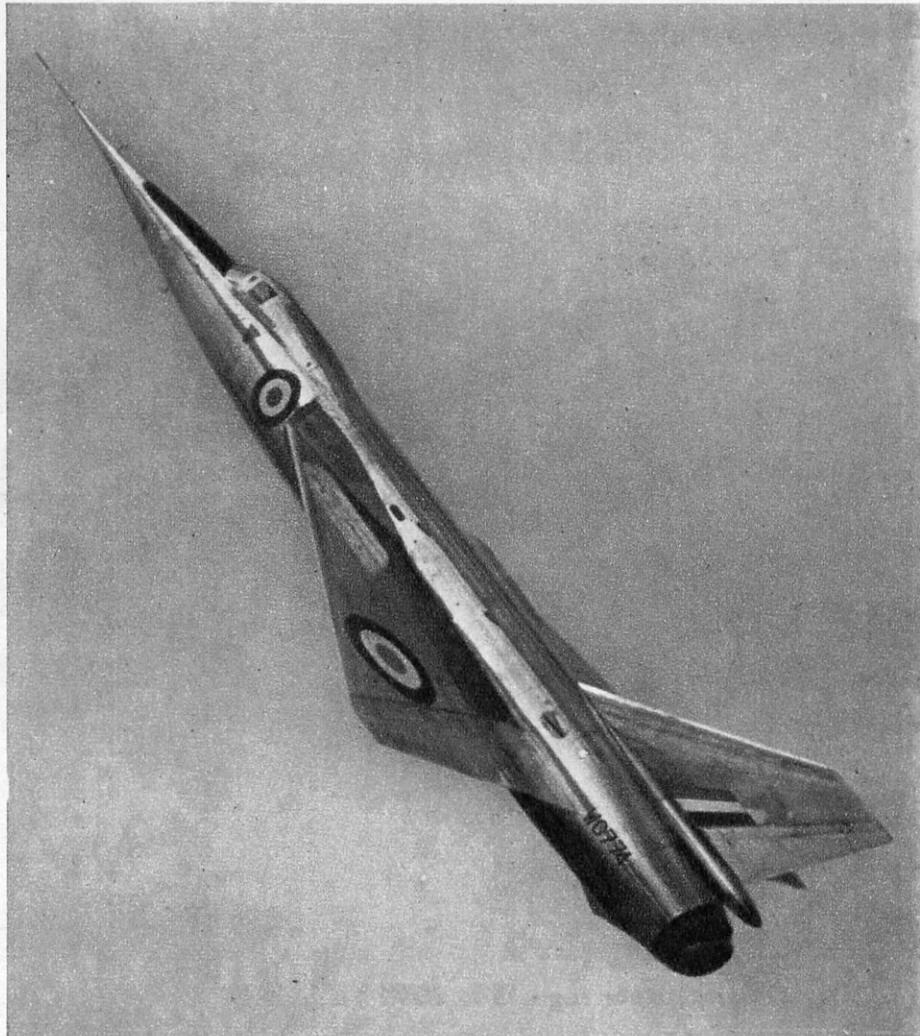


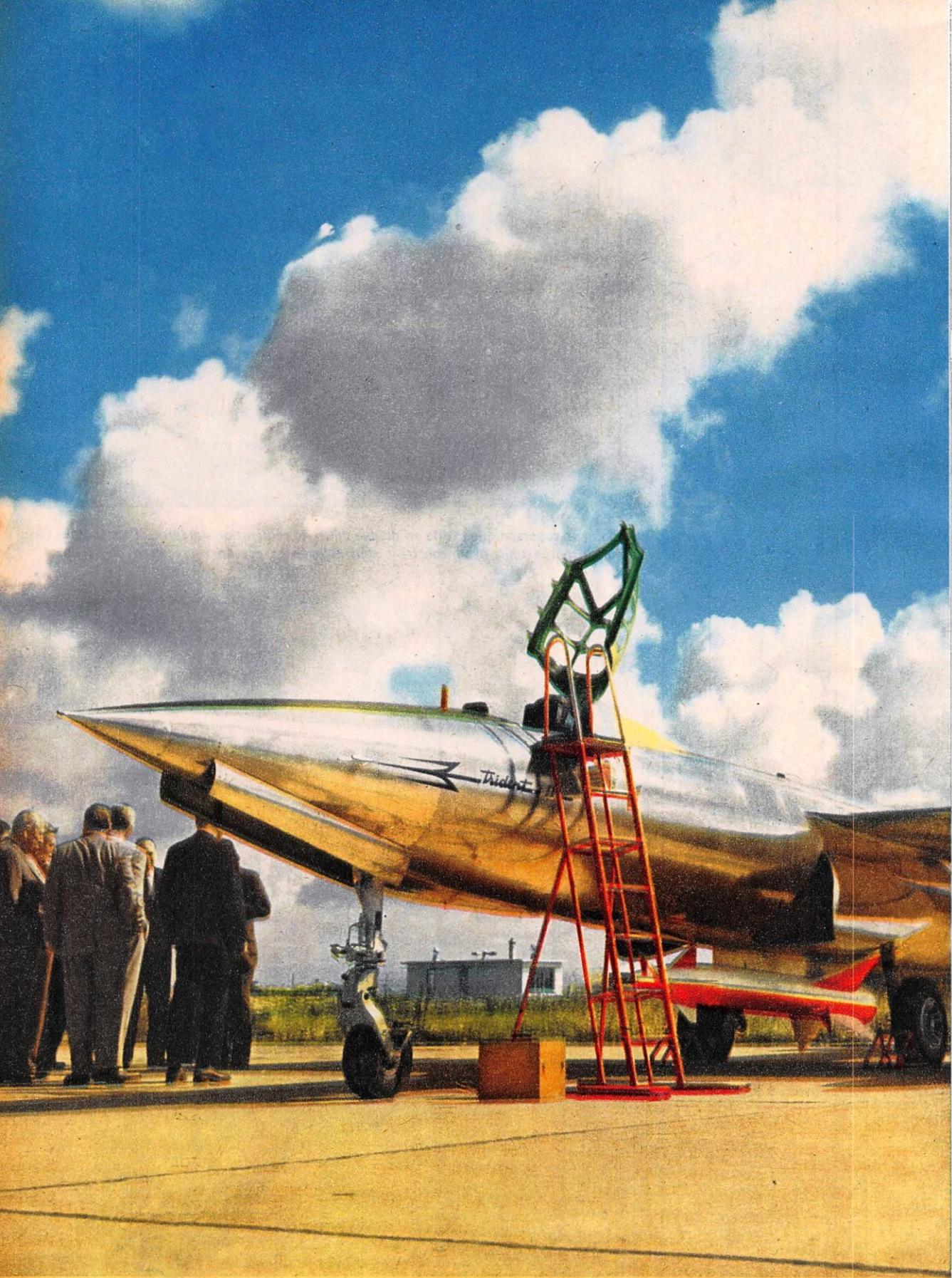
SAAB - 35 DRAKEN

Chasseur supersonique à aile en double delta de réalisation suédoise. Il est équipé d'un turbo-réacteur Avon construit sous licence et est en fabrication de série.

FAIREY DELTA 2

C'est un appareil expérimental pour l'étude du vol transonique et supersonique; deux prototypes ont été construits. Le nez très allongé peut être basculé vers le bas de 10° pour améliorer les vues du pilote à l'atterrissage. La flèche de l'aile, en delta, de section très mince est de 60°. L'appareil détient le record international de vitesse aux conditions de la F.A.I. avec 1 822 km/h.





L'intercepteur léger S-O 9050 Trident II.

RÉUSSITES ET ESPOIRS :

L'AVIATION FRANÇAISE

LA France a confondu ses détracteurs qui prétendaient que, bien que capable d'inventer, elle ne pouvait ni mettre au point ni produire... »

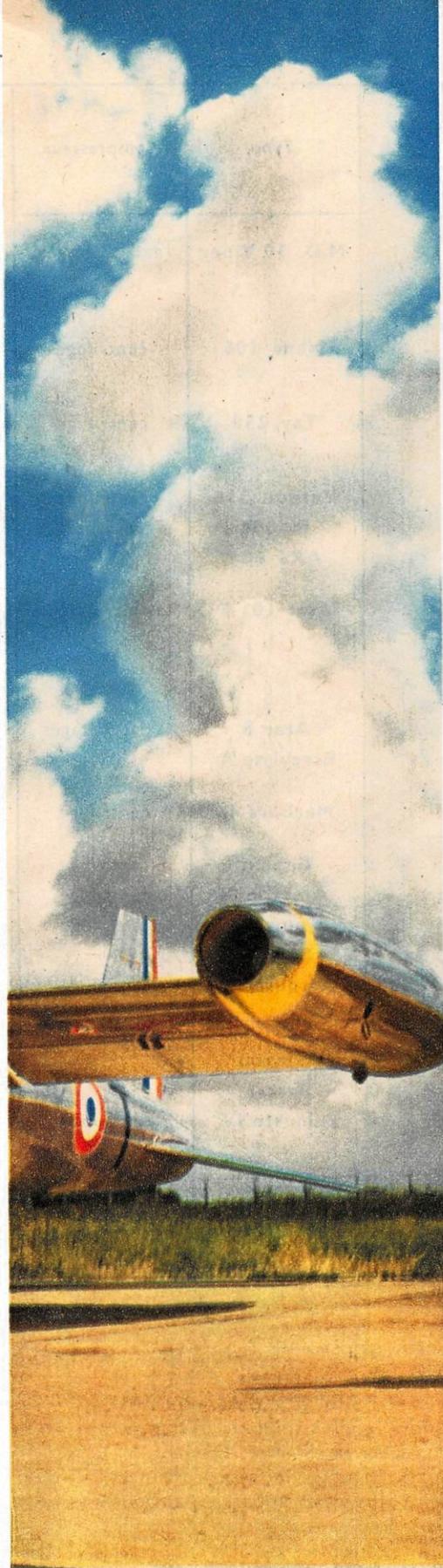
« Cette année, la France montre qu'elle a quelque chose de tangible à offrir en plus des idées brillantes qui ne lui ont jamais manqué... »

« L'industrie française n'a jamais été aussi haute qu'aujourd'hui et ses espoirs n'ont jamais été aussi brillants... »

Aucun de ces textes ne vient d'un journaliste français s'attachant à défendre notre industrie aéronautique. Le premier est signé Olivier Stewart, directeur de la grande revue anglaise « Aeronautics », le second reproduit les propos du célèbre pilote d'essais William A. Watterton, publiés dans la revue américaine « Aviation Week », et le troisième est la conclusion d'un article élogieux publié dans « American Aviation ». Or, ces trois textes remontent au lendemain du XXI^e Salon International de l'Aéronautique, c'est-à-dire à deux ans.

Depuis cette époque, bien des progrès ont été réalisés, non seulement en matière de prototypes, dont on a accusé l'industrie française d'être prodigue, mais également sur le plan industriel. Ces derniers mois, quelques performances assez exceptionnelles sont venues confirmer d'une manière éclatante l'excellence de certaines de nos réalisations.

Si le XXII^e Salon de l'Aéronautique se pré-



sente en 1957 sous des auspices particulièrement favorables, ce n'est certes pas le fait du hasard. Pour s'en convaincre, il n'est que de passer en revue les différents aspects de la construction aéronautique française.

ONZE ANNEES D'EFFORTS

La France a joué longtemps un rôle de premier plan dans l'aviation mondiale. Les réalisations audacieuses et les exploits de ses pionniers de l'époque héroïque sont encore dans toutes les mémoires. Pendant la guerre de 1914-1918, l'industrie aéronautique française était la première du monde et, au cours des années qui suivirent, elle demeura florissante et exportatrice. Mais tout cela appartient au passé. La dernière guerre n'a laissé subsister que ruines, hangars délabrés et techniciens éparpillés. Pendant quatre longues années, nos ingénieurs ont assisté au prodigieux développement de la technique à l'étranger sans pouvoir y prendre part et, à la Libération, il semblait impossible de combler le retard et insensé d'y songer. Pourtant, nos techniciens ont relevé le défi et nous récoltons la récompense de leur effort opiniâtre et de leur dynamisme. Aujourd'hui, l'industrie aéronautique française, après des maladroites et des déboires inévitables, présente un aspect cohérent, les programmes et les études s'harmonisent avec les besoins réels, les problèmes industriels ont trouvé des solutions satisfaisantes, appuyées par une organisation soucieuse d'ouvrir à la production des débouchés dépassant le cadre restreint de nos frontières.

Le secteur nationalisé et le secteur privé groupent au total 21 firmes, dont 15 fabriquent des cellules et 6 des propulseurs. Ces sociétés disposent de plus de 1 million de m² de surfaces couvertes, mais pour évaluer à sa juste valeur l'importance de l'industrie aéronautique française, il faut tenir compte en même temps des entreprises d'équipement travaillant pour l'aviation et des organismes rattachés à des cadres administratifs ou techniques. Les effectifs se répartissent alors de manière suivante :

Entreprises de cellules	42 000
Entreprises de moteurs	18 000
Entreprises d'équipements	20 000
Ateliers d'Etat dépendant de la direction technique industrielle	7 000
Office national d'études et de recherches aéronautiques	1 900
Ateliers de réparation et d'entretien des compagnies de transport	7 000
Le total est de	95 900

Mais les chiffres d'effectifs seuls ne per-

Constructeur	Type	Compresseur
MARCEL DASSAULT	M.D. 30 Viper	axial 7 étages
HISPANO-SUIZA	Nene 105	centrifuge
Tay 250	Verdon 350	centrifuge
NORD	R. 804	centrifuge
ARS 600	Atar 101 E	axial 7 étages
SNECMA	Atar 8	axial 8 étages
Ecrevisse A	Marboré II	axial 9 étages
TURBOMECA	Gabizo	centrifuge
Arbizon II	Gourdon	centrifuge
Soulor	Artouste II	centrifuge
Astazou	Palouste IV	centrifuge
Bastan	Turmo III	

mettent pas de juger du développement d'une industrie, il faut insister sur les moyens mis en œuvre. Quelques exemples en donneront une idée.

La chaîne de série des réacteurs Atar de la SNECMA (Société Nationale d'Etude et de Construction de Moteurs d'Aviation) est considérée comme la plus moderne d'Europe. Les installations de la Société Dassault, à Bordeaux, pour le montage de série des intercepteurs, sortent plus d'un appareil par jour dans des ateliers dont l'organisation technique est hors de pair. Les centres expérimentaux et

Réalisations Françaises : TURBOMOTEURS

Chambre de combustion	Poussée ou puissance kg ou ch	Consommation spécifique kg/kg/h	Diamètre (m)	Longueur (m)	Poids (kg)	Observations
annulaire	745 (1 000)	1,09 (2,20)	0,58	1,68	235	Turboréacteur. Version française de l'Armstrong-Siddeley Viper à « vie longue ». Equipe le SO 9050 Trident et le MD 550 Mirage avec post-combustion (chiffres entre parenthèses).
9	2 315 (3 080)	1 (2,05)	1,258	2,44	730	Turboréacteur. Version française du Rolls-Royce Nene. Equipe le MD 450 Ouragan. Version 105 AR avec post-combustion (chiffres entre parenthèses).
9	2 850	1,06	1,27	2,53	905	Turboréacteur. Version française du Rolls-Royce Tay dérivé du Nene. Equipe le MD Mystère IV A. Version avec post-combustion 3 850 kg.
9	3 500	1,1	1,27	2,62	935	Turboréacteur. Dérive du Tay. 4 500 kg avec p.-c.
annulaire	1 500	1,06			308	Turboréacteur à l'étude.
	500	0,8	0,6	3,25	72	Statoréacteur. La poussée indiquée correspond à 1 000 km/h au niveau de la mer.
annulaire	3 500	1,05	0,92	3,73	882	Turboréacteur. Equipe SO 4050 Vautour. Version 101 D (3 000 kg de poussée) équipe MD 452 Mystère II et Leduc 0-22; version 101 G avec post-combustion, équipe MD Mystère IV B et Super-Mystère B-2 (poussée 4 400 kg).
annulaire	4 200					Turboréacteur. Version 9 avec 5 400 kg de poussée.
	20			1,54	6	Pulsoréacteur. Version B : longueur 2,48 m, poids 10 kg, poussée 30 kg.
annulaire	400	1,15	0,57	1,10	135	Turboréacteur. Equipe Fouga 170 Magister, Morane-Saulnier 760, avion cible Nord CT-20.
annulaire	1 100	1,04	0,67		255	Turboréacteur. Equipe Etendard II, Trident.
annulaire	250	0,92	0,40		140	Turboréacteur.
annulaire	640	1,02	0,56		170	Turboréacteur.
	320	0,8	0,46		140	Turboréacteur à double flux.
annulaire	400 ch		0,45	1,06	110	Turbine à gaz et turbocompresseur. Turbine à 2 étages. Version Artoüsté III, 600 ch. Equipe SE 3130 Alouette II. Version turboprop. 600 ch.
	320 ch				110	Turbopropulseur.
	750 ch				180	Turbopropulseur.
annulaire			0,47	1,06	90	Turbocompresseur. Equipe hélicoptère Djinn. Versions perfectionnées Autan et Tramontane.
	800 ch		0,70	1,15	205	Turbopropulseur.

d'essais rassemblés à Melun-Villaroche par différentes firmes, dont Sud-Aviation, la SNCAN (Société Nationale de Constructions Aéronautiques du Nord), la SNECMA et Dassault répondent aux derniers progrès de la technique, L'ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques), disposant à Châtillon-sous-Bagneux d'un immeuble de onze étages où 1 900 techniciens s'attaquent aux problèmes aérodynamiques et scientifiques les plus complexes, constitue en France un laboratoire technique suscitant l'admiration unanime. Les centres industriels de Saint-Nazaire,

Toulouse, Bourges et Marignane sont aujourd'hui dotés d'installations à l'échelle de la grosse production de série, objectif premier de l'industrie française.

LA GAMME DES MATÉRIELS ACTUELS

La France est loin encore de disposer de moyens comparables à ceux des Etats-Unis, de l'U.R.S.S. et même de la Grande-Bretagne. Elle a cependant réalisé une sorte de tour de force en ouvrant un éventail allant des avions supersoniques opérationnels aux avions et

planeurs de tourisme en passant par les avions commerciaux à réaction et les engins spéciaux.

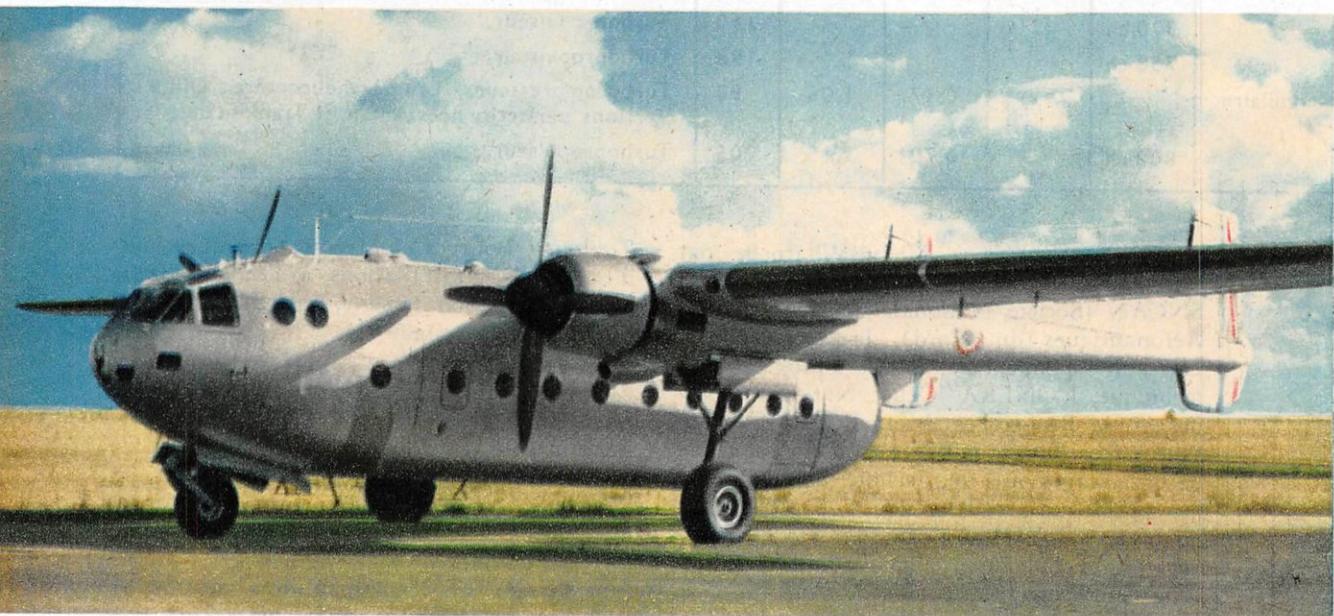
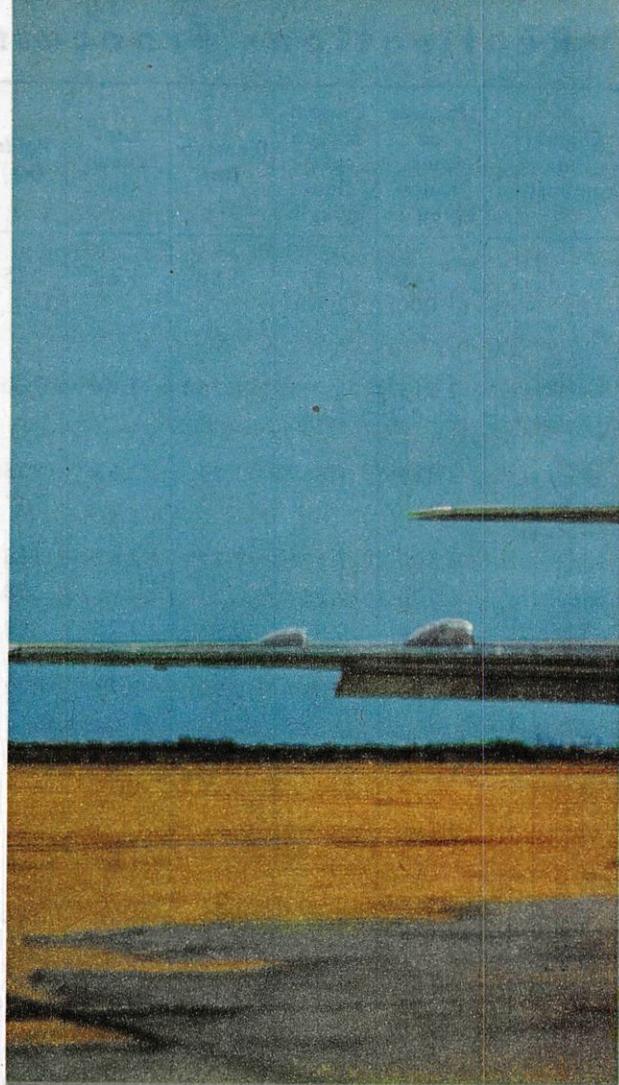
Dans le domaine militaire, trois catégories sont à envisager : l'Armée de l'Air, l'Aéronavale et l'aviation rattachée à l'Armée de terre. Actuellement, tous leurs besoins sont couverts par notre industrie.

Armée de l'air

Dans la classe des intercepteurs, le Dassault Mystère IV A et le Dassault Super Mystère (SNECMA Atar) sortent actuellement en série et prennent la relève des Mistral, Ouragan et Mystère II. Ce sont des appareils transsoniques et supersoniques dont les performances égalent celles des meilleures productions étrangères en utilisation.

Les livraisons de SO 4050 Vautour permettent d'équiper des escadres de bombardement, d'assaut et de chasse tous temps, inexistantes jusqu'ici ou dotées de matériel étranger. Le Vautour, biréacteur transsonique, peut transporter une bombe atomique.

Pour l'entraînement, le Morane Saulnier 733 Alcyon, sorti en grande série et utilisé à l'étranger, permet la formation de début et s'est affirmé comme avion de police. Le Fouga 170 R Magister est incontestablement le premier avion léger d'entraînement à réaction du monde, mis au point et lancé en grande série. Il est adopté par l'Allemagne Fédérale et réussit à couvrir la gamme complète de l'entraînement militaire, en prenant l'élève à son début pour l'amener à l'avion d'arme. Cet appa-





SE 210 Caravelle, moyen-courrier à réaction.



2501 Noratlas, transport militaire et civil.

MS 760 Paris, quadriplace à réaction.





Document Bréguet

reil vole à plus de 700 kilomètres/heure.

Pour le transport, le Nord 2501 Noratlas, bimoteur cargo de transport de troupes et de parachutage, est produit en grande série ; il est aussi adopté par l'Allemagne Fédérale. Le Breguet 765 Deux-Ponts, dérivé du 763 Provence éprouvé par cinq années d'exploitation sur le plan commercial, est commandé par l'Armée de l'Air comme transport lourd pour emmener 167 hommes équipés.

Le Max Holste 1521 Broussard, monomoteur de liaison, sanitaire, photographique, etc., est la véritable « jeep » de l'air, se satisfaisant de n'importe quel terrain rudimentaire. Produit en série, exporté à l'étranger, existant en version civile, il est le moyen de travail indispensable à côté des appareils précédents de plus gros tonnage. Autre avion de liaison rapide, le Morane Saulnier 760 Paris est le premier quadriplace à réaction construit dans



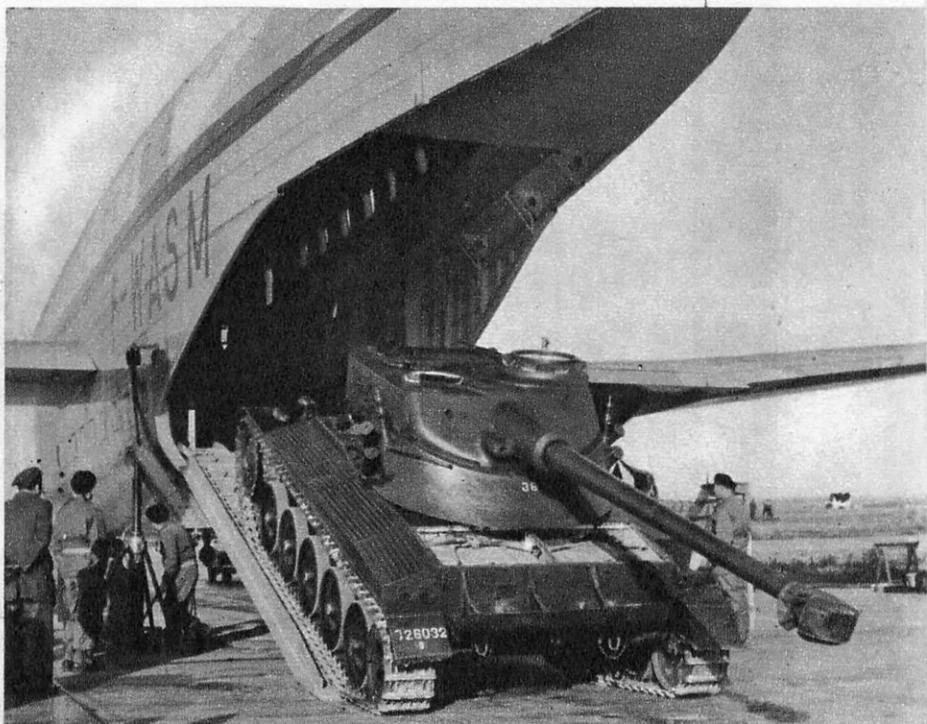
Breguet 763 Provence, pour 107 passagers.

← BRÉGUET ALIZÉ

C'est un triplace pour porte-avions destiné à la lutte anti-sous-marine. Il est équipé d'un turbo-propulseur Dart et armé de bombes et de roquettes. En production de série.

BRÉGUET DEUX-PONTS →

La version civile de cet appareil de transport pour passagers ou fret est le type 763 Provence utilisé par Air France. La version militaire, type 765, peut transporter 150 parachutistes avec leur équipement, ou une batterie de 150 mm, ou un char moyen, grâce à sa large rampe d'accès à l'arrière.



le monde et capable de couvrir des étapes de plus de 1 500 kilomètres à près de 700 kilomètres/heure de croisière. Il est commandé en série et, équipé en biplace, peut servir à l'entraînement.

Pour que cette énumération soit complète, il conviendrait de citer également les hélicoptères, mais nous les retrouverons plus loin, bien que leur production soit en priorité réservée à l'usage militaire.

Soulignons enfin la place qu'a prise notre industrie dans le domaine des engins spéciaux (aussi bien engins-cibles que terre-air ou air-air) en tant qu'armes offensives et défensives puissantes. Plusieurs sociétés poussent activement les recherches et la production de ce matériel devenu un des éléments essentiels de l'armement. Certains de ces engins ont reçu une consécration internationale puisque plusieurs pays ont passé des commandes importantes.

Aéronavale

En 1956, l'Aéronavale française disposait de 850 appareils ; elle utilise de plus en plus des matériels construits dans nos usines : le chasseur embarqué S.E. Aquilon, version française du Sea Venom britannique, le bimoteur de transport S.O. 30 P., le bimoteur léger d'entraînement S.O. 95.

Ses commandes pour 1957 portent sur les fins de séries d'avions cités précédemment, mais aussi sur le Bréguet 1050, avion embar-

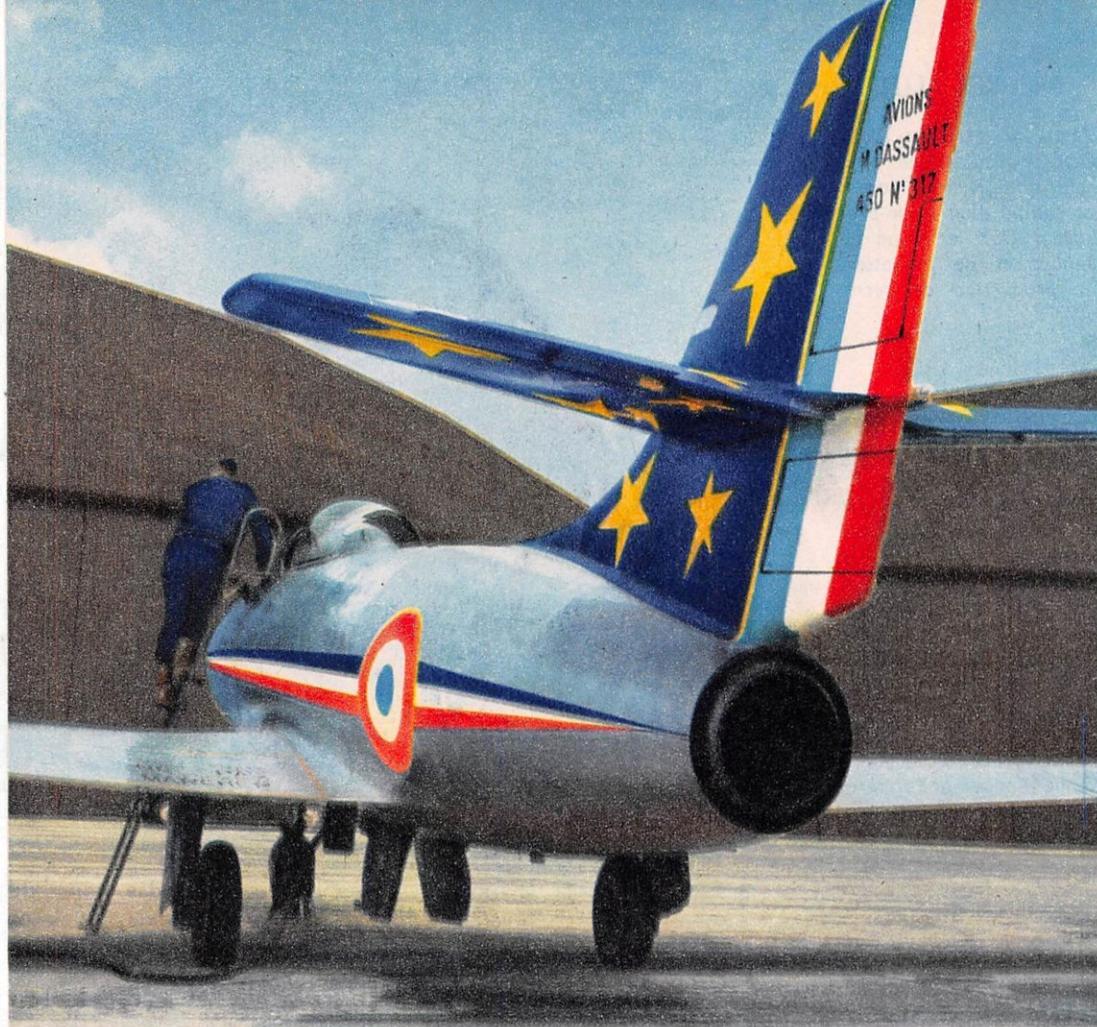
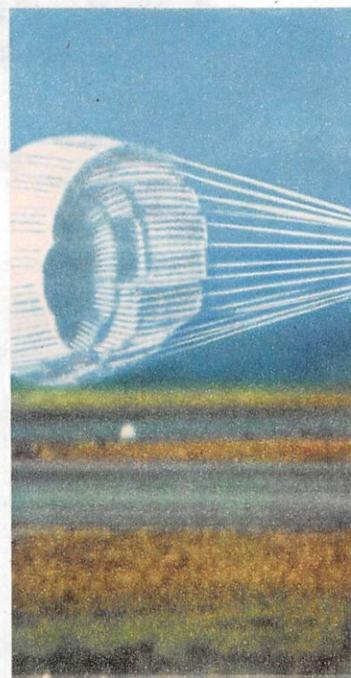
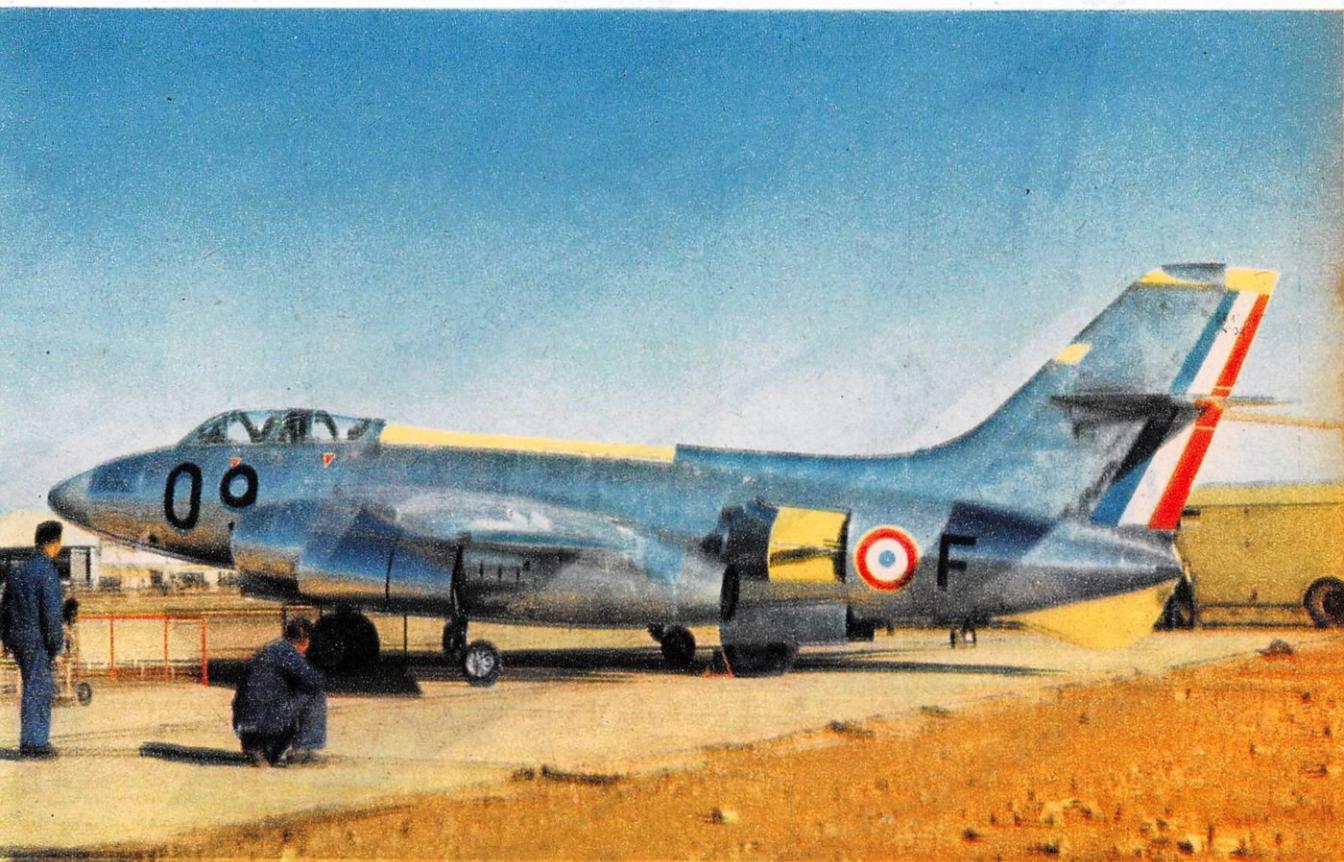


Photo Yan



SE 212 Durandal.

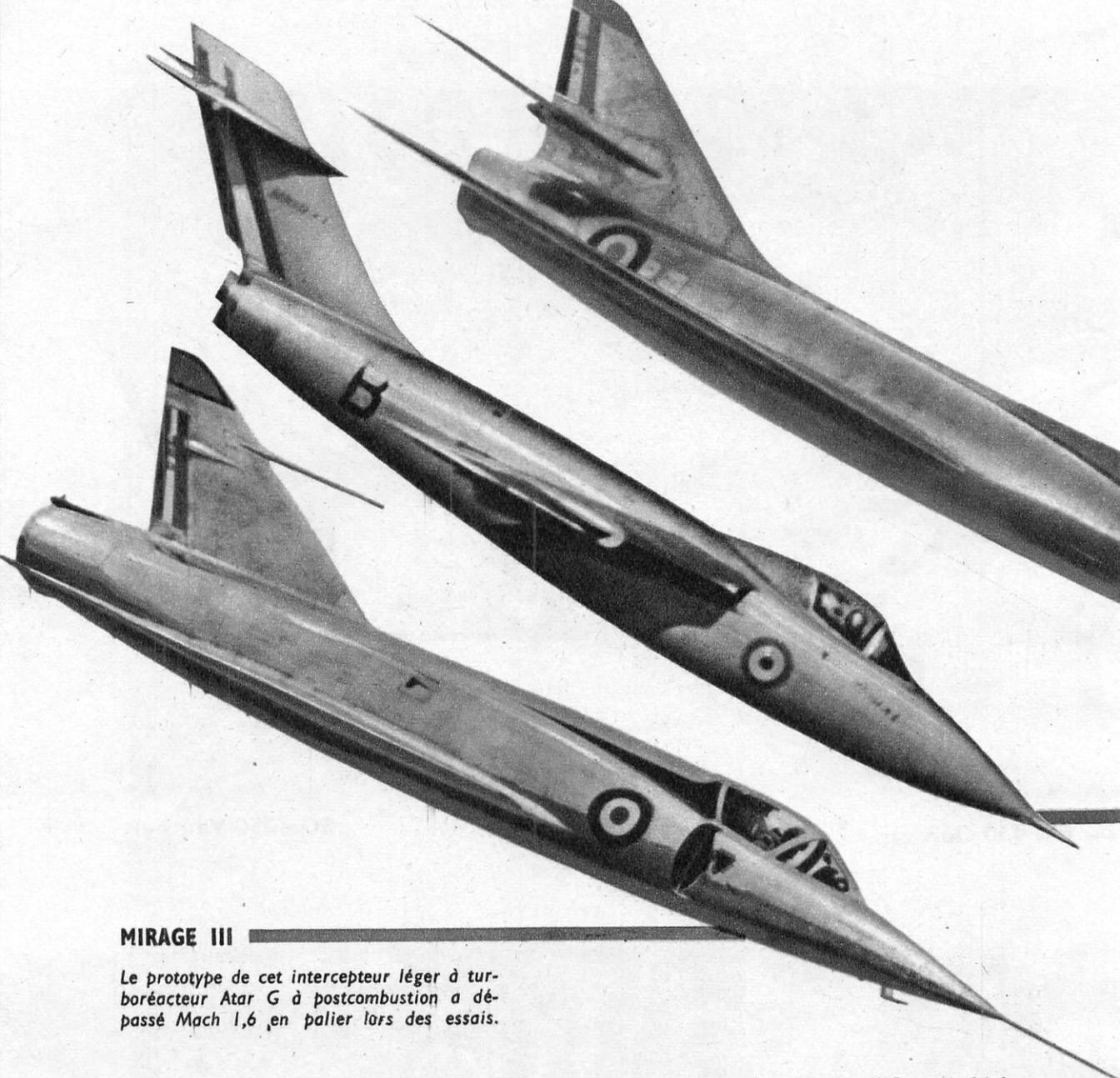


← MD 450 Ouragan.

SO 4050 Vautour.



Nord 1500 Griffon à l'atterrissage.



MIRAGE III

Le prototype de cet intercepteur léger à turboréacteur Atar G à postcombustion a dépassé Mach 1,6 en palier lors des essais.

qué d'attaque anti-sous-marin, le monomoteur de servitude Max Holste Broussard, le cargo bimoteur Nord 2501, l'appareil d'entraînement Morane Saulnier 733 Alcyon et l'hélicoptère 5 places S.E. Alouette.

Il convient enfin de signaler l'intérêt que l'Aéronavale porte aux appareils de pré-série Bréguet 1100 et Dassault Etendard IV sur le plan opérationnel.

Armée de terre

La gamme des appareils répondant aux besoins de l'armée de terre est évidemment plus réduite puisque les missions sont en nombre assez limité. Elle comprend les hélicoptères, les appareils d'observation d'artillerie, les avions de police, les appareils d'entraînement. On note en particulier, outre les hélicoptères,

les matériels suivants : le N.C. 856, biplace d'observation d'artillerie construit en grande série, le Potez 75, avion d'attaque au sol et de police, le Nord 3202 d'entraînement.

Hélicoptères

Les hélicoptères de fabrication française ne sont actuellement qu'au nombre de deux, mais leur qualité est remarquable et les moyens de production mis en œuvre permettent de satisfaire les commandes militaires et civiles, françaises et étrangères.

Ce sont le S.E. 3130 Alouette II et le S.O. 1221 Djinn biplace.

Aviation commerciale

Rappelons tout d'abord les productions qui ont rendu de précieux services au cours des

années passées où qui sont encore en utilisation, telles que le S.E. 161 Languedoc, quadrimoteur lancé en série peu après la Libération, le S.E. 2010 Armagnac, quadrimoteur long-courrier actuellement encore en exploitation, le Bréguet 763 Provence, quadrimoteur de gros tonnage pour 100 passagers en utilisation sur le réseau méditerranéen d'Air France.

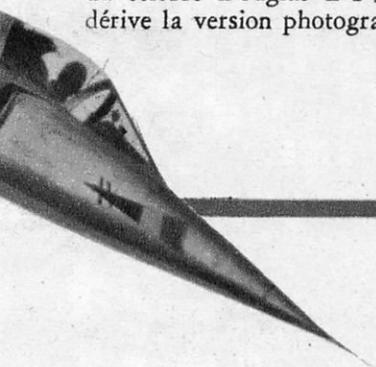
Nous retrouvons encore le cargo bimoteur Nord 2501 Noratlas que nous avons vu commander pour les forces armées, mais qui est également utilisé à titre civil par certaines compagnies françaises.

Enfin, du Hurel-Dubois HD 321, bimoteur moyen-courrier à aile à grand allongement, qui se présente comme excellent remplaçant du célèbre Douglas DC-3 aujourd'hui vieilli, dérive la version photographique HD 34 com-

mandée en série par l'Institut Géographique National.

Un appareil mérite une mention spéciale, c'est le S.E. 210 Caravelle, à deux turboréacteurs Avon R A 29, moyen-courrier pour 70 passagers. Ses essais intensifs aux mains des équipages d'Air France ont justifié une commande de 24 unités pour le compte de notre Compagnie nationale, et de nombreuses compagnies étrangères s'y intéressent. D'ici peu, deux, puis quatre appareils de ce type sortiront mensuellement des chaînes de montage de Sud-Aviation.

Avec une autonomie pouvant dépasser 3 000 km, une vitesse de croisière proche de 800 km/h et un confort inégalable, cet appareil est appelé à un très grand succès lors de sa mise en exploitation dès 1958.



ETENDARD IV

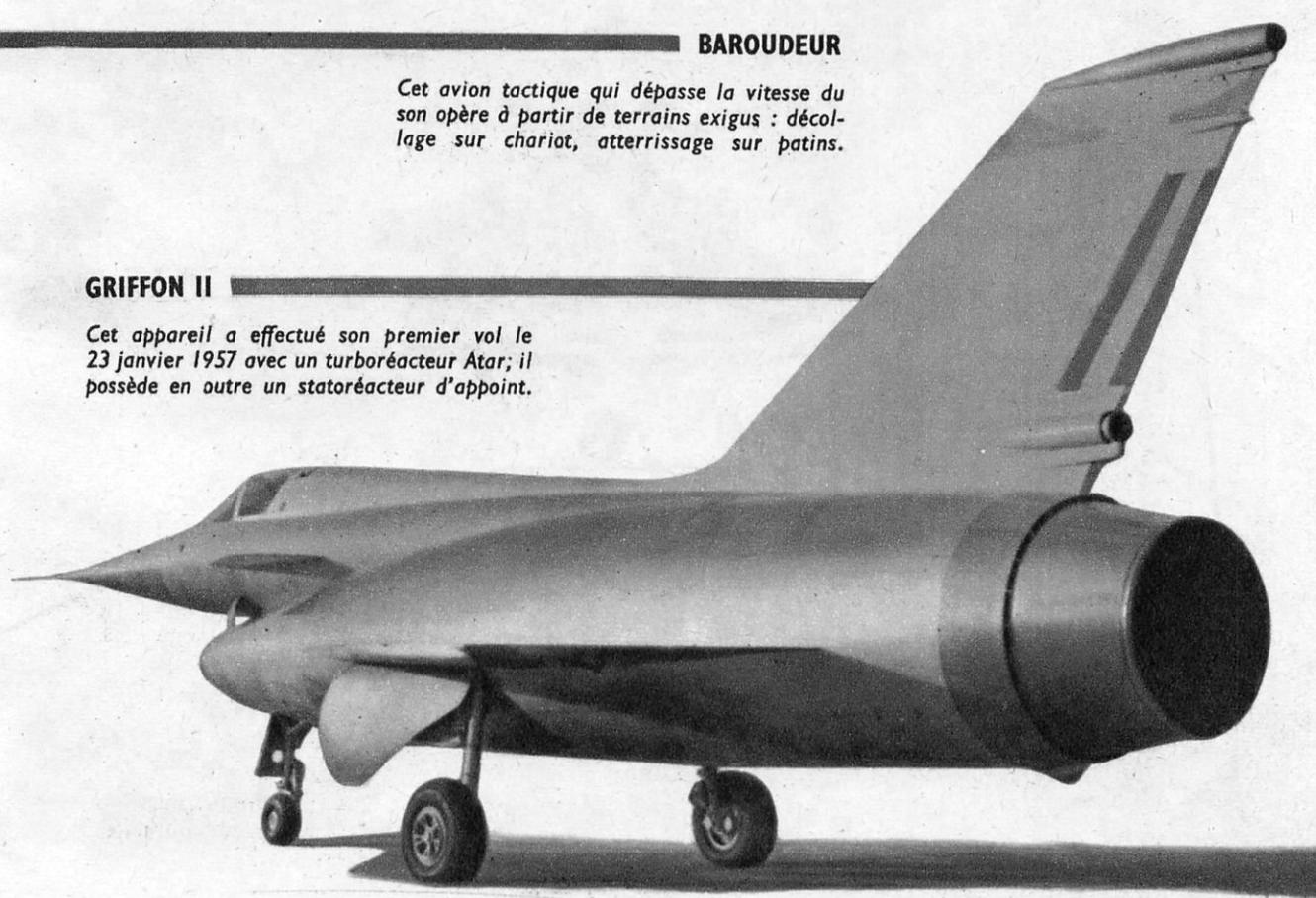
C'est la version expérimentale de l'Etendard IV équipée d'un turboréacteur Atar 101 E. La version Etendard VI a un Bristol Orpheus.

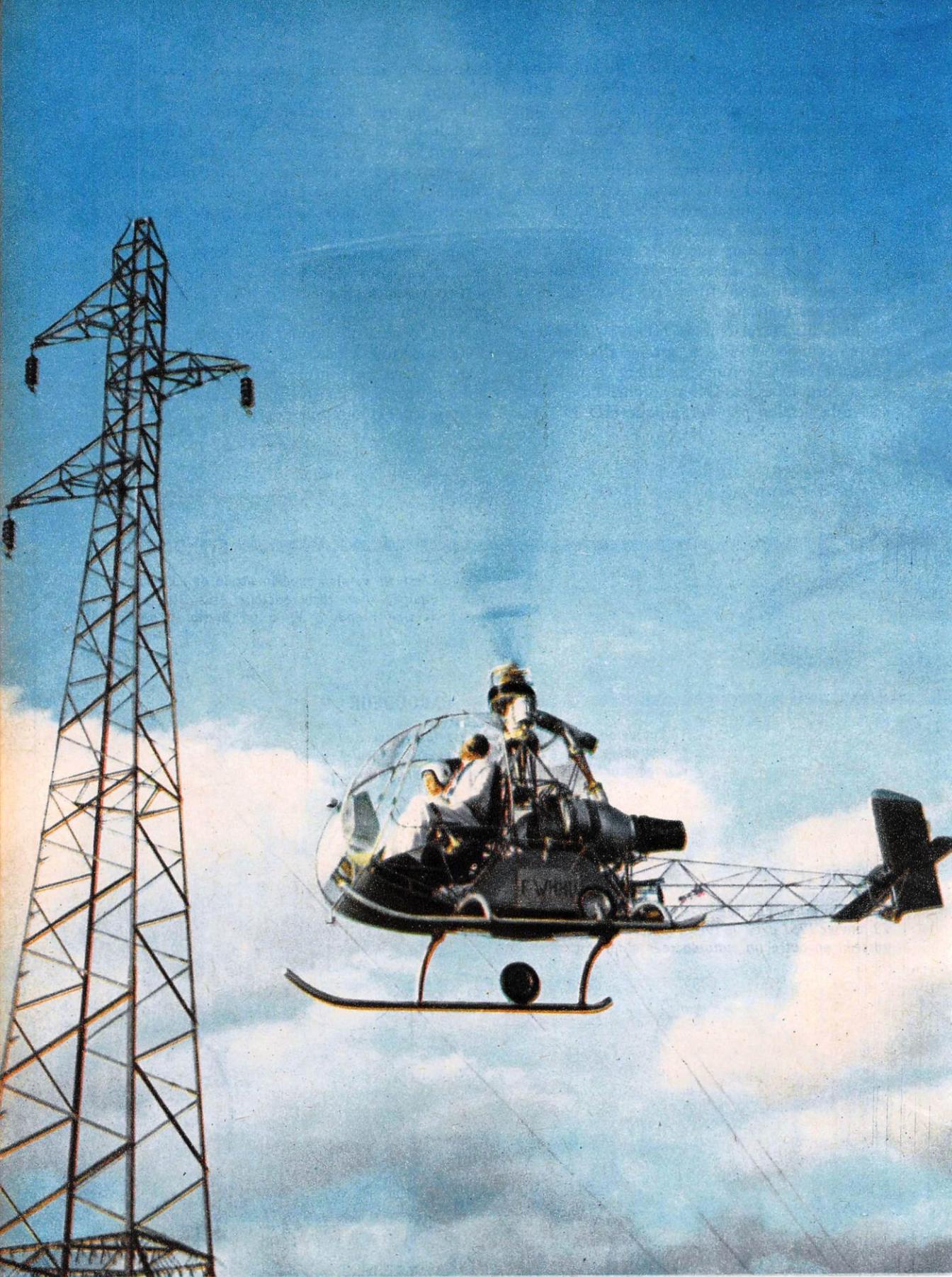
BAROUDEUR

Cet avion tactique qui dépasse la vitesse du son opère à partir de terrains exigus : décollage sur chariot, atterrissage sur patins.

GRIFFON II

Cet appareil a effectué son premier vol le 23 janvier 1957 avec un turboréacteur Atar; il possède en outre un statoréacteur d'appoint.





Aviation privée

Etant donné son importance relativement faible par comparaison avec les productions militaires et commerciales, ce secteur de l'industrie aéronautique est trop souvent passé sous silence.

Il convient cependant de lui accorder une part ici, puisque la France occupe dans ce domaine une place très honorable grâce à un certain nombre de sociétés très actives et au développement incroyable de la formule de l'avion d'amateur.

Nous citerons en particulier les quadriplaces Boisavia Mercurey et Paul Aubert Cigale ; les triplaces et biplaces Brochet NC 856 et Sipa qui ont permis de renouveler le parc des aéroclubs ; les biplaces et monoplaces Jodel, Piel et Druine qui ont connu un tel succès auprès des amateurs qu'ils ont débordé ce secteur pour connaître la production de série, grâce à des sociétés telles que Payen, Wasmer, Queyrey, Rousseau.

Enfin, pour ce qui concerne les planeurs, Bréguet avec son monoplace B 901 S et son biplace B 904, Fauvel avec ses ailes volantes AV 36 et AV 22, ont démontré l'excellence de la technique française dans ce domaine.

Propulseurs

Il convient de citer en premier lieu les remarquables résultats obtenus par la Société Turboméca, la première au monde à avoir mis au point et produit en série des réacteurs de petite puissance, convenant aussi bien, compte

tenu de la gamme des matériels proposés, aux avions opérationnels qu'aux appareils d'entraînement ou aux hélicoptères. Tous ces réacteurs ou turbines font l'objet d'importantes commandes de série et se sont également imposés à l'étranger puisqu'ils équipent nombre de cellules fabriquées en dehors de nos frontières et que plusieurs pays en ont acquis la licence de fabrication.

La SNECMA, de son côté, grâce à son puissant réacteur Atar, offre à nos ingénieurs un propulseur français qui n'a rien à envier aux productions étrangères similaires. Les récents records de l'appareil à aile en delta Gerfaut l'ont abondamment démontré. Une production bien organisée permet de satisfaire des commandes sans cesse plus nombreuses.

Les travaux annexes de la SNECMA, concernant le déviateur de jet et les tuyères à section variable, augmentent les possibilités d'utilisation des Atar, tandis que l'« Atar volant » apporte une solution brillante au décollage vertical, sans limiter l'appareil aux vitesses subsoniques.

Hispano Suiza, parfaitement équipé pour la production de grande série, a choisi des types de réacteurs réclamés par les utilisateurs et propose le Verdon de 3 500 kg de poussée, équipant le Mystère IV.

Potez est actuellement la seule société française alimentant la gamme des moteurs à piston de moyenne puissance. Pour ceux de grande puissance, les besoins sont couverts par la production en série de l'Hercules par la SNECMA.

← SO 1221 DJINN

Cet hélicoptère triplace servant ici à inspecter des lignes haute-tension a battu récemment le record d'altitude pour hélicoptères toutes catégories en atteignant 8 482 m.

SE ALOUETTE II →

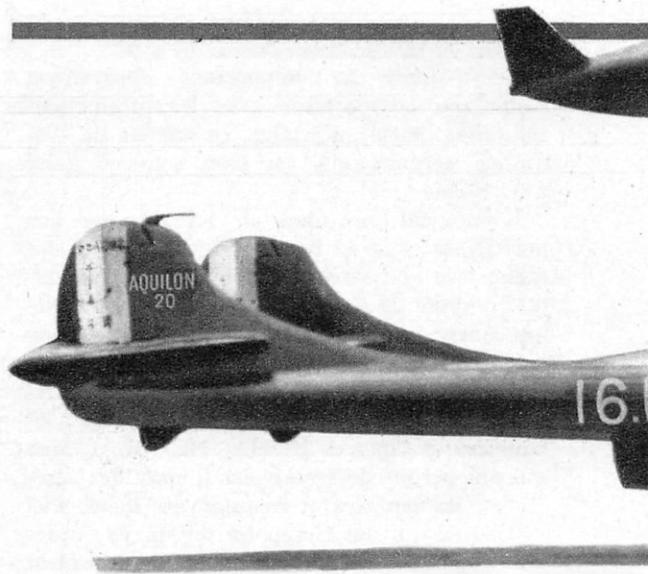
Cet hélicoptère est en service dans l'Armée de l'Air française où les escadrilles mettront en action chacune 15 appareils : 12 en service et 3 de rechange. Sud-Aviation a actuellement en construction le type Super-Alouette, équipé de trois turbines ; il est prévu pour transporter 20 passagers.



Mais aujourd'hui on ne parle plus seulement de moteurs à piston et de réacteurs. Il est également question de moteurs-fusées et de tuyères thermopropulsives. La S.E.P.R., la Société française de Turbomachines et Leduc représentent actuellement les trois atouts principaux de la France dans ce domaine. Nous aurons l'occasion d'y revenir en parlant de la politique d'avenir de notre industrie aéronautique.

Equipements

Plus de 200 entreprises se sont efforcées depuis dix ans de fournir à l'industrie tous les accessoires indispensables pour rendre une cellule utilisable. Les techniques les plus diverses sont représentées dans ce secteur, trois d'entre elles jouant un rôle essentiel : l'électricité, l'hydraulique, l'électronique. Dans bien

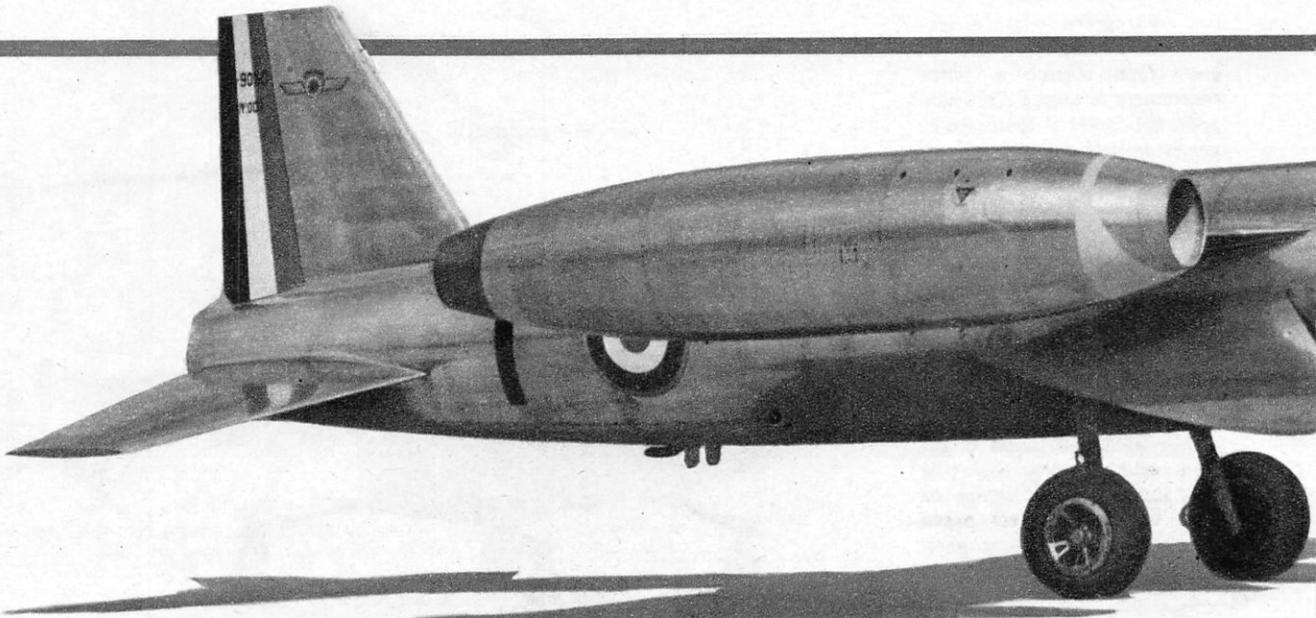


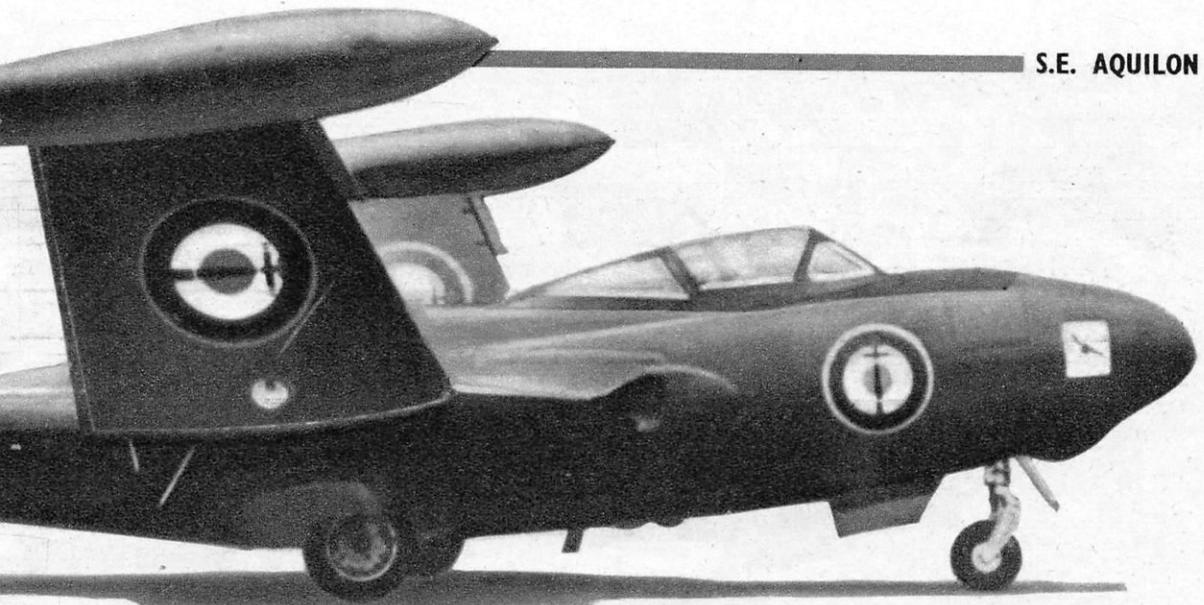
des cas, des initiatives originales ont justifié même des licences à l'étranger.

Il y a quelques années, les équipements français n'entraient que pour une très faible part dans la construction des avions français. On leur préférait le matériel étranger considéré comme plus au point et offrant plus de garantie. Aujourd'hui on peut estimer que, dans l'ensemble, 80 % des équipements utilisés par l'industrie aéronautique française émanent de firmes spécifiquement françaises.

PRODUCTION DE SERIE ET DEBOUCHES

En passant en revue la gamme des avions français, nous avons vu que nombre d'entre eux font l'objet de marchés de série. Il est





donc inutile de revenir sur une nomenclature détaillée pour faire apparaître l'importance de ces commandes. Il importe plutôt de mettre l'accent sur l'évolution actuelle de notre industrie où le problème de l'organisation de la production est à l'ordre du jour.

Il y a peu de temps encore, à quelques exceptions près, les faibles chiffres de série et, surtout, l'écart de temps qui s'écoulait entre deux commandes souscrites au bénéfice du même constructeur, incitaient souvent ce dernier à étaler sa production, à la « faire durer » pour éviter les « points morts » entraînant des licenciements de personnel et, plus tard, une recherche de main-d'œuvre soudain indispensable. Les fluctuations évitées par un tel subterfuge avaient les plus fâcheuses consé-

quences sur le prix de revient du matériel, rendaient impossible tout équipement industriel rationnel et incitaient à adopter, le plus souvent, une fabrication artisanale.

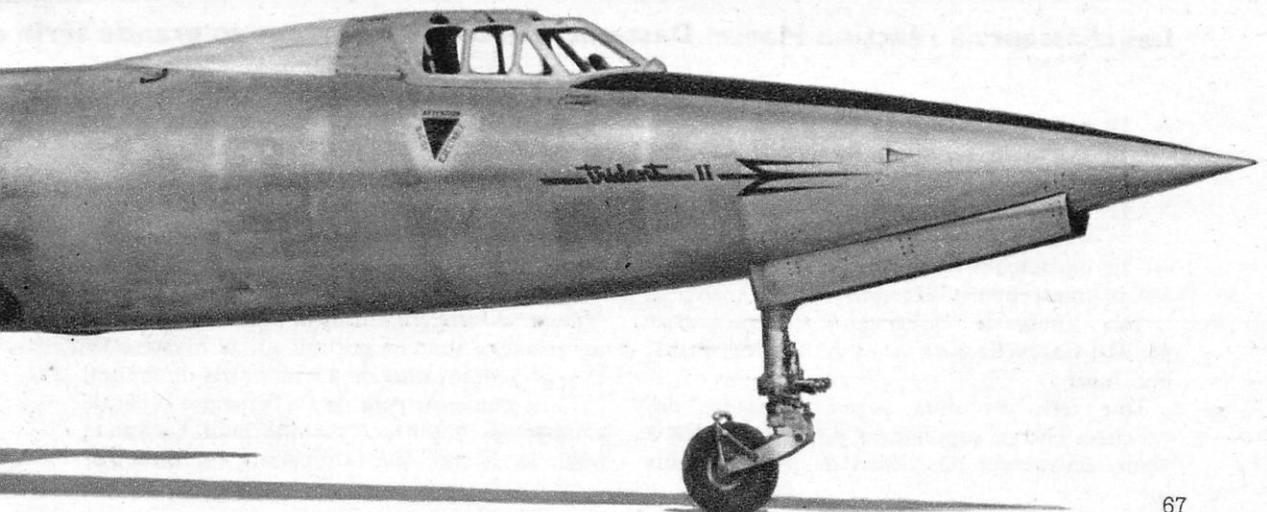
Cette époque semble révolue. Une politique à moins courte vue donne aujourd'hui aux principales sociétés la faculté de dresser un « planning » plus équilibré et les incite à s'orienter vers la vraie politique industrielle, vers la production de grosse série.

Partout on augmente la cadence de sortie, on organise des chaînes, on renouvelle l'outillage, on construit des halls de montage pour faire face à des commandes croissantes.

L'année 1957 verra des cadences mensuelles de sortie parfaitement honorables :

— 6 cargos bimoteurs Noratlas ;

S.O. 9.050 TRIDENT II





Les chasseurs à réaction Marcel Dassault Mystère IV sortent en grande série

- 10 hélicoptères Djinn ;
- 10 avions de servitude Broussard ;
- 11 hélicoptères Alouette ;
- 12 biréacteurs de bombardement SO Vautour ;
- 12 biréacteurs d'entraînement Magister ;
- 40 intercepteurs Dassault.

Dès 1960, le biréacteur moyen-courrier SE 210 Caravelle sortira au rythme de quatre par mois.

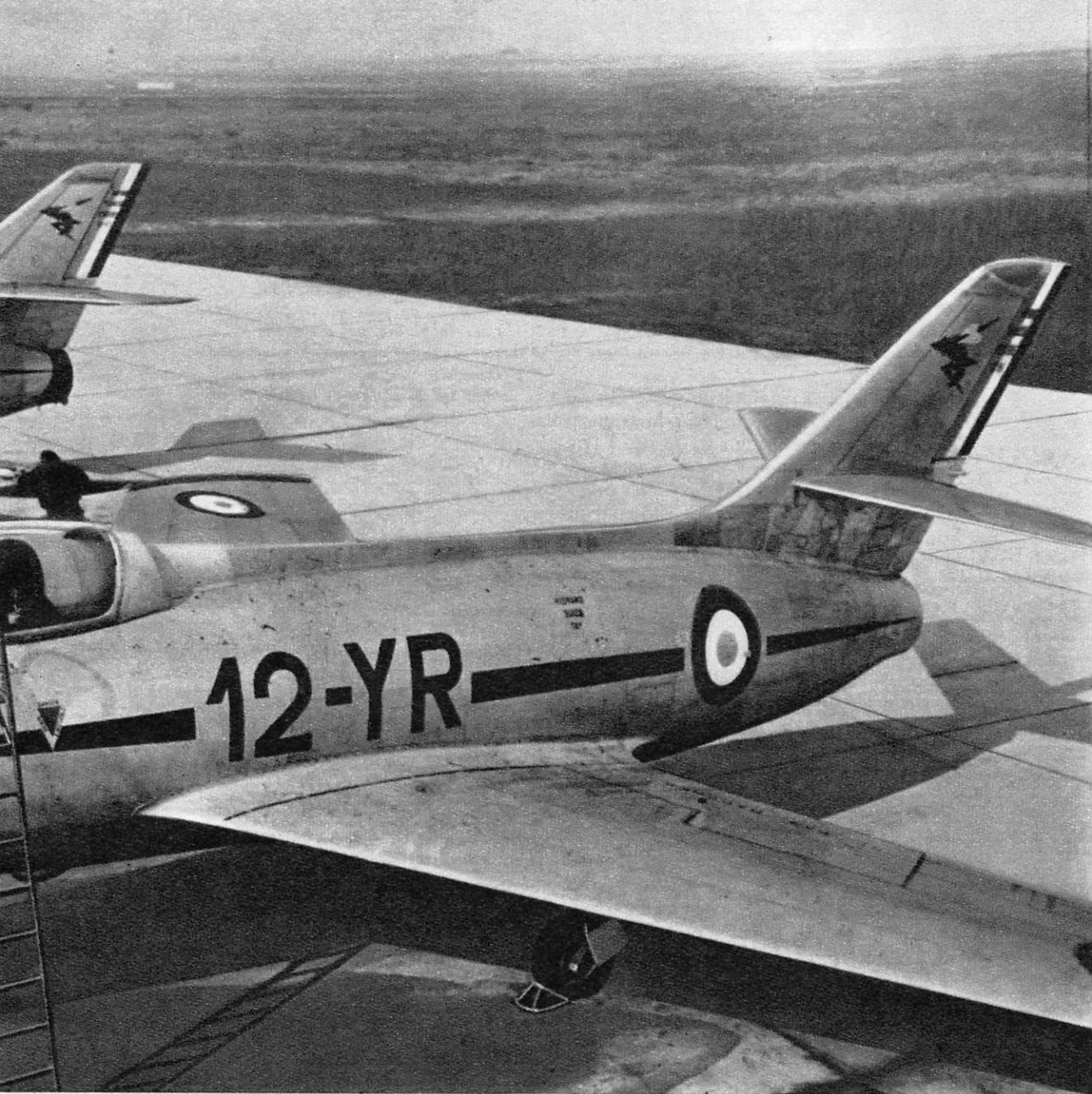
Une telle évolution permet d'espérer des cadences encore supérieures pour les années à venir. Entraînant des délais de livraison plus

courts pour satisfaire les besoins nationaux civils et militaires, elle permettra d'aborder avec plus d'efficacité les marchés étrangers.

Déjà certains résultats concrets mettent en lumière les espoirs sérieux que nous pouvons avoir dans ce domaine :

Après une importante commande d'intercepteurs Ouragan, l'Inde a signé cette année un nouveau marché portant sur le Mystère IV et représentant plus de 15 milliards de francs ;

— le gouvernement de l'Allemagne Fédérale a passé un important marché pour l'achat et pour la licence de fabrication du bimoteur



depuis 1954. Ils sont en service dans les Armées de l'air de France, d'Israël et de l'Inde.

Noratlas et du biréacteur d'entraînement léger Fouga Magister ;

- l'Argentine achète des Broussard ;
- Israël possède des avions français ;
- le Cambodge utilise des Morane Saulnier Alcyon d'entraînement ;
- le Morane Saulnier Paris sera construit en Amérique du Sud ;
- des pourparlers très avancés donnent l'espoir de voir se concrétiser un certain nombre de nouvelles commandes dans les mois prochains ;
- les licences de construction de réacteurs

de petite puissance et d'équipements divers se multiplient dans le monde entier.

En vue d'exploiter au maximum les possibilités françaises, une sérieuse organisation para-commerciale et commerciale était nécessaire. Aussi le Centre National d'Expansion Aéronautique, créé en 1956, a-t-il lancé un important programme de propagande à l'étranger pour mettre en valeur par tous les moyens la réputation de notre industrie.

D'autre part l'Office français d'Exportation du Matériel aéronautique et l'Office général de l'Air constituent les deux principaux organis-

mes d'exportation, parfaitement équipés, et disposant de représentants qualifiés à l'étranger pour orienter les accords commerciaux.

UNE POLITIQUE D'AVENIR

Si florissante que soit une industrie aéronautique, elle serait irrémédiablement vouée à l'échec si elle n'avait pas le souci constant de préparer l'avenir.

Les chaînes de montage constituent le présent ; l'avenir repose sur les laboratoires et les bureaux d'études.

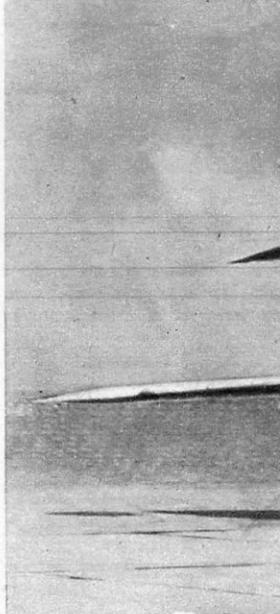
Il semble qu'à ce point de vue encore notre industrie aéronautique soit sur la bonne voie, encore que les crédits lui soient, de l'avis général, trop parcimonieusement accordés. Il ne suffit pas, bien souvent, de fixer des programmes et de répartir les études entre les firmes compétentes; encore faut-il fournir les moyens d'expérimentation indispensables.

La Direction Technique et Industrielle de l'Aéronautique (D.T.I.A.) qui traite, pour le compte de l'Etat, de toutes les questions de recherches, d'études et de production, représente une organisation rationnelle dont les rouages méritent d'être connus. Elle dispose du Service des marchés de la Production Aéronautique (SMPAé) ; du Service Technique de l'Aéronautique (STAé) ; du Service de Documentation et d'Information Technique (SDIT) et du Service Technique des Télécommunications de l'air (STTAé).

A ces organismes, il convient d'ajouter le Centre d'Essais en vol. Sa mission est particulièrement importante, puisqu'elle consiste à contrôler officiellement les performances techniques des prototypes, à donner un avis autorisé aux services officiels, à conseiller les constructeurs, à mettre au point des méthodes tech-

SUPER MYSTÈRE B-2

Cet intercepteur supersonique de ligne générale semblable à celle des Mystère IV, est doté d'une aile en flèche très accentuée. Il est actuellement produit en série pour l'Armée de l'Air française, équipé d'un turboréacteur Atar 101 G avec post combustion donnant 4 400 kg de poussée. Le premier appareil de série qui soit sorti des ateliers Marcel Dassault a effectué son premier vol le 27 février dernier.



niques d'investigation et à donner une formation standardisée aux équipages d'essais comme aux pilotes réceptionnaires. Le Centre d'Essais en vol, à Brétigny, et ses annexes principales de Marignane, Istres et Villacoublay, utilisent 2 500 personnes.

L'Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques (ONERA) travaille en étroite collaboration avec la Direction Technique et Industrielle, dont il ne dépend pas. Il est orienté vers les problèmes scientifiques et techniques et gère d'importants centres expérimentaux, dont la fameuse soufflerie de Modane.

Le Secrétariat général à l'Aviation civile et commerciale définit les programmes et les études concernant le matériel civil.

Enfin, l'Union syndicale des Industries aéronautiques, émanation des constructeurs, permet de traiter sur un plan syndical un certain nombre de problèmes administratifs et d'inté-

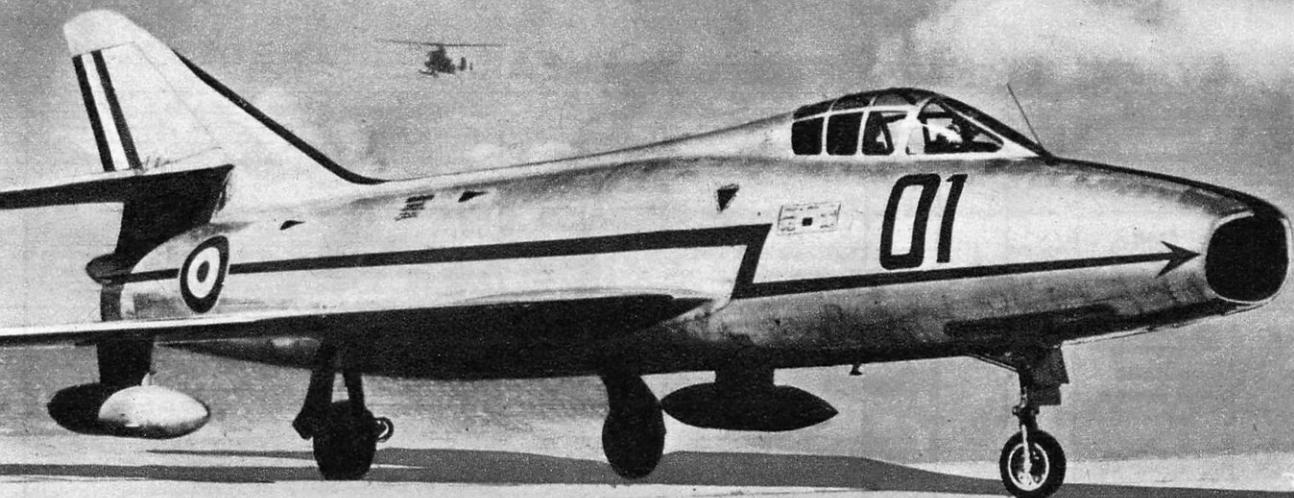


← MAX-HOLSTE BROUSSARD

Cet appareil de transport léger, passagers ou fret, a été spécialement conçu pour être utilisé dans des régions à infrastructure rudimentaire.

POTÉZ 75 →

Endurant et rustique, cet appareil paraît parfaitement adapté à ses missions de police et de défense terrestre. Blindé et doté d'un armement très efficace, il a été commandé en série par l'Etat.



rêt général, apportant sa contribution à la cohérence de la politique constructive de l'industrie française.

LES PROTOTYPES

Lorsqu'il s'agit d'avenir, il est impossible de dresser un bilan précis. La seule indication concrète ne peut se trouver que dans la liste des prototypes qui constituent la première étape vers des appareils plus évolués, dont certains pourront connaître demain la construction de série. Cette seule énumération donnera une juste idée de la vitalité de l'industrie française, dont certaines initiatives exclusives constituent pour elle des atouts incontestables dans la compétition internationale.

La première que nous évoquerons est l'application des moteurs-fusées conçus dans nos usines à la propulsion des intercepteurs. Après le S.O. 6020 Espadon, est venu le 9050 Tri-

dent. Le Dassault Mirage, puis le SE 212 Durandal ont confirmé les espoirs fondés sur cette formule. De conception voisine est le Nord 1500 Griffon, qui conjugue le turbo-réacteur avec le statoréacteur. Nous nous bornerons à rappeler ici le Leduc 022 dont les essais se poursuivent d'une manière satisfaisante.

Autre domaine d'avant-garde sur un plan tout différent, celui du décollage et de l'atterrissage sur très faible longueur, voire même verticalement. Ce problème retient l'attention des bureaux d'études du monde entier. La France a proposé toute une gamme de solutions dont certaines sont loin d'avoir dit leur dernier mot. Hurel-Dubois a démontré l'avantage de l'aile à grand allongement adaptée à un cargo moyen. Sud-Aviation a prouvé que l'intercepteur doté de patins n'avait que faire de pistes cimentées, avec le SE 5000 Barou-

SUITE PAGE 74



AVIONS ET HÉLICOPTÈRES FRANÇAIS

Constructeur Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids total (kg)	Moteurs	Puissance ou poussée au décollage	Vitesse (km/h)	Observations
ADAM RA-14 Loisirs	10,9	7	480	Tous modèles 40 à 65 ch p.e. Continental A 65 4 cyl. opposés horizontaux, refr. à air		140	Prévu pour être monté par les aéro-clubs ou les particuliers. Bi place léger côte à côte. Double commande. V. att. 50 km/h. Plafond 4 000 m. Auton. 450 km. Train fixe.
AUBERT 204 Super-Cigale	10	7,50	1 200	Lycoming	170 ch	260	Tourisme 4 places. Plafond 4 500 m. Auton. 1 600 km. Train fixe.
BOISAVIA B-60 Mercurey	11,38	7,10	1 000	Snecma 4 cyl. en ligne inversé, refr. à air	140 ch	235	Pour aéro-clubs et particuliers. 4 places. Train fixe. Peut recevoir mot. Continental 165 ch ou Lycoming 190 ch flat-four. Plafond 5 500 m. Auton. 1 100 km.
B-260 Anjou	12,85	7,10	1 869	2 Snecma 4 cyl. en ligne inversés, refr. à air	340 ch	250	Tourisme 4/5 places (version à 7 places à l'étude). Train tricycle escamotable. En présérie. Plafond 6 000 m. Auton. 1255 (2 000 km avec réservoirs en bout d'ailes).
BRÉGUET 763 Deux Ponts	42,99	28,95	51 600	4 Pratt et Whitney R 2800 18 cyl. en double couronne inj. d'eau au décollage	9 600 ch	400	Transport passagers ou fret. Equipage 3 hommes. Train tricycle escamotable. Pont supérieur 53 passagers classe touriste; pont inférieur 48 passagers 2 ^e classe ou fret. Auton. max. 4 000 km. Version transport militaire 765.
1001 Taon			4 090	1 Bristol Orpheus	2 200 kg		Chasseur tactique à réaction, type OTAN. Monoplace. Train tricycle escamotable. En essais.
1100				2 Turboméca Gabizo	2 200 kg		Chasseur tactique à réaction. Monoplace. En essais.
1050 Alizé	15,60	13,70		1 turboprop. Rolls-Royce Dart	1 950 ch		Triplace anti-sous-marins pour porte-avions. Train tricycle escamotable. En production. Bombes et engins.
940 Intégral			6 500	4 turboprop. Turboméca Turmo II	1 600 ch	400	Transport de fret. Avion convertible à voilure soufflée. Prototypé en construction. 4 hélices de grand diamètre soufflant sur toute l'envergure de l'aile donnent à l'arrêt une poussée ascensionnelle considérable; décollerait en 60 m, atterrirait en 40 m. Version militaire 941 avec rampe de chargement à l'arrière.
BROCHET M B 70	10,35	6,50		1 Salmson 9 cyl. refr. à air	45 ch		Prévu pour construction par les aéro-clubs et les particuliers. 2 places en tandem. Double commande. Train fixe. Modèle MB 71 avec Minié flat-four 75 ch; modèle MB 72 avec Continental flat-four de 65 ch. Modèle dérivé MB 80 à Minié flat-four 75 ch.
M B 100	10,66	6,50	780	1 Hirth 504, 4 cyl. en ligne inversé, refr. à air	91 ch	180	Triplace dérivé du MB 70. Plafond 3 500 m. Autonomie 600 km.
M B 110	11,06	7,68	1 300	1 Snecma 4 cyl. en ligne inversé, refr. à air	170 ch	240	Tourisme. Quadriplace. Train fixe. Autonomie 1 000 km.
M B 120	10,66	6,50	765	1 Continental C 90 flat-four	90 ch	195	Tourisme. Biplace.
C.A.B. GY-20 Minicab	8,14	5,45	485	1 Continental A 65 flat-four	65 ch	180	Tourisme. Biplace côte à côte. Train fixe. Plafond 4 000 m.
GY-30 Supercab	8,20	5,50	613	1 Continental C 90 flat-four	90 ch		Tourisme. Biplace côte à côte. Train escamotable. Plafond 5 000 m. Autonomie 1 200 km.
DASSAULT Mystère IV A	11,12	12,85	7 400	1 Hispano-Suiza Verdon	3 500 kg	1 120	Intercepteur ou avion d'attaque au sol à réaction. Commandé « off-shore » pour l'Armée de l'Air française, Israël et Inde. Monoplace. Aile en flèche. Siège éjectable. 2 canons 30 mm; 55 fusées, éventuellement bombes, napalm, fusées air-sol. Version dérivée Mystère IV B avec Snecma Atar 101 G à post-combustion, supersonique en vol horizontal.
Super-Mystère B-2				1 Snecma Atar 101 G avec post-combustion	4 400 kg	M I +	Intercepteur à réaction. Aile en flèche accentuée. 2 canons 30 mm. 35 fusées Matra.
Etendard II				2 Turboméca Gabizo	2 200 kg		Chasseur bombardier léger à réaction. Aile en flèche. 2 canons 30 mm. 3 prototypes pour l'Armée de l'Air. Version Etendard IV avec 1 Snecma Atar 101 E 3 de 3 500 kg de poussée.
Etendard VI				1 Bristol Orpheus	2 200 kg		Chasseur léger à réaction aux spécifications OTAN. Aile en flèche. 3 prototypes en essais. Version spéciale pour porte-avions avec 2 Dassault M D Viper.
M.D. 550 Mirage III				2 Dassault M.D. Viper + moteur-fusée SEPR		M. I, 5	Intercepteur léger à réaction. Aile en delta. Peut porter un engin téléguidé. En essais.
DRUINE D 50 Turbi	8,70	6,86	495	1 Beausier 4 cyl. inversé, refr. à air	45 ch	155	Pour construction d'amateur. Biplace en tandem. Peut être équipé du Continental A 65 flat-four de 65 ch ou du Walter Mikron 4 cyl. inversé. Train fixe. Atterrit à 55 km/h, décolle en 160 m. Autonomie 640 km. Construit en particulier par Payen.
D 31 Le Turbulent	6,55	5,30	260	Ardem 4 C 02	30 ch	145	Pour construction d'amateur. Monoplace. Train fixe. Autonomie 3,5 heures. Atterrit à 45 km/h. Décolle en 110 m.
D 61 Condor	8,38	6,80	500	1 Continental flat-four	65 ch	185	Tourisme. Biplace côte à côte. Train fixe. Plafond 3 500 m. Autonomie 850 km. Peut être équipé du Continental flat-four de 90 ch. Construit en particulier par Payen.
FANMAN Monitor IV	9,94	7,28	930	1 Blackburn Cirrus Bombardier 702, 4 cyl. en ligne inversé, refr. à air	180 ch	200	Biplace d'entraînement en tandem. Double commande. Autonomie max. 1 000 km. Version II et III avec différents moteurs. La version IV est fabriquée par Stampe et Renard en Belgique.

Constructeur Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids total (kg)	Moteurs	Puissance ou poussée au décollage	Vitesse (km/h)	Observations
PIEL CP. 30 Emerald	8,02	6,32	490	1 Continental A 65 flat-four	65 ch	180	Pour construction d'amateur. Biplace côte à côte. Double commande. Train fixe. Autonomie 750 km. Version 301 à moteur Continental 90 ch.
POTEZ 75	13,10	9,16	2 400	1 Potez 8 D-32 8 cyl. en V inversé, refr. à air	520 ch	275	Appui tactique. Biplace. Train fixe. Postes d'équipage blindés. 1 canon automatique, bombes et fusées, engins guidés. Autonomie 700 km à 1 400 km.
SIPA 1 000 Coccinelle	9	5,45	620	1 Continental flat-four C 90	90 ch	200	Biplace côte à côte léger. Train tricycle fixe. Décolle en 80 m. Atterrit à 50 km/h. Autonomie 700 km.
300	8,02	6,71	920	1 Turboméca Palas	160 kg	360	Biplace-école à réaction. Train tricycle escamotable. Sièges en tandem. Double commande. Plafond 5 050 m.
200 Minijet	8	5,12	779	1 Turboméca Palas	160 ch	400	Liaison et entraînement à réaction. Biplace côte à côte, double commande. Train tricycle escamotable. Plafond 8 000. Autonomie 550 km.
1 100 SUD-AVIATION (ex Ouest-Aviation) 9 050 Trident II	6,90	13,00	5 150	2 Turboméca Gabizo + moteur-fusée SEPR	2 200 kg 3 000 kg	M. 2	Intercepteur léger monoplace à réaction. Train tricycle escamotable. Armement : engins air-air Matra. Dérive du Trident I avec Dassault MD 30 Viper. Peut monter à 15 000 m en 2,5 mn. En essais.
4050 Vautour	15	15	15 000 à 20 000	2 Snecma Atar 101 E-3	7 000 kg	1 100	Chasseur tous temps. Bombardier tactique et stratégique à réaction. Aile en flèche 1 ou 2 places en tandem, sièges éjectables. Train monorace éclipseable. Plafond 15 000 m. Autonomie 2 500 km. Armement suivant mission : 4 canons 30 mm, 240 fusées ou 10 bombes, engins, etc. Dérivé du Vautour, aile en forte flèche. En construction.
4060 Super-Vautour				2 Snecma Atar à post-combustion			
1310 Farfadet	diamètre du rotor 11,2 m			1 Turboméca Arrius II (pour le rotor) 1 Turboméca Artouste II.	360 ch 260 ch	240	Avion convertible. Aile fixe de 6,3 m d'envergure. Train tricycle. Rotor à 3 pales avec éjection d'air comprimé en bout de pale avec combustion. Autonomie 400 km.
1221 Djinn	diamètre du rotor 11 m		700	1 Turboméca Palouste	240 ch	128	Hélicoptère bi-triplace. Rotor bipale entraîné par réaction d'air comprimé éjecté en bout de pale (sans combustion). Autonomie 200 km à 100 km/h. Missions multiples. Détient le record d'altitude avec 8 458 m.
SUD-AVIATION (ex Sud-Est-Aviation) SE 210 Caravelle	34,30	32,01	43 000	2 Rolls-Royce Avon RA-29	10 000 kg	800	Moyen courrier à réaction. Train tricycle escamotable. 64/80 passagers. Cabine pressurisée. Plafond 12 000 m. Autonomie 3 200/2 300 km.
Aiglon	13,07	11,14		1 De Havilland Ghost	2 200 kg	960	Chasseur de l'Aéronavale. Version française du De Havilland Sea Venom. Ailes repliables. Plafond 15 000 m. Armement 4 canons de 20 mm, 8 fusées.
SE 5 000 Baroudeur	10	13,49	5 930	1 Snecma Atar 101 D-3	2 800 kg	1 080	Avion tactique léger à réaction. Aile en flèche. Décollage sur chariot tricycle propulsé par fusées, atterrissage sur patins escamotables. Peut opérer à partir de pistes de moins de 700 m. Siège éjectable. En essais.
SE 212 Durandal				1 Snecma Atar 101 G avec postcombustion + moteur fusée SEPR			Intercepteur léger, monoplace, aile en delta. Train escamotable. Largement supersonique. En essais.
X 116 Fonceur				2 moteurs à pistons ou 2 turbopropulseurs			Appui tactique. En construction.
SE 3130 Alouette II	diamètre du rotor 10,2 m		1 500	1 turbine à gaz Turboméca Artouste II	400 ch	175	Hélicoptère tous usages. 5 places. En service dans l'Armée de l'Air française. Rotor à 3 pales. Autonomie 3 h 15 mn. A détenu le record d'altitude avec 8 229 m.
SE 3200 Super-Alouette				3 turbines Turboméca			Hélicoptère à l'étude pour 18/20 passagers. Monorotor. En construction.

deur qui se satisfait de terrains rudimentaires, voire même de plages. Enfin et surtout Breguet, avec le principe de l'aile soufflée, adoptée sur le 940 Intégral, semble avoir trouvé la solution intermédiaire entre l'avion et l'hélicoptère dont elle conjugue les propriétés. Il faut, bien entendu, citer encore l'« Atar volant ».

Aux appareils que nous venons de mentionner, il faut ajouter, parmi les prototypes en essais ou en construction, les Dassault Etendard II, IV et VI, et Breguet 1001 et 1100, intercepteurs à réaction supersoniques, le S.O. 4060 Super Vautour, biréacteur supersonique,

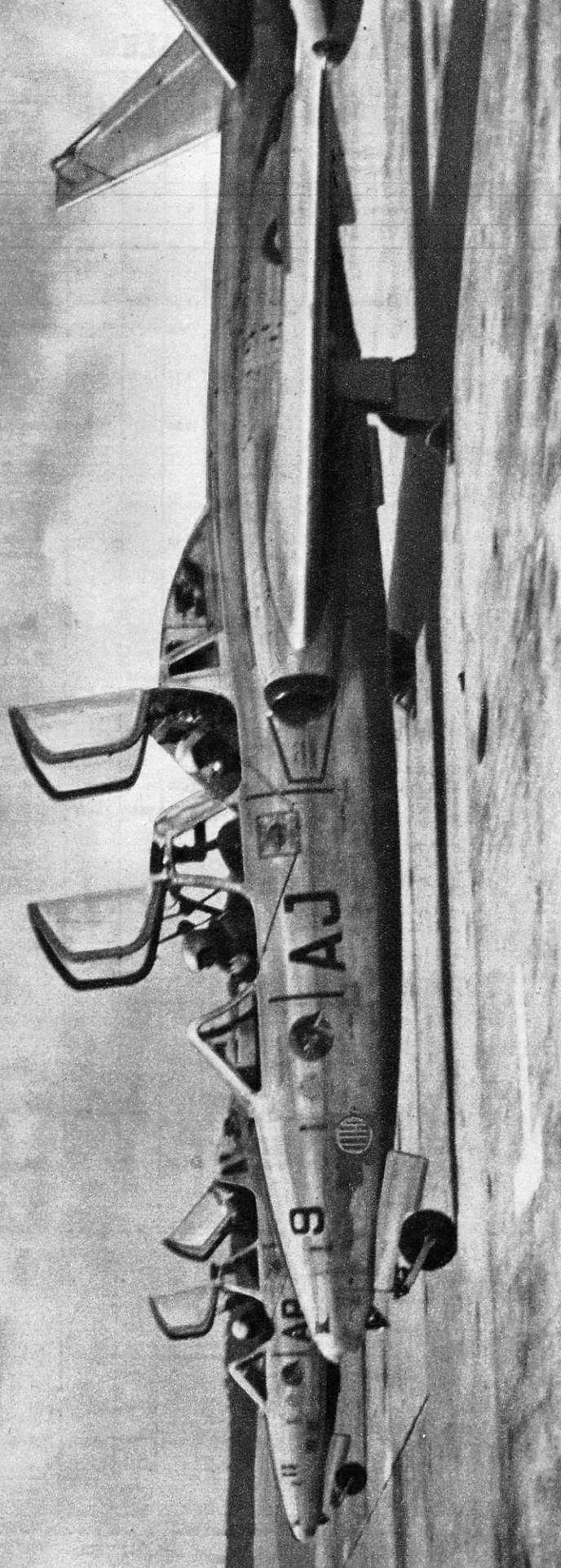
les Sipa 1100, S.E. Fonceur et Morane-Saulnier 1500 d'appui au sol, le Max Holste Super-Broussard, bimoteur de transport léger, le Boisavia Anjou, bimoteur de grand tourisme, et l'hélicoptère S.E. Super-Alouette.

Sans doute est-il toujours chimérique de préjuger de l'avenir, mais le moins que l'on puisse dire est qu'il se présente sous des auspices favorables pour le développement de l'industrie aéronautique française. Occupant le quatrième rang dans le monde, elle semble décidée à affirmer sa valeur.

JACQUES NOETINGER

Le Fouga Magister

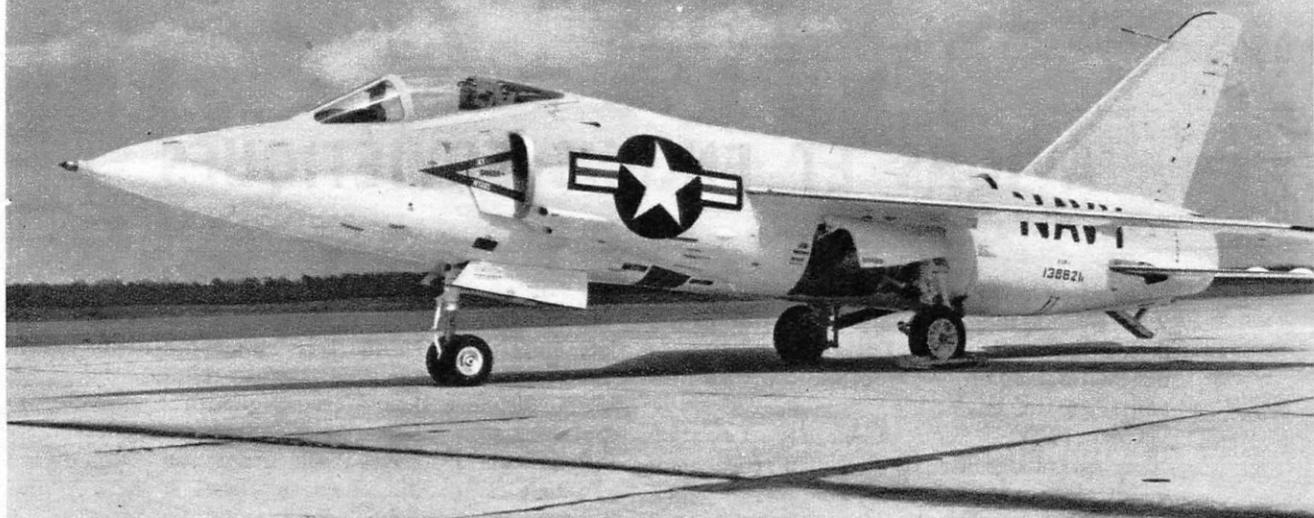
Biplane en tandem propulsé par 2 réacteurs Turboméca Marboré II de 480 kg de poussée chacun qui lui donnent une vitesse maximum de 720 km/h. Commandé en grande série par l'Armée de l'Air française, il doit aussi équiper la Luftwaffe de l'Allemagne Fédérale et des pourparlers sont en cours avec d'autres pays. Très agréable et très simple à piloter, c'est à lui que fut confiée la mission de former les premiers élèves pilotes cent pour cent "jet". L'enthousiasme de ceux-ci fut tel qu'il est question d'appliquer la méthode à toute une promotion de l'École de l'Air.



AVIATION NAVALE

Constructeur	Type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids total (kg)	Moteurs (puissance ou poussée au décollage)	Vitesse max (km/h)	Autonomie (km)	Plafond (m)	Equipage	Observations
ÉTATS-UNIS										
CHANCE-VOUGHT	F 8 U-1 Crusader				1 Pratt et Whitney J 57 avec post-combustion 4 536 kg	1 650			1	Chasseur à réaction pour porte-avions. Aile en flèche. En service.
CONVAIR	X F2 Y-1 Sea Dart	9,3	12,5		2 Westinghouse J 46 : 2 725 kg				1	Chasseur à réaction. Aile en delta. Amerrissage sur skis. Prototype.
	R 3Y-2 Tradewind	43,40	39,57	72 500	4 Allison T 40 : 22 000 ch	600			6	Transport à turbopropulseurs. En service.
	R 4Y-1	31,80	23,90	21 200	2 Pratt et Whitney R 2 800 : 5 000 ch				3	Bimoteur de transport
DOUGLAS	AD-6 Skyraider	15,24	11,88	8 600	1 Wright R 3350 : 2 700 ch	585	2 400	7 700	1/3	Attaque. En service.
	A3 D Skywarrior	22,10	22,40	31 750	2 Pratt et Whitney J 57 : 9 072 kg	1 100		13 500	3	Attaque. Bifacteur à aile en flèche pour porte-avions. Peut emporter une bombe atomique. En production.
	A4 D Skyhawk	8,37	11,90	6 800	1 Wright J 65 : 3 266 kg	1200+			1	Attaque. Aile en delta. Pour porte-avions. Le plus petit porteur de bombe atomique. En production.
	F4 D Skyray	10,20	13,51	11 340	1 Pratt et Whitney J 57 : 4 536 kg	M1 +		12 000 +	1	Intercepteur à réaction pour porte-avions. Aile en delta. En service.
	F5 D Skylancer				1 Pratt et Whitney J 57	M1 +			1	Intercepteur à réaction pour porte-avions. Ailes en delta. Prototypes.
GRUMMAN	F9 F-8 Cougar	10,50	12,70	9 050	1 Pratt et Whitney J 48 : 3 265 kg	1 100			1	Chasseur à réaction pour porte-avions. Aile en flèche. Siège éjectable. En production.
	F11 F-1 Tiger	9,40	12,50	6 250	1 Wright J 65 avec post-combustion					Chasseur à réaction pour porte-avions. Supersonique en vol horizontal. Aile en flèche. Siège éjectable. En production. Version F11 F-1 F avec General Electric J 79 à post-combustion, vitesse 2000 km/h.
	S2 F Tracker	21,23	12,87		2 Wright R 1820 : 3 050 ch				4	Anti-sous-marins pour porte-avions. Armement : torpilles, charges anti-sous-marines, fusées. En production.
	TF-1 Trader	21,23	12,70		2 Wright R 1820 : 3 050 ch				2	Transport mixte dérivé du S2 F.
	SA-16 B Albatross	29,40	18,60	15 900	2 Wright R 1820 : 3 050 ch				6	Sauvetage. Amphibie. En production.
LOCKHEED	P2 V-7 Neptune	31,40	27,90	34 250	2 Wright Turbo-compound : 7 000 ch + 2 Westinghouse J 34 : 3 080 kg	480		6 000		Anti-sous-marins. Armement : 6/8 canons de 20 mm, mitrailleuses, bombes, fusées, charges anti-sous-marines. En service.
MARTIN	P5 M-2 Marlin	36,00	30,17	33 200	2 Wright-Turbo-compound : 6 800 ch	400			7	Hydravion anti-sous-marins. En service.
	P6 M-2 Sea-Master	30,48	40,84	13 600	4 Allison J 71 : 18 144 kg	960 +		12 000 +	5	Hydravion quadrifacteur à aile en flèche. Missions multiples : anti-sous-marins, reconnaissance photographique, mouilleur de mines. En service.
MCDONNELL	F3H-2 N Demon	10,78	18,00		1 Allison J 71 : 4 310 kg				1	Chasseur tous temps à réaction pour porte-avions. Aile en flèche. Siège éjectable. Engins air-air Sidewinder. En service. Version F3 H-2 M, chasseur de jour avec engins Sparrow.
	F4 H-1 Fury	11,90	11,42	8 618	2 General Electric J 79 : 3 538 kg	M 2	1 600	13 700	1	Chasseur tous temps. En étude.
NORTH AMERICAN	FJ-4 Fury				1 Wright J 65 : 3 538 kg	1 110	1 600	13 700	1	Chasseur à réaction pour porte-avions dérivé du F 86 Sabre. Aile en flèche. Siège éjectable. En service. Version poussée FJ-4 B, chasseur-bombardier, peut emporter une bombe atomique.
	A3 J				2 General Electric J 79				2	Avion d'attaque pour porte-avions. Largement supersonique. En étude.
STROUKOFF	KC-123 D	33,52	23,25	25 000	2 Pratt et Whitney R2800 : 5 000 ch.	470			2	Transport d'assaut. Version navale du Fairchild C-123 avec amerrissage sur skis.
GRANDE-BRETAGNE										
ARMSTRONG-WHITWORTH	Sea-Hawk	11,90	12,10		1 Rolls-Royce Nene : 2 400 kg				1	Chasseur à réaction. Siège éjectable. Existe en version chasseur-bombardier. En service.
AVRO	Shackleton	36,6	23,6		4 Rolls-Royce Griffon : 10 000 ch				10	Quadrimoteur de reconnaissance. En service.
DE HAVILLAND	DH-110	15,54	15,90	13 600	2 Rolls-Royce Avon				2	Chasseur tous temps pour porte-avions. Aile en flèche. En production.
FAIREY	Gannet	16,36	13,11	8 100	1 Armstrong-Siddeley Double Mamba : 3 035 ch	450			3	Appareil à turbopropulseur. Anti-sous-marins : Armement : torpilles, mines, charges anti-sous-marines. En service.
SHORT	Seamew	16,76	12,5	6 540	1 Armstrong-Siddeley Mamba : 1 770 ch	420	1 500		2	Appareil à turbopropulseur pour porte-avions. Anti-sous-marins. Bombes, charges anti-sous-marines. En service.
VICKERS	N-113	11,35	16,90		2 Rolls-Royce Avon				1	Chasseur à réaction pour porte-avions. Aile en flèche. Peut transporter une bombe atomique. En production.
CANADA										
Canadian Carand Foundry	Canadair CL 28 Argus	43,38	39,25	68 100	4 Wright Turbo-compound	320	6 400	6 000	15	Anti-sous-marins et reconnaissance. Dérivé du Britannia sans turbopropulseurs.

VOIR AUSSI LES RÉALISATIONS FRANÇAISES, PAGE 72.



GRUMMAN TIGER

Chasseur léger pour porte-avions, supersonique en vol horizontal, actuellement en production de série. Une version à réacteur J 79 atteindrait 2 000 km/h.



GRUMMAN COUGAR

Egalement fabriqué en série, ce chasseur pour porte-avions, plus lourd que le précédent, est aussi armé de 4 canons de 20 mm et d'engins air-air ou air-sol.

SHORT SEAMEW

Destiné à opérer à partir de porte-avions d'escorte, ce biplace anti-sous-marins léger est à ailes repliables et à train fixe. Il est équipé d'un radar panoramique et emporte des charges sous-marines et des bouées qui servent à la détection sonique.



AVIONS ET ENGIN SOWIÉTIQUES

AUTANT qu'on peut le savoir, l'aviation soviétique a fait dans les trois domaines de l'aviation civile, de l'aviation militaire et des engins, des progrès que beaucoup d'autres pourraient lui envier.

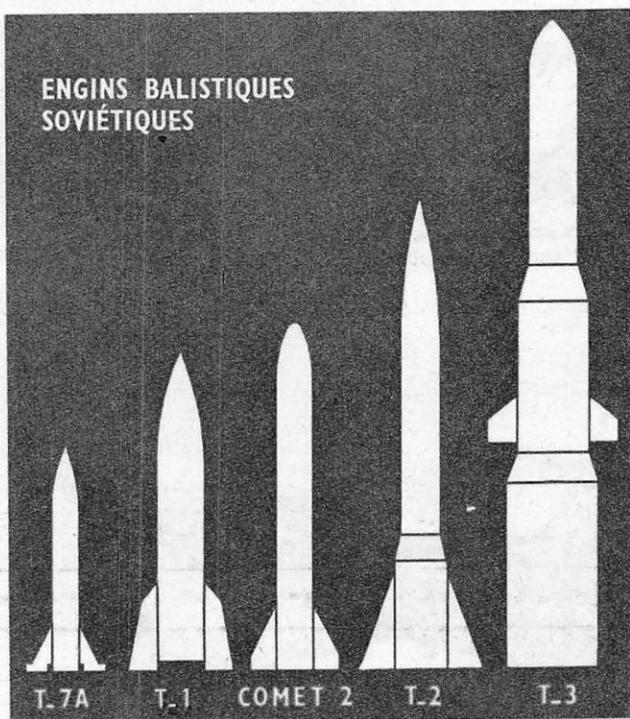
C'est probablement en matière d'aviation civile que, l'aiguillon de la concurrence manquant, les progrès sont les moins marqués. L'U.R.S.S., cependant, n'en présentait pas moins sur l'aéroport de Londres, en mars 1956, le premier biréacteur en service; l'annonce de la mise en chantier d'un avion géant à turbopropulseurs classe également l'aviation civile soviétique au premier rang dans une formule parfaitement défendable par son économie et qui n'a pas encore trouvé d'imitateurs à l'Occident.

Le bombardement stratégique est représenté par deux appareils Toupolev qui ont reçu la désignation OTAN de « Bison » et de « Bear ». Le premier est un quadriréacteur qu'on suppose de performances intermédiaires entre celles des quadriréacteurs britanniques « Vulcan » et « Victor » et celles des « Stratofortresses » américaines à huit réacteurs;

on sait, en effet, que les réacteurs soviétiques ont atteint, depuis plusieurs années, une poussée unitaire qui permet d'en monter un moins grand nombre pour le même résultat. Le deuxième, le « Bear » est un quadriturbopropulseur dont chaque moteur actionne des hélices contrarotatives; son très grand rayon d'action est certain, mais sa vitesse modérée l'expose évidemment, comme tous les appareils de cette formule, à de très grands risques au cours d'un combat avec des intercepteurs.

La chasse soviétique a fait depuis l'époque du Mig-15 des progrès considérables. Le « Fresco » (Mig-17) et le « Farmer » (Mig-19), suivant la désignation de l'OTAN, suivis d'un Mig-21 (?) qui est apparu en 1956 à Touthino, complètent les monoréacteurs. Un biréacteur voisin du « Vautour » français, le « Flashlight » (Yak-25) est en service pour la chasse tous temps.

Mais si ces chasseurs et bombardiers suivront certainement le sort des appareils occidentaux similaires, déclassés par les engins guidés défensifs, c'est dans le domaine de l'engin balistique offensif à grande portée, de parade encore inconnue, que l'avance soviétique est indiscutable. Les premières trajectoires d'engins à 1 000-1 500 km de portée ont été décelées dans l'Arctique et en Ukraine pendant l'été 1955; plus de 50 avaient été repérées au printemps 1957, alors qu'aucun engin américain de portée comparable n'avait encore été tiré. On conçoit que l'U.R.S.S. ait pu être le premier pays, en avril 1957, à créer une « armée des engins » aux côtés des armées de terre, de mer et de l'air.



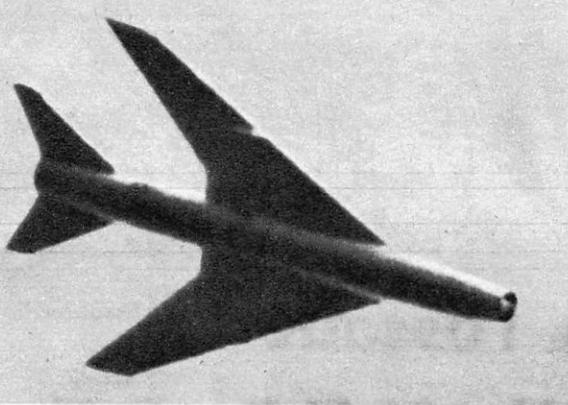
T-7A. Engin à courte portée (50-100 km). Poids 4 t. Charge d'explosif chimique ou nucléaire. Propulsion par poudre. En service.

T-1. Développement de la V-2. Portée 650 km. Propulsion par oxygène liquide et kérosène. En service.

Comet 2. Engin pour sous-marins. Portée 1 000 km. Propulsion par poudre. Actuellement en production.

T-2. Engin à portée intermédiaire (2 500 km). Deux étages dont le second est le T-1. Poids 80 t. En production et en essai de recette.

T-3. Engin intercontinental (8 000 km). Deux ou trois étages utilisant le T-1 et T-2. Poids 150 t. En construction pour essais.



MIG-21

L'intercepteur qualifié de Mig-21 a été présenté pour la première fois à deux exemplaires à Touthino en 1956. Il paraît être le développement du Mig-19, présenté en formation de 48 l'année précédente. On attribue aussi bien au Mig-19 qu'au Mig-21 une voilure en flèche de 45° et une vitesse de Mach 1,15.

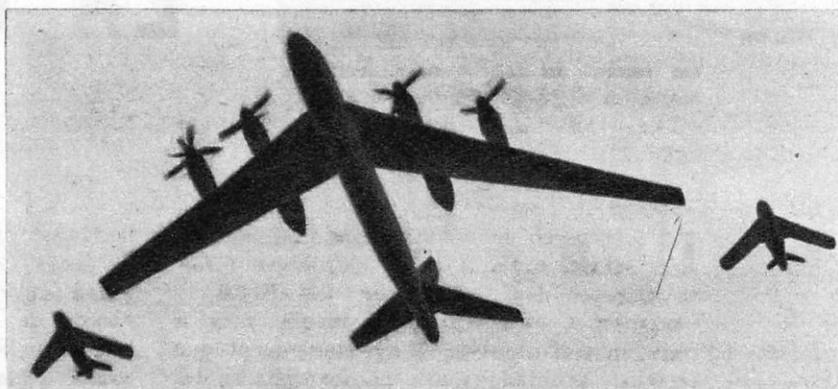


BISON

Le « Bison » du constructeur Toupolev est un quadriréacteur auquel on attribue, d'après son envergure (52 m) et la flèche de sa voilure, une vitesse d'environ 950 km/h exigeant des réacteurs d'une poussée voisine de 9 000 kg. Les réacteurs, serrés contre le fuselage, sont à l'intérieur de l'aile.

BEAR

Le « Bear », du constructeur Toupolev, est le plus grand des bombardiers stratégiques de l'U.R.S.S. il a été présenté en juillet 1955. Son envergure est de 58 m (contre 56,4 m à la « Stratofortress » américaine). Il est équipé de quatre turbopropulseurs à hélices contrarotatives, lui assurant un rayon d'action plus élevé que celui du « Bison ».



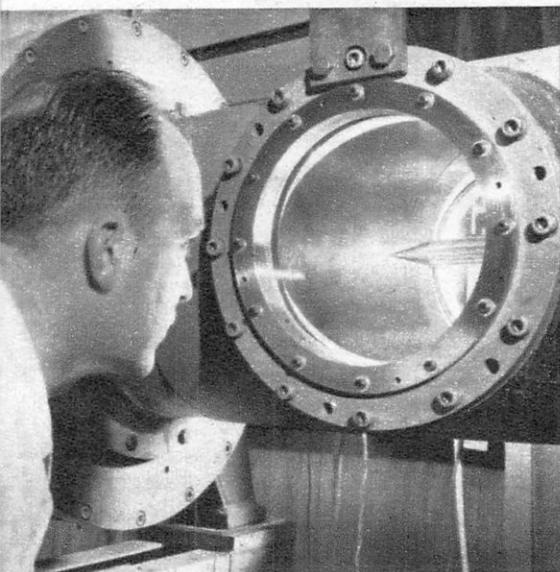
FLASHLIGHT

Le Yak-25 (désignation OTAN « Flashlight ») est l'intercepteur tous-temps soviétique présenté en 1956 à Touthino. C'est un biréacteur, avec fuseaux-moteurs collés à l'intrados de la voilure, à la manière du S.O. Vautour. Le Flashlight existe en un certain nombre de versions, en particulier avec, à l'avant, un radar d'exploration abrité sous un « radome ».

TU-104

Le Toupolev Tu-104 (désignation OTAN « Camel ») est la version de transport du bombardier biréacteur Tu-16 « Badger ». Présenté à Touthino en 1955, il est aujourd'hui en service sur les lignes de l'Aeroflot. Il est équipé de deux réacteurs M-209 de 6 750 kg de poussée. Vitesse de croisière 800 km/h. Ses aménagements sont prévus pour 50-80 passagers.





Un tunnel du NACA pour essais de maquettes à 17 500 km/h et 8 500° C.

A l'assaut DU MUR DE LA CHALEUR

UN corps en mouvement dans l'atmosphère se réchauffe-t-il ou se refroidit-il ? On en discutait déjà bien avant les débuts de l'aviation. Galilée n'avait eu aucune peine à convaincre d'erreur ceux qui soutenaient que certaines peuplades cuisaient des œufs en les faisant tourner assez vite à l'aide d'une fronde. Le thermomètre-fronde, employé quelquefois par les météorologistes lorsqu'ils ne peuvent mettre leurs instruments à l'abri du soleil, confirme ce point de vue.

Cependant l'échauffement est indéniable dans d'autres cas. L'observation des aéroolithes, dont la surface est fondue lorsqu'ils pénètrent à grande vitesse dans les basses couches de l'atmosphère, en fournit une preuve suffisante.

A la lumière des théories modernes, et de l'expérience qui les confirme, il n'est pas très difficile de concevoir que la vitesse peut aussi bien « souffler le chaud et le froid ».

C'est paradoxalement aux faibles vitesses du domaine subsonique, c'est-à-dire aux vitesses inférieures à la vitesse du son, que le problème est le plus complexe.

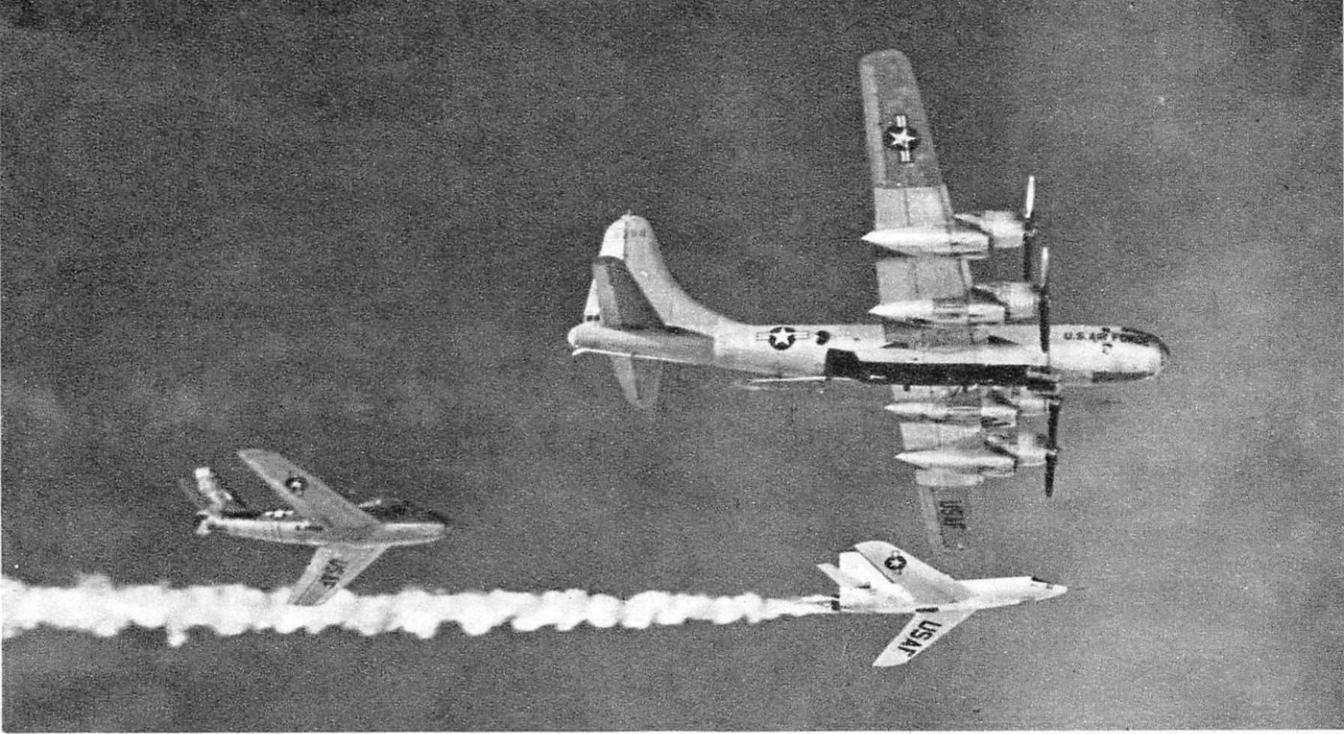
Les lois de la thermodynamique indiquent, en effet, qu'au voisinage d'un corps plongé dans un courant fluide, la température ne peut être uniforme. Là où l'obstacle ralentit le fluide, il y a compression et donc échauffement ; à une certaine distance, au contraire, là où se produisent des survitesses, il y a détente et donc refroidissement. Mais il existe au voisinage immédiat du corps, une mince pellicule fluide appelée « couche limite », où

la vitesse des molécules est nulle au contact du corps ; lorsqu'on s'éloigne de la paroi, la vitesse croît rapidement jusqu'à une valeur voisine de la vitesse de l'écoulement. Dans cette couche limite, les forces de viscosité jouent pleinement : le frottement engendre de la chaleur et il y a toujours échauffement. Ces influences peuvent en certains points jouer en sens contraire et la paroi peut être soit échauffée, soit refroidie par l'air ambiant.

Dans le domaine supersonique, le seul qui intéresse la « barrière thermique », il en va autrement. Les dépressions perdent de leur importance relative et le frottement dans la couche limite l'emporte sur les autres phénomènes, au point qu'il est le seul dont on ait à tenir compte. A l'avant du corps, au « point d'arrêt » où la vitesse de l'air qui le frappe s'annule et où son énergie cinétique se transforme en chaleur, on trouve que l'échauffement est proportionnel au carré du nombre de Mach et à la température absolue (température évaluée à partir du zéro absolu en degrés Kelvin, c'est-à-dire température centésimale

Les essais du Bell X 2

Pour ces essais, le Bell X 2 a été largué d'une « Superforteresse » parvenue à son plafond. C'est ainsi, en évitant de consommer son carburant dans les basses couches de l'atmosphère, que cet appareil a pu dépasser Mach 3 et une altitude de 38 000 m.



Vitesse	Échauffement au point d'arrêt	Température de paroi
Mach 0	0°	- 56°,5
— 1	43°	- 13°
— 2	173°	117°
— 3	390°	334°
— 5	1 082°	1 026°
— 10	4 330°	4 274°
— 20	17 320°	17 264°

Echauffement et température de paroi dans la stratosphère pour des nombres de Mach croissants.

augmentée de 273). Sur le reste du corps, l'échauffement est légèrement inférieur et varie suivant l'emplacement et la nature de la surface ; on admet généralement qu'il ne dépasse pas les neuf dixièmes de l'échauffement au « point d'arrêt ».

Cet échauffement qui se manifeste au sol dès la vitesse transsonique, n'est guère gênant pour la cellule d'un avion. Mais il faut y remédier pour le personnel : par exemple, à Mach 1 (1 125 km/h dans l'air à 15° C), la température atteindrait 57° 5 C, avec un maximum au « point d'arrêt » de 72° 5 C.

L'échauffement hypersonique

Le problème se complique aux vitesses hypersoniques, que l'on conviendra de qualifier ainsi dès Mach 5.

Même si l'on atteignait ces vitesses dans la basse atmosphère où la composition de l'air est sensiblement la même qu'au voisinage du sol, les réactions physico-chimiques aux températures provoquées par la vitesse modifieraient beaucoup l'échauffement dans un sens favorable. Dès Mach 7, l'oxygène et l'azote se combinent dans des réactions « endothermiques » (qui absorbent de la chaleur) pour produire divers composés nitrés. A partir de Mach 10, la température est suffisante pour qu'une partie de l'oxygène abandonne son état moléculaire O₂ pour prendre la forme atomique, toujours par une réaction endothermique. Il en est de même de l'azote à partir de Mach 16. La chaleur absorbée par ces réactions diminue d'autant celle qui apparaît dans la couche limite, dont la température est alors inférieure à celle indiquée dans le tableau ci-dessus, où l'on suppose que l'échauffement croît avec le carré du nombre de Mach.

Des phénomènes d'ionisation viennent en-

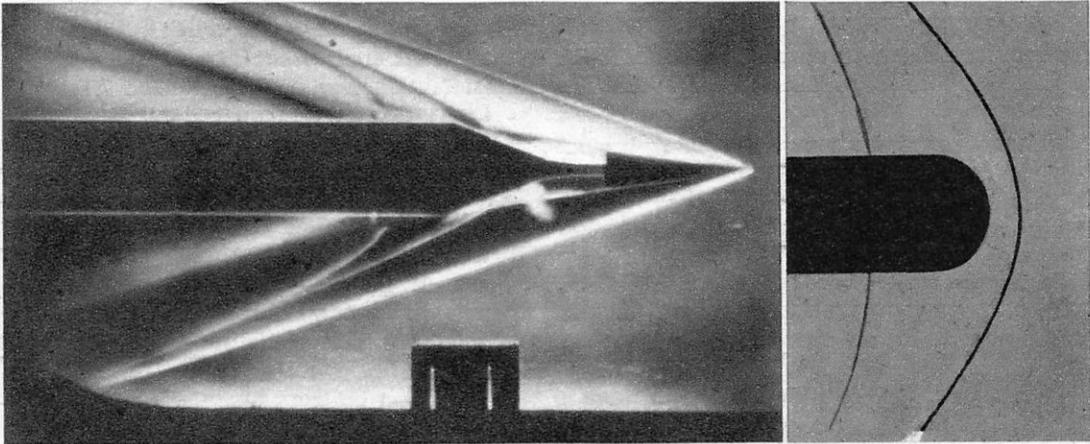
core compliquer la question. Aux températures atteintes, l'oxygène et les composés nitrés formés s'ionisent, c'est-à-dire perdent une partie de leurs électrons ; c'est en particulier ce flot d'électrons abandonnés derrière l'engin qui, rendant l'onde de choc et le sillage conducteurs, permet de détecter l'engin au radar, même à très grande distance. Ce phénomène a été étudié sur les aérolithes, et c'est grâce à lui que les engins balistiques soviétiques à grande portée ont été détectés.

Mais l'ionisation ne limite pas ses effets à la conductivité électrique et à la réflexion des ondes électromagnétiques. La viscosité, la conductivité thermique dans la couche limite et tous les aspects de l'aérodynamique supersonique en sont perturbés.

La haute atmosphère, dans laquelle se déplaceront le plus souvent les projectiles hypersoniques, introduit d'autres complications. Sa composition s'éloigne beaucoup de celle de la troposphère et de la stratosphère. La chaleur n'est pas indispensable pour la formation des produits variés, oxygène et azote atomiques, composés nitrés plus ou moins ionisés ; les radiations solaires et cosmiques donnent le même résultat. L'oxygène atomique est en particulier assez abondant pour que le centre de recherches de Cambridge de l'aviation américaine ait pu produire, au printemps 1956, des « clairs de lune » artificiels dans l'ionosphère. Le procédé consistait à y expédier, par fusée, des récipients pleins d'un catalyseur (peroxyde d'azote) qui provoquait la recombinaison de l'oxygène atomique sous forme d'oxygène moléculaire avec grand dégagement de chaleur.

Enfin, les densités extrêmement faibles des gaz rencontrés agissent d'une autre manière. Sur une grande partie des trajectoires parcourues à Mach 15, 20 ou 25, les molécules sont assez distantes les unes des autres pour que leur « libre parcours moyen » (avant la rencontre d'une autre molécule) soit du même ordre que les dimensions du corps. Les lois de l'écoulement deviennent alors très différentes.

Tous ces phénomènes font actuellement l'objet d'études dans de nombreux pays ; les gouvernements, qui les subventionnent, en tiennent les conclusions secrètes dans la mesure où ils jugent qu'elles intéressent leur défense nationale. On sait cependant, en grande partie par la publication des universités américaines assez riches pour entreprendre des recherches indépendantes, que le facteur principal, la production de réactions endothermiques, abaisse fortement l'échauffement calculé suivant les formules du domaine supersonique ; il serait ramené à 3 000° C vers Mach 10, 5 000° vers Mach 15, 7 000° vers Mach 20.



Ondes de choc observées autour d'une tête hémisphérique à Mach 1,6 (à droite) et autour d'un cône de 10 degrés d'angle au sommet et de son support au cours d'un essai en soufflerie vers Mach 5 (à gauche).

Comment réduire l'échauffement

Toutes ces températures se rapportent aux molécules de fluide en contact avec la paroi. Ce seraient celles que prendrait instantanément une paroi « athermane », c'est-à-dire une paroi infiniment mince posée sur un isolant. Cette extrême minceur s'oppose, en effet, à tout échange thermique dans les deux autres dimensions. La paroi réelle, dotée d'une certaine épaisseur, diffère heureusement de la paroi athermane et peut subsister sans dégâts majeurs au contact d'un fluide à plusieurs centaines ou milliers de degrés.

L'effet néfaste de la minceur est certain et s'oppose dans nombre de cas aux exigences de l'aérodynamique supersonique et hypersonique. Dès Mach 2, en vue de réduire la traînée, on trouve un grand intérêt à donner aux voilures et aux empennages des profils « en lame de couteau » et aux fuselages des pointes coniques d'angle au sommet faible. L'aile du Lockheed « Starfighter » est si coupante qu'on est obligé de la recouvrir d'un fourreau de feutre lorsque l'appareil est au sol, non seulement pour en conserver le tranchant, mais aussi pour préserver des blessures le personnel d'entretien. Si les profils de ce genre résistent thermiquement fort bien jusque vers Mach 3, les difficultés commencent entre Mach 4 et 5 pour les alliages extra-légers et légers d'abord, pour les aciers inoxydables ensuite. Un arrondi est indispensable pour l'évacuation de la chaleur par un volume de métal en rapport avec la surface de paroi. Au surplus, si l'arrondi n'est pas prévu à l'usinage, il s'exécute souvent de lui-même par fusion ou volatilisation; la pointe ou le tranchant, émoussés, peuvent se maintenir ensuite après disparition de l'extrémité conique ou en lame de couteau.

La durée de vol est un deuxième facteur dont on peut jouer pour réduire l'échauffement à une valeur admissible. Aux vitesses qu'atteignent aujourd'hui les engins et qu'atteindront demain les avions, le problème de la résistance à l'échauffement est insoluble en régime permanent. Mais dans bien des cas sa solution sera obtenue aisément si l'on consent à réduire la durée de vol dans la mesure où l'on augmente la vitesse, en jouant sur le délai dont la paroi a besoin pour atteindre le régime d'équilibre. C'est une des supériorités du moteur-fusée, en dehors de son fonctionnement aux altitudes où les autres moteurs ne trouveraient pas l'air qui leur est indispensable, que de donner les poussées et les accélérations élevées qui permettent d'atteindre les vitesses supersoniques et hypersoniques en des temps assez courts pour que l'échauffement reste acceptable. Si donc l'avion piloté à Mach 3 marque pour le moment une limite difficilement franchissable en régime permanent, il pourra pousser sans danger des pointes passagères vers Mach 3,5 ou 4. Les engins, pour lesquels on se contentera fréquemment de durées de fonctionnement de quelques dizaines de secondes, pourront atteindre des vitesses encore supérieures.

Si l'épaisseur des parois relève la limite de résistance aux contraintes thermiques en retardant l'équilibre des températures entre la couche limite et le corps initialement froid, un autre moyen, au moins aussi efficace, permet d'accroître ce retard. Il suffit de réduire la densité du fluide, donc la quantité de chaleur que le frottement à grande vitesse dégage au contact du corps. Le relèvement d'altitude est, aussi bien pour les avions que pour les engins, le moyen le plus efficace de pénétration profonde dans la barrière thermique. En décembre 1956, Douglas diffusait une confé-

rence d'un de ses ingénieurs où celui-ci voyait l'avenir de l'aviation très au-delà des Mach 3 à 3,5 que l'on a coutume de leur assigner comme limite, mais à condition d'accepter des altitudes de navigation de l'ordre de 120 km : dans un milieu à aussi faible densité, on pourrait, assurait-il, voler à Mach 5 tout le temps nécessaire pour exécuter une mission militaire ou de transport.

Ainsi, la vitesse que peuvent atteindre en sécurité un avion ou un engin ne dépend pas seulement de la résistance à la chaleur des matériaux employés à leur construction. D'autres facteurs, souvent plus importants, sont : le détail des formes ou le tonnage, dont l'accroissement augmente le rapport du volume qui absorbe la chaleur à la surface qui la produit ; la durée du vol, dont le raccourcissement éloigne de l'état d'équilibre thermique ; l'altitude de navigation dont le relèvement réduit l'intensité des échanges. L'emploi combiné de ces ressources permettra d'atteindre les vitesses voisines de Mach 25 et les « températures d'arrêt » de quelque 10 000° avec des matériaux résistant mal à 1 000°.

Le départ et la rentrée dans l'atmosphère

Pour les engins balistiques, qui sont les seuls à atteindre de telles vitesses, les conditions du vol au départ et à la rentrée dans l'atmosphère sont entièrement différentes.

Dans la branche ascendante, tout au moins tant que le moteur est en fonctionnement, l'engin prend de la vitesse en même temps que la densité de l'air diminue ; dans la branche descendante, l'augmentation de vitesse s'accompagne d'une augmentation de densité. Ce raisonnement montre qu'il n'y a guère de risque au départ ; c'est à la rentrée dans l'atmosphère que les températures dangereuses peuvent être atteintes.

L'étude des dispositifs les plus convenables fait l'objet d'essais multiples et c'est pour déterminer les solutions préférables, en particulier pour les têtes thermonucléaires d'engins balistiques, qu'a été établie la fusée Lockheed X-17 à trois étages (voir page 121).

On pourrait rattacher aux mêmes difficultés l'accident du Bell X-2 qui, l'an dernier, s'écrasa au sol avec son pilote en redescendant, après avoir battu simultanément les records d'altitude et de vitesse. L'explication est probablement incomplète et les difficultés de stabilité et de contrôle de l'appareil sont à incriminer au moins autant que celle de la rentrée dans l'atmosphère. La densité aux altitudes atteintes par le Bell X-2 décroît plus vite que n'augmente la vitesse, ou même, plus

exactement, le carré de celle-ci. Paradoxalement, l'appareil frôle la perte de vitesse et l'instabilité à plus de 3 000 km/h.

Les difficultés de rentrée dans l'atmosphère d'un avion de Mach 3 à 4 correspondent donc davantage à des problèmes aérodynamiques qu'à des problèmes thermiques. L'avion sans empennage, comme d'ailleurs les engins-fusées sans empennage tels que le satellite artificiel du projet Vanguard, sont de nature, semble-t-il, à parer à ces difficultés : ils demanderaient l'un et l'autre la stabilité et le contrôle à des gouvernes internes ou à l'orientation du jet de leurs fusées.

Le problème des cellules

La première exigence à l'égard des matériaux employés à la construction des cellules est évidemment le maintien d'une résistance mécanique acceptable aux températures qu'ils atteindront. Vers 250° C, les alliages légers habituellement employés en aviation perdent les trois quarts de leur résistance ; ils sont donc à exclure dès qu'on approche de Mach 3. Les alliages de titane, puis les aciers inoxydables les relayeront au-delà, sans d'ailleurs qu'on puisse atteindre, même avec ces derniers, plus de Mach 4 en régime permanent.

De nombreux autres éléments de la charpente introduisent des difficultés supplémentaires : les colles d'assemblage qui perdent leurs qualités vers 170°, les caoutchoucs pour pneumatiques dont les meilleures variétés synthétiques ne résistent pas à 200° C, etc.

Mais les inégalités de température posent des problèmes souvent aussi difficiles que la température elle-même. Elles introduisent des contraintes qui dépassent à elles seules les taux de travail admissibles pour les alliages habituellement employés. Aussi, ce que l'on recherche dans certains aciers plus ou moins inoxydables, à forte teneur de nickel, c'est d'abord la faible dilatation qui réduira ces contraintes. On sait, en particulier, qu'avec une teneur de 36 % de nickel, l'acier a un coefficient de dilatation presque nul : l'acier « invar » de cette composition est couramment employé, pour cette raison, en technique horlogère. L'acier utilisé pour la construction du Bell X-2, qualifié, suivant les sources, tantôt d'acier inoxydable, tantôt d'acier à forte teneur de nickel, doit se rapprocher de cette composition.

Les moteurs

Les moteurs, turboréacteurs, statoréacteurs et fusées, partagent les difficultés précédentes avec les cellules. Mais ils en ajoutent qui leur sont particuliers, d'ordre thermodynamique.

Pour tous les moteurs, on a intérêt à employer l'air à basse température ; le rendement du turbopropulseur et du turbo-réacteur, par exemple, est nettement meilleur dans la stratosphère qu'au sol.

Or l'air que l'on prélève à bord d'un avion à grande vitesse ne peut y être introduit que moyennant un échauffement résultant de son ralentissement ; c'est le même problème que l'on a traité précédemment en introduisant la notion de température d'arrêt. On ne peut pas refroidir le cockpit surchauffé d'un avion à Mach 1,5 à 2 en prenant l'air à -56°C dans la stratosphère où il se déplace ; l'orifice de ventilation débiterait de l'air brûlant. On ne peut pas davantage prendre la température de cet air à l'extérieur du fuselage, en sortant un thermomètre : il indiquerait 100 à 200° de plus que la température véritable.

Le même effet se reproduit à la prise d'air des moteurs. Le turbo-réacteur au taux de compression de 9, courant aujourd'hui, reçoit à Mach 1, non pas de l'air à -56°C , mais vers -13° et l'envoie vers 250° aux chambres de combustion ; vers Mach 3, il serait alimenté en air à plus de 300° qu'il enverrait à plus de 600° . Or la quantité de combustible que l'on peut brûler dans cet air, et par suite la quantité d'énergie mécanique qu'on peut produire par son intermédiaire, sont limitées par la température de $850 - 900^{\circ}$ que peut supporter la turbine ; il faudrait donc réduire l'injection de combustible, donc la puissance, qui s'effondrerait ainsi à mesure que l'on en aurait davantage besoin.

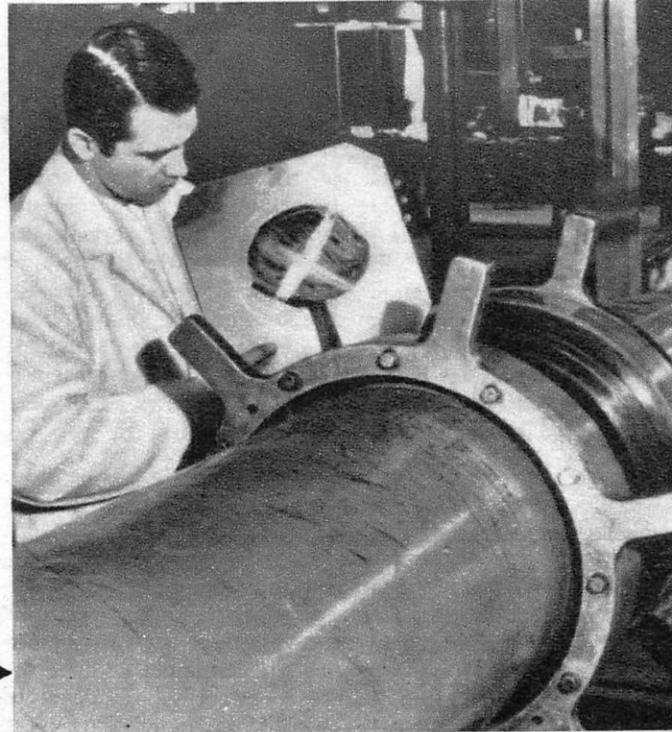
Le remède est dans la réduction du taux de compression, la limite étant la substitution au turbo-réacteur du statoréacteur où la compression est demandée au seul ralentissement de l'air dans une tuyère de forme appropriée.

Au-delà de Mach 2

C'est, outre sa simplicité, l'avantage principal du statoréacteur dans le haut supersonique et la justification du Leduc 0-22 avec turbo-réacteur auxiliaire pour le décollage et les vitesses transsoniques. Mais d'autres solutions conviennent également. Sur le Lockheed Starfighter, le compresseur du General Electric J-79 à aubages orientables peut se mettre « en drapeau » à la manière des hélices à pas variable ; il laisse passer l'air vers Mach 2 en ajoutant un minimum de compression à celle qui résulte de son ralentissement.

Le « tube de choc » d'Everett (Massachusetts) qui, avec ses 30 m, est le plus long du monde, permet de pousser les essais jusqu'au delà de Mach 25.

Bien entendu, les difficultés dues à l'échauffement des éléments du moteur, où des contraintes mécaniques importantes s'ajoutent aux contraintes thermiques, subsistent comme pour la cellule. Il n'est même pas question de les esquiver en réduisant les durées de vol. Si le revêtement d'une charpente d'aile ou de fuselage peut résister quelque temps en évacuant vers l'intérieur, et surtout vers le combustible qu'il contient, la chaleur reçue par la paroi, les ailettes de turbine ou de compresseur prennent beaucoup plus vite leur température d'équilibre. Il est douteux qu'on puisse dépasser jamais Mach 4 avec des réacteurs, qu'ils soient statoréacteurs ou turbo-réacteurs. On a annoncé, quoique de source non officielle, que la cellule du Starfighter pourrait supporter des vitesses très supérieures à Mach 2 et que, du point de vue purement thermodynamique, son turboréacteur pourrait lui imprimer la poussée nécessaire. Mais, dès qu'on a tenté de dépasser notablement Mach 2, les aciers inoxydables et les alliages de titane de la turbine et du compresseur ont commencé à fondre. L'indépendance du moteur-fusée à l'égard de son approvisionnement en carburant lui assure alors une double supériorité ; celui qu'il emporte lui est précieux aux altitudes où l'oxygène est rare et où le peu qu'on trouverait dans l'atmosphère ne pourrait être introduit qu'à une température que ne supportent pas les organes du moteur.



Isolation ou réfrigération

Si divers artifices peuvent à la rigueur préserver les cellules et les moteurs, il est au moins aussi nécessaire de protéger de la chaleur le plus fragile des éléments de l'avion piloté : l'équipage et les passagers.

L'*isolation* est l'un des moyens de protection. Mais les exigences auxquelles elle devrait répondre n'ont pas encore permis d'apporter des solutions entièrement satisfaisantes.

Sous sa forme parfaite, elle devrait recouvrir la cellule ; un revêtement, même de faible épaisseur, maintiendrait alors la température intérieure, et celle de la charpente, à des valeurs acceptables. Le matériau idéal qui serait à la fois isolant, léger, à faible dilatation, à résistance mécanique du même ordre que celle des tôles auxquels il adhérerait, reste malheureusement à trouver.

La *réfrigération* est la deuxième ressource, d'ailleurs appliquée dans le domaine transsonique aux cockpits et aux fuselages des avions militaires et des avions de transport. Nous avons déjà signalé le paradoxe apparent qui oblige à refroidir l'air de la stratosphère avec lequel on songerait à ventiler les appareils et qui est pourtant à $-56^{\circ}5$. Pour y parvenir, on est obligé de comprimer l'air chaud admis, de le refroidir ensuite à sa température d'admission par circulation d'air extérieur, et de le détendre avec travail extérieur jusqu'à la pression qui convient à la température du cockpit ou du fuselage ; c'est le cycle classique des machines frigorifiques à gaz. Le résultat est excellent vers Mach 1 ; un compoundage s'impose vers Mach 2. Au-delà, on préfère la solution plus légère de l'évaporation d'eau combinée avec la compression.

Le meilleur réfrigérant a d'ailleurs été découvert depuis les travaux sur les fusées ; c'est l'ensemble du comburant et du combustible dont le « volant de froid » servait, sur les V-2, à maintenir le corps de la fusée et la chambre de combustion à température acceptable. La même solution est valable pour les cellules et moteurs d'avions supersoniques, mais les comburants et combustibles ainsi utilisés ne permettent guère de vol pendant plus de quelques dizaines de minutes.

L'expérimentation supersonique et hypersonique

L'expérimentation méthodique, source de tant de progrès en aérodynamique, n'est pas indispensable pour la mise au point des avions et des engins supersoniques et hypersoniques. On peut se contenter de retoucher le matériel jusqu'à ce qu'il fonctionne, et ce n'est

guère autrement qu'ont été mis au point, après des années d'essais et des dizaines de lancements, les V-2 allemands. Mais la méthode réclame beaucoup de sagacité du constructeur lorsqu'il ne dispose, pour tout renseignement, que de l'annonce d'une explosion prématurée.

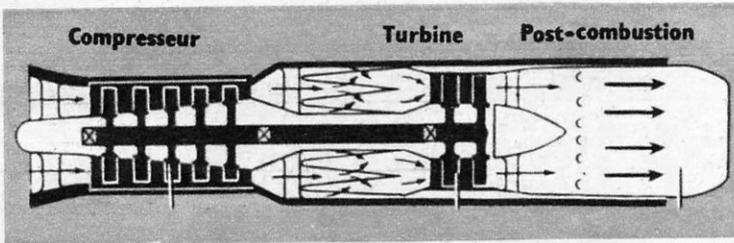
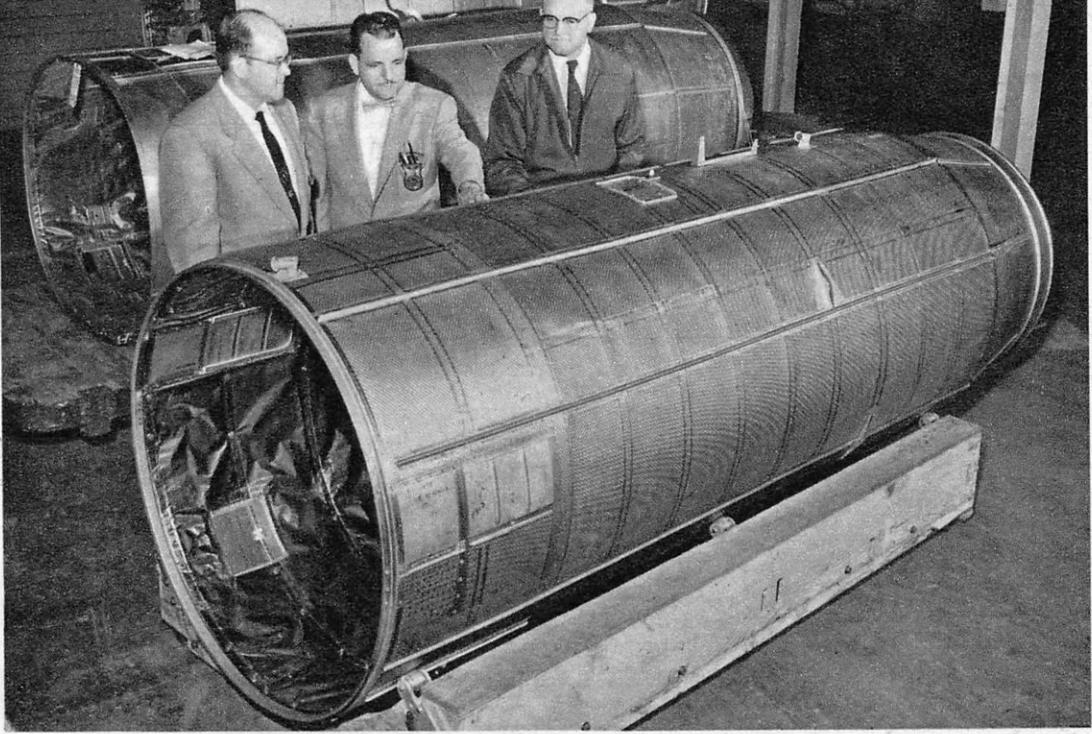
Les *souffleries* ont donc été mises à contribution. Jusqu'à Mach 5, leur étude et leur construction ne posent pas de problèmes particuliers, si ce n'est celui de leur puissance, qui croît sensiblement comme le cube de la vitesse, et de leur prix.

Aux vitesses hypersoniques de plus de Mach 5, les difficultés se multiplient. Il faut d'abord réchauffer l'air dans un échangeur avant sa détente, sans quoi il se liquéfierait. Ce n'est pas autrement, en effet, par détente avec travail extérieur, qu'est produit l'air liquide à partir de l'air comprimé ; ici le « travail extérieur » est la mise en vitesse du jet d'air. Le réchauffage va quelquefois jusqu'à $700^{\circ}C$, avec des pressions d'air comprimé de plus de 50 atmosphères et une détente à une fraction d'atmosphère dans une chambre à vide.

Les *tubes de choc*, dont on attend des vitesses allant jusqu'à Mach 30, et qui couvriront donc toute la gamme exigée par les engins balistiques à grande portée et les satellites artificiels, ont une origine assez lointaine. Ils ont été beaucoup perfectionnés récemment.

Le tube de choc se compose d'un tube rectiligne de section constante séparé, par une membrane, en deux tronçons où règne une pression différente : la rupture de la membrane provoque une onde de choc de même nature que celle qui accompagne le déplacement des corps aux vitesses supersoniques et hypersoniques. Le gros progrès a été réalisé, dès 1900, par l'inspecteur général des poudres Vieille. Avant lui, l'onde de choc était provoquée par l'explosion d'un mélange gazeux dans le tube ; la rupture de la membrane a éliminé l'explosion et ses lois propres pour ne s'en tenir qu'au phénomène de propagation de l'onde de choc.

Toutes les difficultés ne sont pas résolues pour autant. A l'inverse de la soufflerie et de son régime quasi permanent, où la détente de l'air comprimé abaisse la température au point de le liquéfier, l'onde de choc qui progresse dans le tube y introduit une température très élevée. La vitesse de propagation de cette onde, bien que très grande, ne correspond encore qu'à un nombre de Mach modéré, car la vitesse du son dans un gaz est proportionnelle à la racine carrée de sa température et celle-ci atteindrait ici, théoriquement, plusieurs milliers de degrés. Heureusement, la dissociation des molécules diatomiques, la



Les turboréacteurs pour avions supersoniques et à taux de compression élevés imposent dès maintenant l'emploi du titane pour des éléments faits naguère en alliages légers, tels que le carter extérieur du réacteur du Convair F-102 (schéma donné ci-contre).

production de composés nitrés endothermiques absorbent en partie la chaleur libérée dans l'onde de choc et relèvent le nombre de Mach auquel correspond sa vitesse.

En outre, plusieurs perfectionnements ont été apportés récemment aux tubes de choc et ont permis au laboratoire d'aérodynamique de l'université américaine de Cornell d'atteindre Mach 16 et même Mach 30. Les dispositifs de mesure n'ont plus rien de commun avec ceux des souffleries classiques. Les chiffres suivant en donneront une idée : la pression amont atteint 5 000 atmosphères ; la pression aval doit être réduite à 1/1 000 d'atmosphère ; la durée de l'essai est de l'ordre du millième de seconde ; l'échauffement superficiel de la maquette pendant ce millième de seconde atteint quelque 100° C. Les températures sont mesurées par des changements de résistance de films métalliques minces, les forces et les pressions par des procédés mécaniques rappelant l'écrasement des « crushers », petits cylindres métalliques appliqués depuis longtemps à l'étude de la combustion des poudres.

Le retour au canon, comme instrument

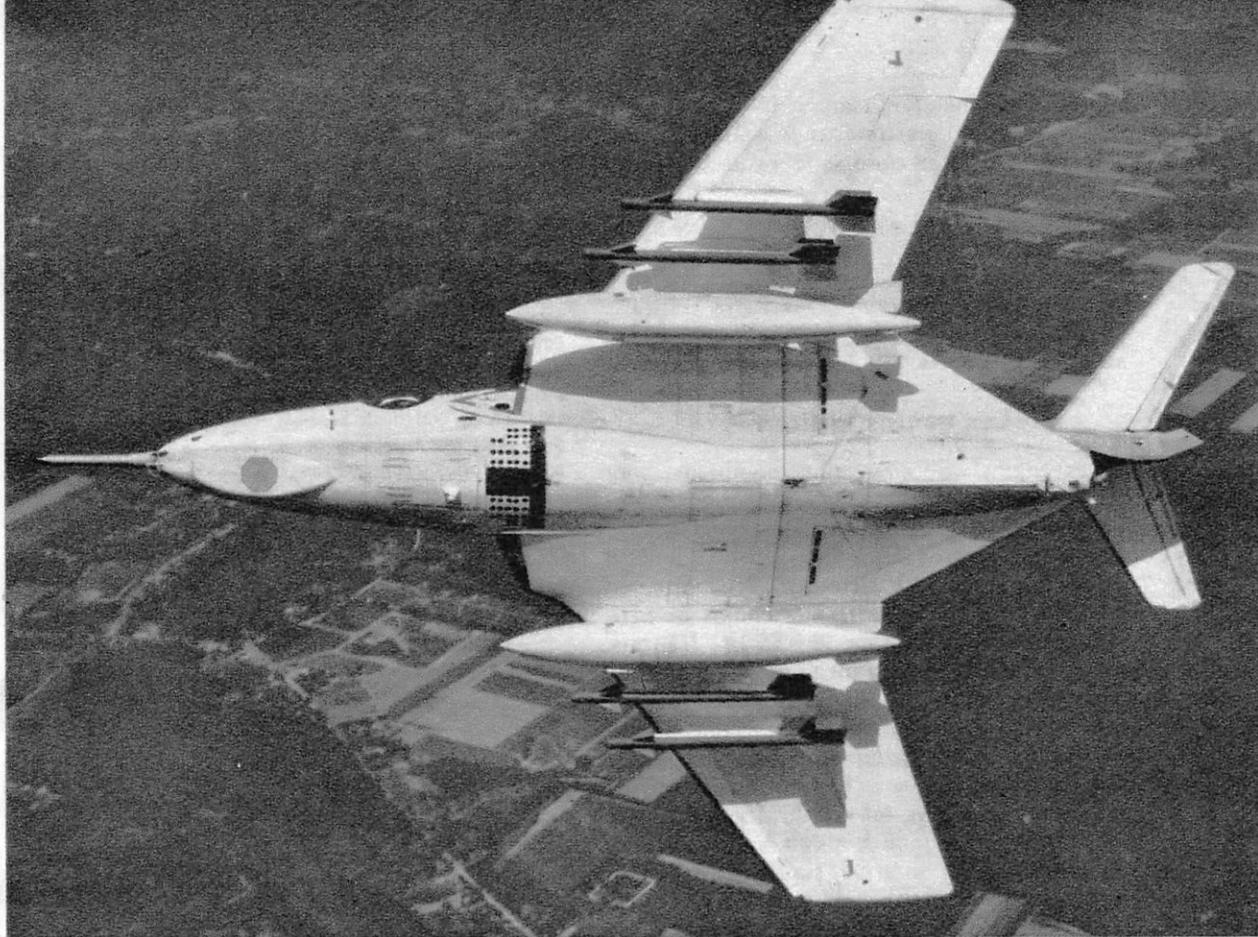
d'étude des vitesses hypersoniques, longtemps après qu'on ait découvert toutes les ressources que la balistique pouvait tirer de la soufflerie supersonique, n'est pas la moins curieuse de ces alternances dans les procédés d'expérimentation.

Là encore, on doit consentir quelques sacrifices dans les mesures faites, et il n'est pas davantage question d'introduire la technique des balances de soufflerie dans la détermination des efforts aérodynamiques sur le projectile libre que sur la maquette d'un tube de choc. Mais on déduit les traînées des décélération : les portances de la forme de la trajectoire ; le comportement des pointes d'ogives ou des bords d'attaque de leur photographie instantanée (étincelles au millionième de seconde). Aux chronographes classiques des polygones d'artillerie se substituent des enregistrements sur tambour, permettant des mesures du temps au cent millionième de seconde près, au point qu'il faut faire une correction pour tenir compte du retard introduit par la propagation de la lumière.

Camille ROUGERON.



TALOS, engin surface-air à statoréacteur, avec sa fusée à poudre de lancement.



Les engins air-air auto-guidés Sidewinder équipent les chasseurs des 6^e et 7^e Flottes américaines.

L'ENGIN SPÉCIAL

base des armées modernes

ENGINS spéciaux, engins air-air, engins sol-air, projectiles intercontinentaux, radio-guidage, moteurs-fusées, autant de termes qui prennent, dans notre monde moderne, une importance dont le grand public ne se fait encore qu'une idée imparfaite. Sait-on qu'aux Etats-Unis seuls, plus de 250 000 personnes consacrent leur activité à ces techniques nouvelles ? Sait-on que la puissance militaire des nations est fondée maintenant sur ces engins, et que ce sont eux qui nous permettront de réaliser le grand rêve des hommes, s'évader de notre Terre et explorer l'espace ?

Sous le vocable général d'engins spéciaux, de « missiles », disent les Anglo-Saxons, on

désigne soit des projectiles propulsés comme les roquettes d'avion, soit des projectiles guidés comme les bombes planantes, soit enfin des engins à la fois propulsés et guidés comme le V1 et le V2. Cette dernière catégorie comporte évidemment les types les plus évolués : ce sont ceux qui, à l'encontre de la pierre lancée par la fronde ou de l'obus tiré par le canon, peuvent être guidés tout au long de leur trajectoire afin d'atteindre l'objectif, quelles que soient ses dérobades ; ceux à qui leurs propulseurs permettent d'atteindre progressivement des vitesses pouvant aller jusqu'à 29 000 km/h, comme l'engin de lancement du satellite artificiel américain *Vanguard*, des

altitudes de 400 km comme la fusée américaine à deux étages *Bumper-Wac*, ou des portées de 8 000 km comme le projectile intercontinental *Atlas*.

Parmi les engins civils se trouvent d'abord les fusées sondes, servant à l'exploration de la haute atmosphère. Ce sont les fusées américaines *Aerobee* et *Viking* et la fusée française *Véronique*; puis les engins de lancement des satellites artificiels telle la fusée *Vanguard*.

Les engins militaires

Les engins militaires, plus nombreux, sont classés, d'une façon générale, d'après la situation du poste de tir et celle de l'objectif.

On parle ainsi d'engins *sol-sol*, dont il existe une grande variété. On rencontre, en effet, dans cette catégorie, des engins de petites dimensions, comme le *SS-10* français, transportable par un fantassin et capable de détruire à plusieurs kilomètres le char le mieux blindé; des engins de moyenne portée, tel que le *Honest John* américain, qui porte une charge atomique à 32 km; des engins de portée intermédiaire tel que le *Matador*, sorte d'avion-robot portant à 1 000 km; enfin, ce qu'on appelle l'« arme suprême », l'engin intercontinental capable de porter une bombe thermonucléaire à 8 000 km de distance.

Les engins *sol-air* suppléent le canon de défense anti-aérienne qui plafonne vers 10 000 mètres. On rencontre dans cette classe le *Nike* américain, qui est capable d'abattre un avion volant à la vitesse du son, à 22 000 m d'altitude.

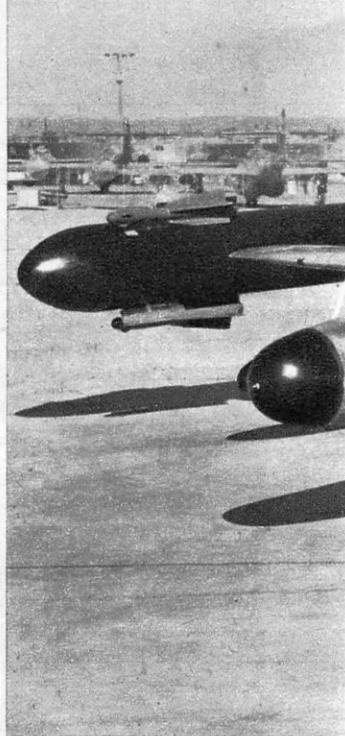
Les engins *air-sol* vont des roquettes à charge creuse pour l'attaque des blindés, jus-

PETREL : AIR - PROFONDEURS MARINES

C'est une torpille marine qui est munie d'une voilure et d'un turboréacteur largables au moment où la torpille plonge et poursuit sa course sous l'eau.

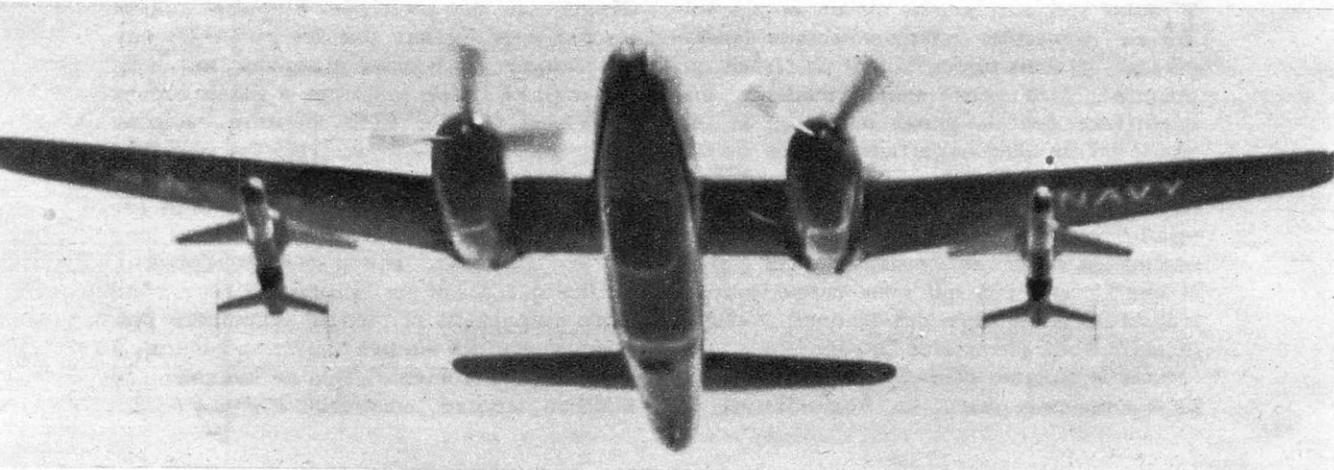
FALCON : AIR-AIR

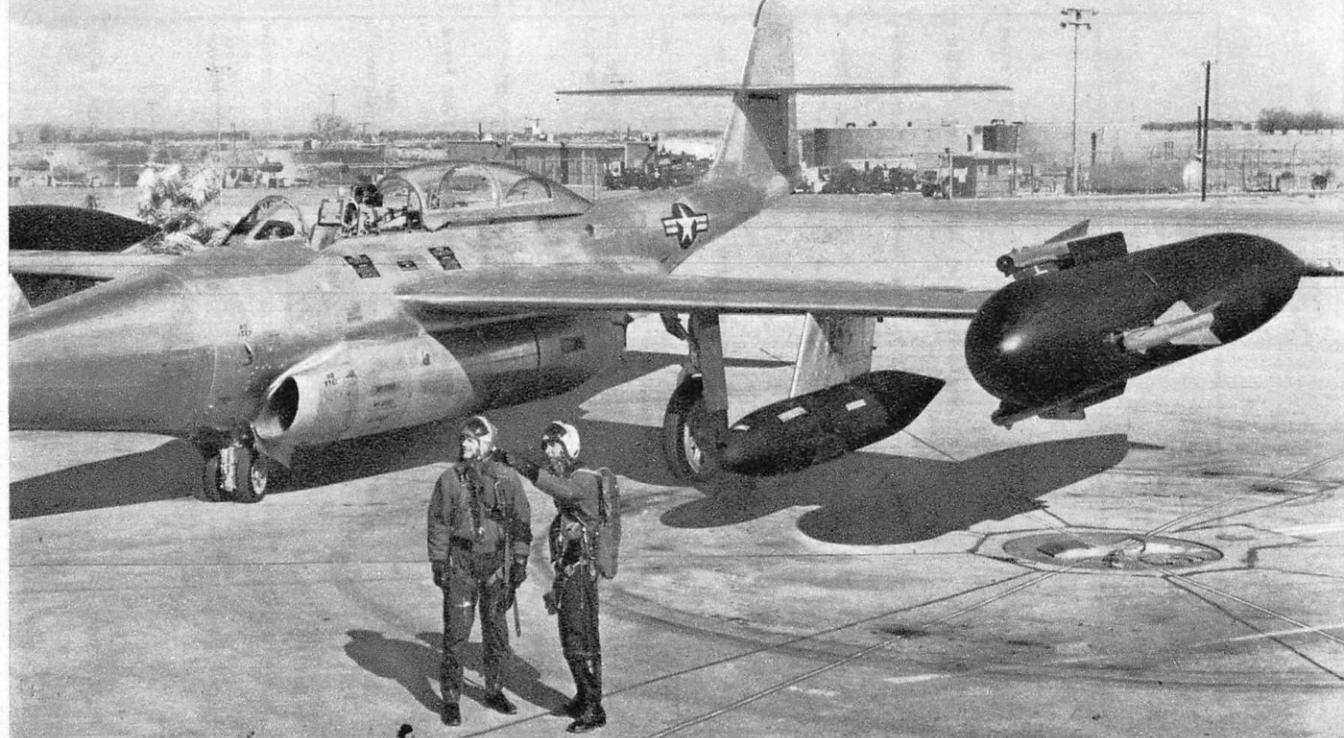
Ces engins constituent l'armement standard des intercepteurs tous temps de l'Air Defence Command américain. Chacun d'eux peut abattre un bombardier qu'il rattrape par auto-poursuite radar. On voit ici un Northrop Scorpion dont les magasins de bout d'ailes contiennent 21 roquettes et trois engins Falcon qui sont extraits au moment du lancement.



qu'aux bombes propulsées, planantes et guidées, qui peuvent atteindre la complexité d'un avion. Ces engins sont nés de la nécessité d'accroître l'énergie d'impact des projectiles d'attaque au sol, d'augmenter la précision du tir et enfin, pour les engins les plus complexes, de permettre au bombardier d'atteindre ses objectifs à distance, sans s'exposer lui-même aux redoutables engins sol-air.

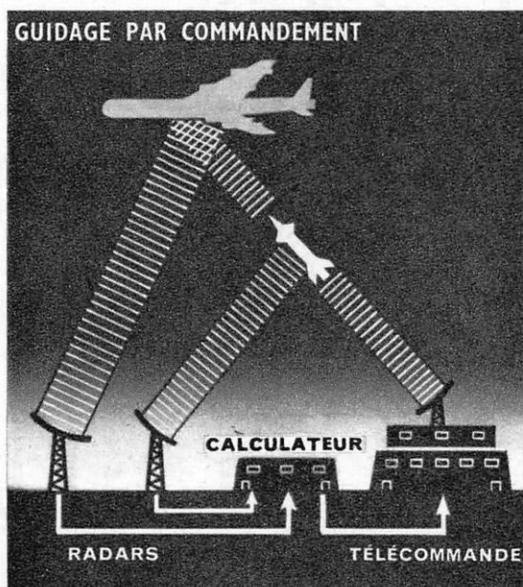
Les engins *air-air* servent au chasseur à attaquer le bombardier, et au bombardier à se défendre. Ils supplantent le canon par suite de leur plus grande puissance explosive et de leur possibilité d'être guidés, qui permet d'attaquer à plus grande distance. De plus, un obus tiré dans la direction du vol par un avion rapide est vite freiné par l'air; il peut arriver, de ce fait, que l'avion rattrape ses projectiles et même soit atteint par eux, comme cela s'est produit aux Etats-Unis, où un chasseur rapide



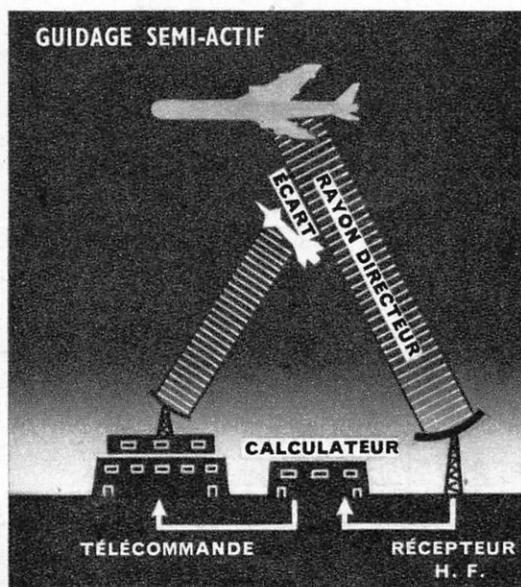


a été abattu par ses propres obus au cours d'une ressource suivant un piqué. Dans cette catégorie, on trouve aussi bien de simples roquettes non guidées que des engins guidés extrêmement puissants, tel le *Sparrow* américain qui, partant de son support sous les ailes d'un chasseur, est capable de détruire à 8 km de distance, le bombardier le plus rapide. On peut citer encore le *Fireflash* anglais, le 5103 français, ou encore le *Falcon* américain, qui semble être une réussite particulièrement brillante.

Les engins de la Marine, étant embarqués, doivent avoir des dimensions particulièrement étudiées pour leur emmagasinage et leur manipulation à bord. On retrouve d'abord la catégorie surface-surface qui correspond à sol-sol, et qui d'ailleurs peut être surface-sol, ou sol-surface. Le *Regulus* en fournit un exemple ; c'est un avion-robot d'une envergure de 6 m, qui peut atteindre un objectif distant de 400 km. Pour la défense anti-aérienne, on retrouve la catégorie surface-air, avec le *Terrier*, concurrent du *Nike*, qui abat les avions



Guidage par commandement : l'objectif et l'engin sont chacun suivis par radar et les corrections à apporter à la trajectoire sont commandées par radio.



Guidage par rayon directeur : L'engin émet un signal qui traduit son écart par rapport au rayon et les corrections sont aussi commandées du sol par radio.

SOL-AIR OU SURFACE-AIR

Nom de l'engin Constructeur	Propulseur principal	Observations
FRANCE		
PARCA LRBA	Fusées à comb. liq. ou sol.	Mach 1,7. Engin de DCA téléguilé. Lancement par rampe avec 4 fusées auxiliaires à poudre. Poids 1 000 kg.
SE-4100 SNCASE	Fusée à comb. liq.	Mach 1,2. Poids 130 kg. Engin à deux étages.
SE-4300 SNCASE		Engin d'entraînement de DCA. Poids 1 000 kg.
MARUCA ET MASALCA SNECMA		Engins en cours d'études pour la Marine.
ÉTATS-UNIS		
BOMARC Boeing	2 statoréacteurs Marquardt	2 655 km/h. Poids 2 270 kg. Fusée à poudre de lancement. Portée 400 km. Porterait des engins Falcon.
HAWK Raytheon	Fusée à comb. liq.	Portée 80 km. Auto-poursuite infrarouge. En production.
LOKI Bendix	Fusée à comb. sol.	Non guilé, type « barrage ». En production. Dénommé Hap dans la Marine.
NIKE Douglas	Fusée Aerojet à comb. liq.	Nike-Ajax : 2 140 km/h, portée 27 km, téléguilé; en service. Nike-Hercules : portée 64 km. Nike-Zeus : engin anti-engins.
TALOS Bendix	Statoréacteur McDonnell	2 500 km/h. Portée 70 km. Deux versions pour lancement de la côte ou d'un navire. Poids 1 100 kg. En production.
TARTAR Convair	Fusée à comb. sol.	Même puissance que Terrier, mais plus petit. Téléguilé. En production pour destroyers et croiseurs de l'U.S. Navy.
TERRIER Convair	Fusée à comb. sol.	2 140 km/h. Portée 32 km. Téléguilé ou auto-poursuite. Lancement par rampes jumelées sur les croiseurs. En service.
GRANDE-BRETAGNE		
SEA-SLUG A-Whitworth	Fusées à comb. sol.	Téléguilé. Longueur 6,10 m.
BOBBIN Bristol	2 statoréacteurs Thor	M2. En développement. Longueur 11 m. 4 fusées à poudre pour lancement.
English-Electric	Fusée à comb. liq. ou statoréacteur	3 200 km/h. Téléguilé. Construction en série éventuelle. 4 fusées à poudre pour lancement.

AIR-AIR

Nom de l'engin Constructeur	Propulseur principal	Observations
FRANCE		
AA-20 Matra	Fusée SEPR à comb. liq.	Portée 16 km. Longueur 4,50 m. En production pour intercepteurs Mystère IV.
04 Matra	Fusée SEPR à comb. liq.	1 770 km/h. Longueur 4,60 m. Poids 460 kg. Modèle à échelle 2/3 pour futur engin air-air ou sol-air.
R. 015 Matra	Fusées à comb. sol.	1 770 km/h. Propulseur de lancement à combustible solide. Longueur 3 m. Poids 160 kg.
5103 SNCAN	Fusée à comb. sol.	2 100 km/h. Longueur 2,50 m. Poids 130 kg. Engin à deux étages pour intercepteurs. Portée 12 km.
ÉTATS-UNIS		
CHEROKEE Cook Research		Engin supersonique en développement pour l'Air Force.
DING-DONG Douglas	Fusée North-Am. à comb. liq.	En développement pour l'Air Force. Téléguilé. Porterait une bombe atomique et équipera Convair F 106.
FALCON Hughes	Fusée à comb. sol.	3 185 km/h. Portée 10 km. Poids 54 kg. Guidage par faisceau directeur, puis auto-poursuite radar. En service.
METEOR Bell	Statoréacteur Marquardt	Projet de la Marine. Poids 230 kg.
SIDEWINDER Philco-Gen.-EI.	Fusée Hercules à comb. sol.	M2,5. Auto-poursuite infrarouge. En production pour les intercepteurs de la Marine et de l'Air Force.
SKOKIE I ET II Cook Research		Engins supersoniques en développement pour l'Air Force.
SPARROW Sperry-Douglas	Fusée Aerojet à comb. sol.	2 400 km/h. Portée 8 km. Guidage par faisceau, puis auto-poursuite. En service. Version perfectionnée Sparrow III.
GRANDE-BRETAGNE		
SPECTRE De Havilland	Fusée à comb. liq.	Presque supersonique. Longueur 2,10 m. Auto-poursuite infrarouge. En développement pour la R.A.F.
FIREFLASH Fairley	Fusée à comb. sol.	Longueur 2,85 m. Téléguilé. En service sur Hawker Hunter.
SUISSE		
Hispano Suiza	Fusée à comb. sol.	3 100 km/h. Longueur 1,10 m. Poids 10 kg. Portée 14 km. Non guilé.

SUISSE		
54		
Oerlikon	Fusée à comb. liq.	1 450 km/h. Portée 24 km. Poids 350 kg. Longueur 6 m. Téléguidé. Lancement par rampe mobile.

AIR-SOL

Nom de l'engin Constructeur	Propulseur principal	Observations
ÉTATS-UNIS		
BULLPUP Martin	Fusée Aerojet à comb. sol.	Longueur 3,35 m. Poids 500 kg. En développement pour la Marine.
CROSSBOW Radioplane	1 turboréacteur	Engin subsonique de l'Air Force.
RASCAL Bell	3 fusées Bell à comb. liq.	1 600 km/h. Portée 160 km. Téléguidé. Peut être lancé par bombardier B-52 ou B-58. Porte une bombe atomique.
ZUNI		Atteindrait M3. Longueur 2,75 m. Poids 50 kg.

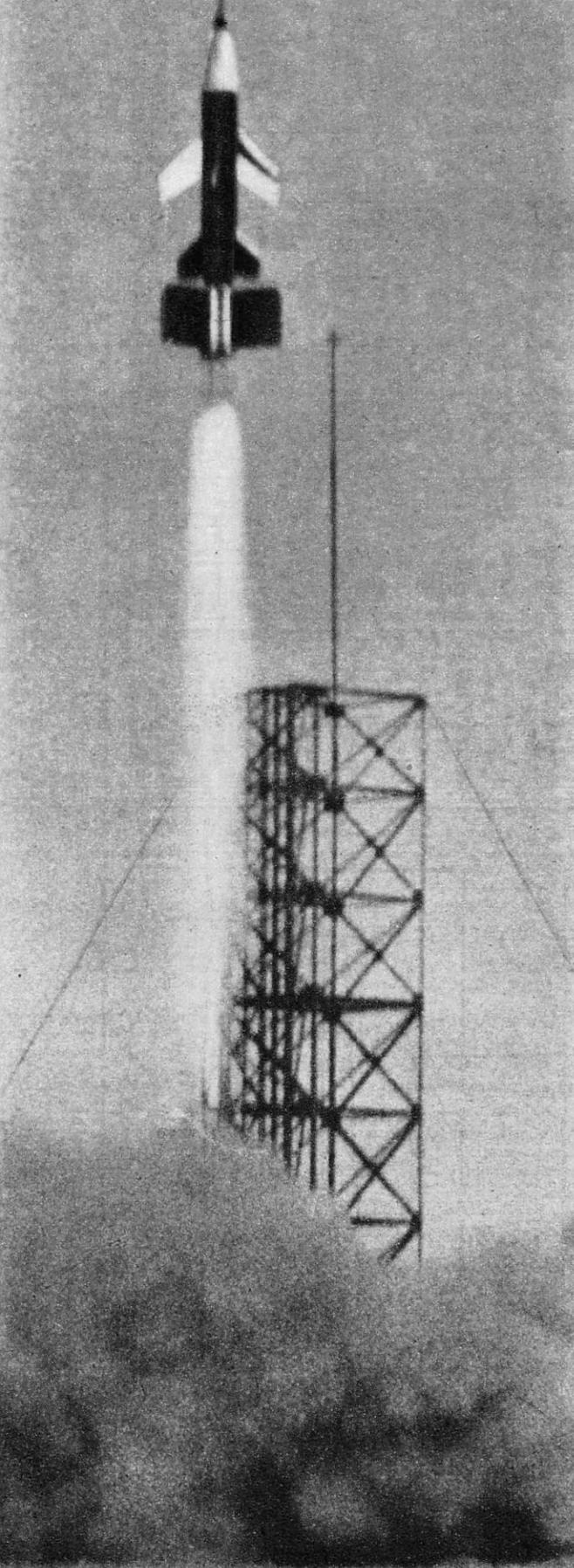
AIR-PROFONDEURS MARINES

Nom de l'engin Constructeur	Propulseur principal	Observations
ÉTATS-UNIS		
DOVE Eastman Kodak		Anti-sous-marins. En production.
GOOSE Fairchild	Turboréacteur J 83 ou J 85	Engin à longue portée. En développement.
LULU Sandia		En développement. Porterait une bombe atomique.
PETREL Fairchild	Turboréacteur Fairchild J 44	Engin basé sur une torpille standard. Auto-poursuite sous-marine. Lancement par avion ou hélicoptère. En service.

Oerlikon	Fusée à comb. sol.	Longueur 0,60 m. Poids 10 kg.
----------	--------------------	-------------------------------

SOL-SOL OU SURFACE-SURFACE

Nom de l'engin Constructeur	Propulseur principal	Observations
FRANCE		
SS-10 SNCAN	Fusée à comb. sol.	Poids 16 kg. Portée 4 km. Engin antichars à charge creuse. Guidage à vue par fils. Peut être lancé d'un avion.
S210 SNCAN	Fusée à comb. sol.	Engin antichars à deux étages développé à partir du précédent. Peut être utilisé en air-sol.
DEFA ENTAC	Fusée à comb. sol.	Portée 2 km. Engin antichars. Guidage à vue par fils.
ST 450 SNCAN	Statoréacteur	Mach 2,5. Expérimental. Lancement par rampe avec 2 fusées à poudre donnant Mach 0,8.
SE-4200 SNCASE	Statoréacteur	Mach 0,9. Portée 100 km. Téléguidé. Lancement par rampe courte avec 2 fusées à poudre. Longueur 1,90 m.
ÉTATS-UNIS		
CORPORAL E Firestone	Fusée à comb. liq.	3 185 km/h. Portée 80 km. Poids 5 500 kg. En service. Sera remplacé par version F aussi livrée à l'Angleterre.
DART Aeroph. Dev.	Fusée à comb. sol.	Engin antichars à guidage par fils. Poids 140 kg. Portée 5 km. En production.
HONEST JOHN Douglas	Fusée Hercules à comb. sol.	Portée 32 km. Non guidé. Lancement par rampe mobile. Peut porter une bombe atomique. Poids 4 500 kg. En service.
LITTLE JOHN Douglas	Fusée Hercules à comb. sol.	Version réduite de l'Honest John. Portée 18 km. Non guidé. Peut porter une bombe atomique. En service.
JUPITER A Chrysler	Fusée North-Am. à comb. liq.	6 500 km/h. Portée 480 km. Poids 18 tonnes. Téléguidé. Peut être lancé d'un navire et porter une bombe atomique.
LACROSSE Martin	Fusée à comb. sol.	Portée 16 km. Radioguidé. Engin d'appui direct. Poids 225 kg. En production.
MATADOR Martin	Turboréacteur Allison J 33	1 045 km/h. Portée 1 000 km. Téléguidé. Poids 5 500 kg. En service.
REGULUS Chance Vought	Turboréacteur Allison J 33	960 km/h. Portée 400 km. Poids 6 500 kg. En service. Version supersonique Regulus II pour bombe atomique, portée 1 200 km.
TRITON McDonnell	2 statoréacteurs	M 3,5. Engin à longue portée en étude. Longueur 13 m. Poids 9 000 kg. Peut être lancé par sous-marin en plongée.



SE - 4100 SOL-AIR

Cet engin français qui atteint Mach 1,2 est à deux étages. Le propulseur de lancement est à poudre et le propulseur principal à combustibles liquides, pétrole et acide nitrique. Il mesure 3 m de long.

assaillants jusqu'à 18 000 m d'altitude ; le *Talos* et le *Tartar*, qui lui succèdent, ont des performances encore supérieures.

On retrouve évidemment les classes d'engins air-surface et air-air. Mais la Marine doit, en outre, se préoccuper des sous-marins et donc créer de nouvelles catégories d'engins, sur lesquels on sait peu de choses, car ce domaine est particulièrement bien gardé par le secret militaire. On peut y distinguer les engins *air-profondeurs marines*, embarqués à bord d'avions et destinés à détruire les sous-marins en plongée ; c'est le cas du *Petrel*, pesant 680 kg et muni d'un turboréacteur de 450 kg de poussée. Les engins *profondeurs marines-air* sont les réciproques des précédents et permettent au sous-marin de détruire les avions sans avoir à faire surface. Les engins *profondeurs marines-profondeurs marines* sont la transposition, pour l'utilisation sous l'eau, des engins air-air, et permettront de mener la guerre entre bâtiments de surface et même entre sous-marins évoluant en plongée. Enfin, ce qui est peut-être l'arme la plus dangereuse, et en tout cas l'arme qui rivalise avec le projectile intercontinental, c'est l'engin *profondeurs marines-surface*, qui permettra aux sous-marins de s'immerger au large des côtes ennemies et, sans faire surface, de lancer à plusieurs milliers de kilomètres de distance des projectiles porteurs de bombes nucléaires.

Un certain nombre d'engins n'ont pas trouvé leur place dans cette énumération. Nous citerons encore, sans avoir la prétention d'être complets : les engins lance-câbles téléphoniques, qui permettent de lancer, par-dessus les obstacles les plus divers, les lignes de communication nécessaires au combat ; les engins de reconnaissance qui, porteurs d'une caméra de télévision, survolent les lignes ennemies et transmettent directement au quartier général, sur un écran, la situation du dispositif adverse ; enfin, les engins-cibles, qui servent à mettre au point les engins sol-air ou

SS - 10 ANTICAR

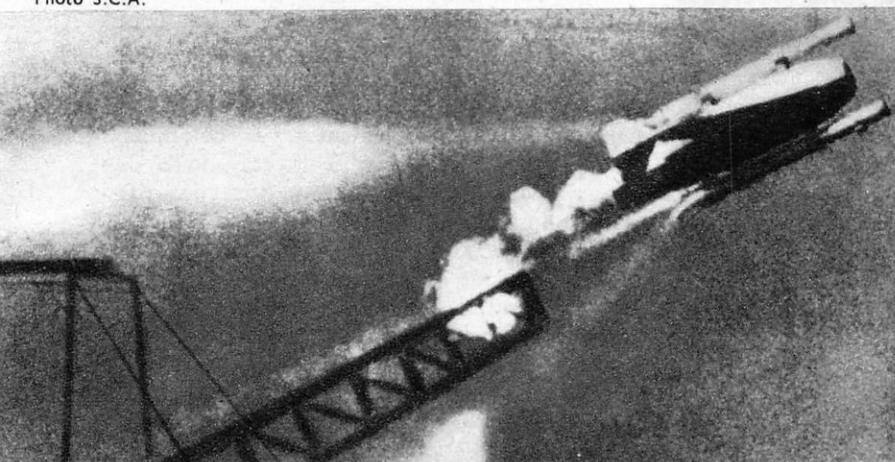
Engin à charge creuse, de 4 km de portée, le SS-10 est guidé à vue, les corrections étant transmises par des fils qui se déroulent. Il peut être lancé du sol ou à partir d'un avion ou d'un hélicoptère.



Photo S.C.A.

PARCA : SOL-AIR

C'est un engin de D.C.A. français lancé par rampe à l'aide de fusées auxiliaires à poudre entourant le propulseur principal. Le guidage s'effectue par faisceau directeur. L'engin pesant quelque 1 000 kg atteindrait Mach 1,7.



S.E. 4 200 SOL-SOL

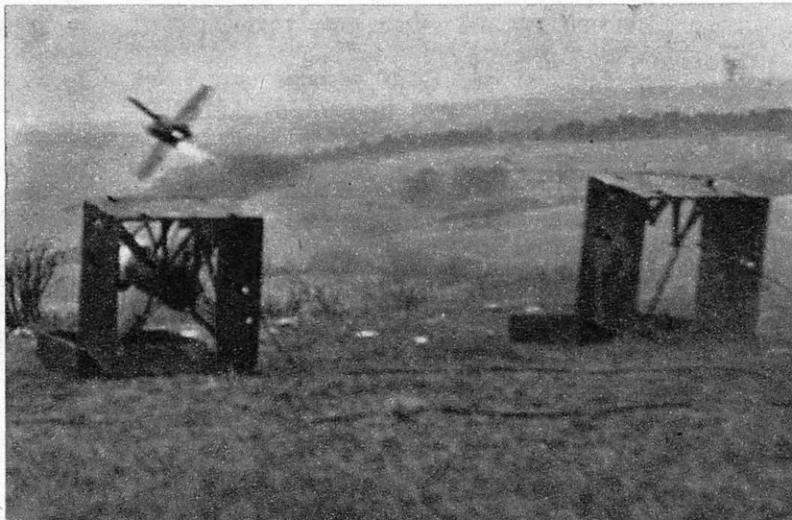
C'est un engin subsonique propulsé par statoréacteur. Le lancement s'effectue avec l'assistance de fusées à poudre sur une rampe courte. Il est guidé par radio et sa portée, qu'un réservoir largable peut augmenter, est de 100 km.

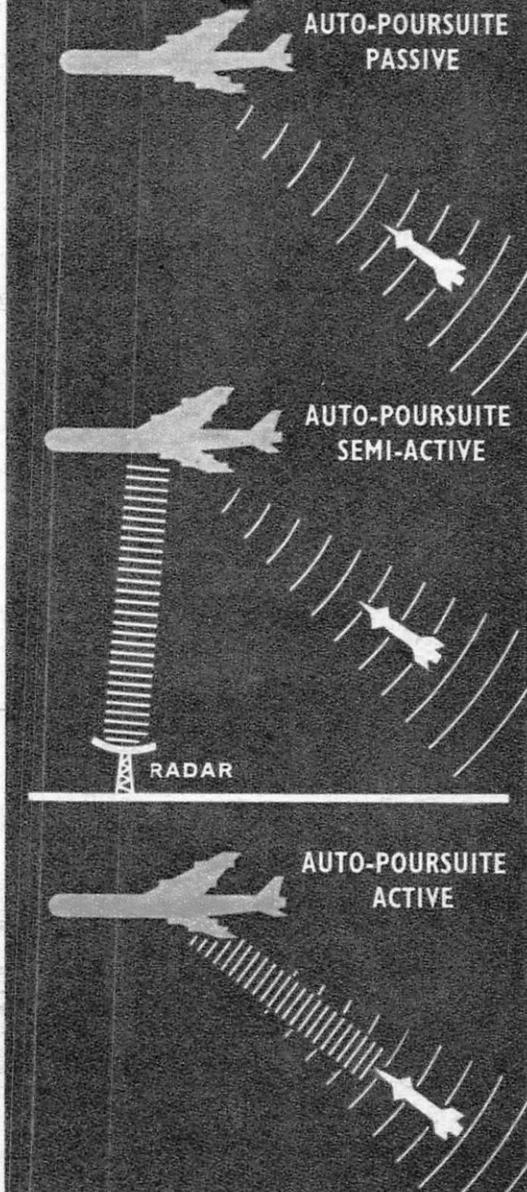
air-air et sont, en général, des sortes d'avions-robots dont les caractéristiques se rapprochent le plus possible de celles des avions à abattre.

Le repérage de l'objectif

Les modes de repérage de l'objectif sont très divers. Le plus simple est à vue et est employé pour certaines roquettes et, en particulier, pour les engins antichars *Entac* ou *SS-10*. On peut aussi utiliser les vibrations sonores : c'était le cas des dangereuses torpilles acoustiques utilisées par les Allemands pendant la dernière

guerre. Ces torpilles, mouillées sur le passage habituel des convois, pouvaient rester inertes pendant des mois ; dès qu'un navire passait à proximité, le bruit de l'hélice mettait la torpille en marche et l'attirait sur elle. Les rayonnements infrarouges émis par les turbo-réacteurs ou les statoréacteurs des avions modernes, ou par les hauts fourneaux des centres industriels, sont utilisés pour y attirer les engins attaquant : certains détecteurs sont capables de repérer à plus de 100 mètres la chaleur dégagée par une cigarette. Mais le système le plus largement employé, aussi bien pour détecter l'objectif que pour suivre





L'auto-poursuite est passive si l'engin se guide sur une émission propre de l'objectif; mixte s'il utilise l'écho d'une émission qui provient du sol; active si cet écho est provoqué par l'engin lui-même.

pour la fusée *Vanguard* de lancement du satellite artificiel américain, soit enfin des volets placés dans le jet des gaz propulsifs comme pour le V2.

Les systèmes de guidage

Il existe plusieurs systèmes de guidage. Tout d'abord, le *guidage par commandement*: la position de l'objectif et celle de l'engin sont déterminées par le tireur qui, à l'aide d'un calculateur ou tout simplement à vue, détermine la correction à apporter à la trajectoire de l'engin et lui communique cette correction par une commande appropriée. C'est le principe adopté pour la fusée de D.C.A. américaine *Nike*, qui utilise deux radars.

Un second système consiste à se libérer complètement du sol; tout l'appareillage destiné à repérer la position de l'engin par rapport à celle de l'objectif « affiché » à bord, à calculer les corrections nécessaires et à transmettre ces indications aux servo-moteurs, est à bord; l'engin est alourdi par tout ce matériel et son prix en est fort augmenté. Malgré cet inconvénient, c'est le système employé pour les engins à très longue portée, pour lesquels un guidage par radio, d'ailleurs sensible au brouillage, est impossible du fait de la courbure de la Terre, l'engin disparaissant au-dessous de l'horizon et n'étant plus atteint par les ondes de courte longueur d'onde.

Dans le *guidage par inertie*, destiné aux engins intercontinentaux, un dispositif situé à bord et composé de gyroscopes et d'accéléromètres, enregistre toutes les déviations et accélérations subies par l'engin par rapport à un système de référence matérialisé par une plateforme stabilisée par gyroscope. A chaque instant, le point où se trouve l'engin est ainsi déterminé et comparé au point voulu, fixé par le programme interne: cette comparaison fournit des éléments qui, par l'intermédiaire de servo-moteurs, actionnent les organes destinés à modifier la trajectoire. Un tel système, simple en principe, exige des accéléromètres sensibles au 100 000^e de l'accélération de la pesanteur et des gyroscopes qui dérivent de moins d'une minute d'arc par heure; la précision d'usinage nécessaire dépasse ce qui s'est fait jusqu'ici en mécanique. On peut essayer de rendre le système plus précis en permettant à l'engin de déterminer son « point » de temps à autre, en se repérant sur deux étoiles fixes, et de comparer ainsi le « point » obtenu

l'engin et pour le télécommander est le radar. C'est le cas du *Nike* américain où l'objectif est détecté par radar, où l'engin est suivi également par radar et où les ordres de changement de direction nécessaires lui sont envoyés par radio. Parfois, les ordres de guidage sont transmis par des câbles que l'engin emporte avec lui sur des bobines d'où ils se déroulent pendant le vol. Dans certains cas, enfin, aucun lien n'existe pendant le vol entre l'objectif, l'engin et le tireur; l'engin obéit à un programme interne qui lui fait suivre une trajectoire dont le point de chute est l'objectif affiché à bord avant le départ. Les organes modifiant la trajectoire peuvent être, soit des surfaces aérodynamiques telles que des gouvernes, des ailerons ou des « spoilers », comme dans le *Nike* américain, soit un moteur monté à la cardan, dont la poussée est plus ou moins déviée par rapport à l'axe de l'engin, comme

SPARROW →

On voit ici quatre de ces engins air-air montés sous un McDonnell Demon. Le Sparrow est guidé par faisceau directeur et est en service sur plusieurs chasseurs de l'U.S. Navy.



TERRIER ↓

Cet engin surface-air qui équipe les croiseurs américains est une arme de défense anti-aérienne très puissante. Chacun de ces engins coûte quelque 10 millions de francs.



avec celui déterminé par intégration des accélérations enregistrées à bord.

A mi-chemin entre le guidage par commandement et le guidage autonome, se trouve le guidage semi-actif, dans lequel le matériel nécessaire est réparti entre l'engin et le sol ; le guidage par rayon directeur entre dans cette catégorie : l'engin est assujéti à demeurer sur un faisceau d'ondes électromagnétiques matérialisé par l'axe d'un paraboloïde situé au sol. L'engin émet un signal haute fréquence, dont la forme dépend de la distance à l'axe du paraboloïde. Ce signal est introduit dans un calculateur qui détermine les indications à transmettre par radio aux servo-moteurs actionnant les organes de l'engin afin de ramener ce dernier sur le faisceau directeur. Le système à faisceau directeur peut être utilisé pour les engins sol-air ; il suffit d'aligner en permanence le faisceau directeur sur l'objectif. C'est ce qui a été réalisé pour la fusée sol-air française *Parca*. Le système pourrait également être utilisé pour un engin balistique sol-sol en faisant tourner le faisceau pendant la

période de propulsion, suivant une loi adaptée à la trajectoire balistique désirée.

Il faut remarquer que, dans les systèmes actifs et semi-actifs, la précision diminue avec la distance parcourue ; dans le système à faisceau directeur, par exemple, on mesure des écarts angulaires, ce qui, pour une même erreur sur l'angle, entraîne une augmentation de l'écart métrique avec la distance. Pour remédier à cet état de choses, on est amené à augmenter la précision des fins de trajectoires en mettant à bord un dispositif d'*auto-poursuite* qui dirige l'engin sur l'objectif. L'*auto-poursuite* peut être passive si l'appareil se guide sur une émission fournie par l'objectif, qu'elle soit sonore, infrarouge, lumineuse ou électromagnétique ; elle peut être active si le projectile « éclaire » lui-même l'objectif, par une émission radar par exemple, et se guide par l'écho fourni par l'objectif ; elle peut être enfin semi-active si l'engin se guide encore sur l'écho, mais si l'émission est fournie par le poste au sol ou par le poste de bord de l'avion lanceur. L'*auto-poursuite* passive, en



Le Matador, engin de bombardement à turboréacteur

Cet engin téléguidé, de la catégorie sol-sol, est un véritable bombardier sans pilote de 1 000 km environ de portée. Il possède une voilure en flèche et, propulsé par un turboréacteur Allison J 33, atteint presque la vitesse du son en vol. Il peut emporter une bombe atomique et son prix est de l'ordre de 30 millions. Depuis 1954, le Matador équipe certaines unités stationnées en Allemagne, dont chacune compte 50 officiers et 550 hommes. Un propulseur auxiliaire à poudre sert au lancement qui s'effectue sans rampe ; l'engin est transporté par sections qui sont assemblées en moins d'une heure.

Lacrosse, engin tactique guidé

C'est un engin sol-sol d'appui direct, de 16 km de portée, qui a été mis en fabrication pour l'Armée américaine et le corps des « Marines » à la fin de 1954. Il porte une voilure en flèche et est propulsé par une fusée à poudre qui lui donne en fin de combustion une vitesse de l'ordre de 960 km/h. Il est radioguidé.

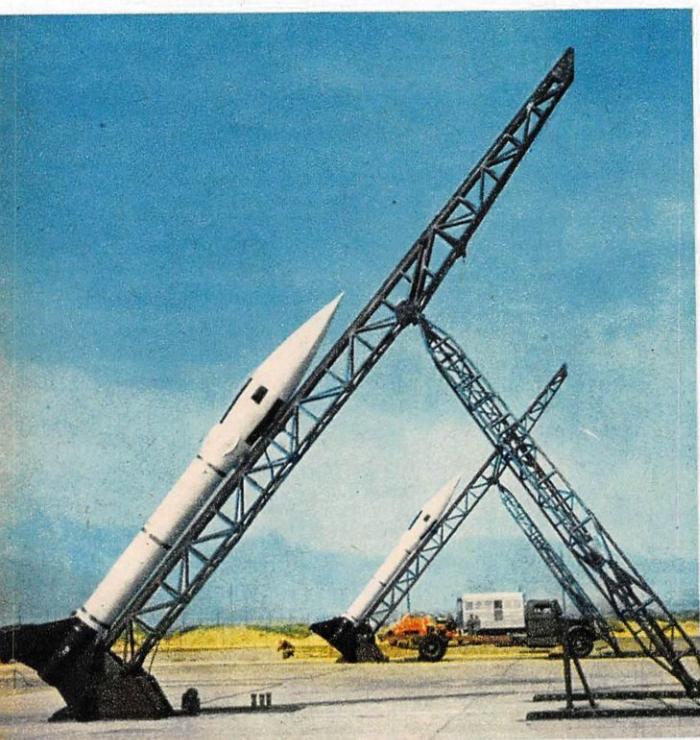


particulier infrarouge, est très étudiée et très prometteuse et semble difficile à brouiller. L'auto-poursuite active est celle qui rend les engins les plus complexes et les plus lourds. Quant à l'auto-poursuite semi-active, elle semble actuellement avoir la faveur des constructeurs.

Toute la technique radioélectrique des engins fait appel aux derniers perfectionne-

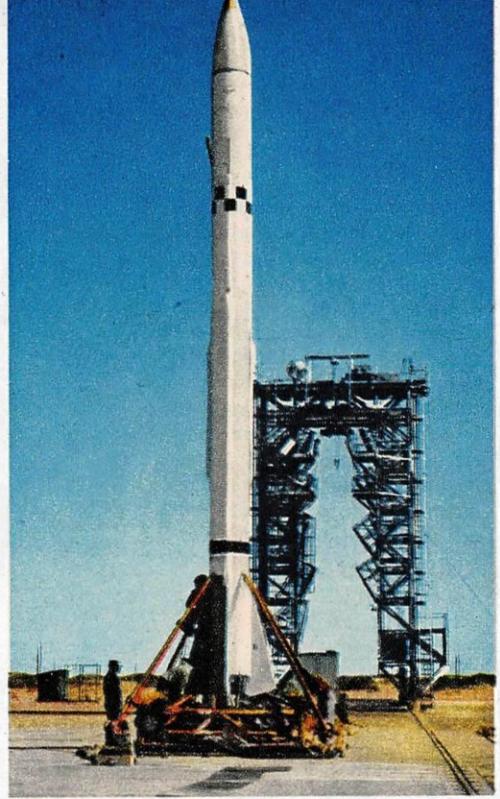
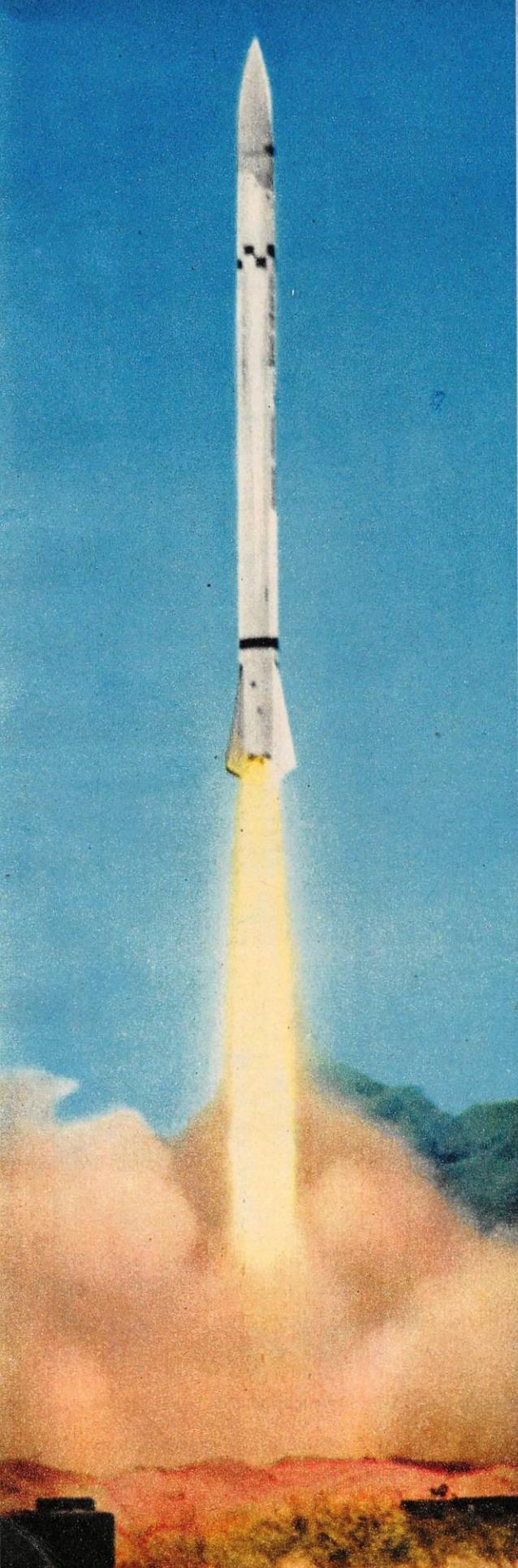
ments ; circuits imprimés, tubes subminiatures, remplacés petit à petit par des transistors. La compacité des appareils a entraîné une augmentation de la chaleur dégagée par unité de volume et deux solutions se font jour : refroidir les appareils ou les faire fonctionner à haute température, en les équipant d'éléments spéciaux tels que des tubes, non plus en verre, mais en céramique.





Le Honest John, projectile-fusée non guidé

Cet engin, qui a été construit à plusieurs milliers d'exemplaires depuis 1953, est en réalité une fusée d'artillerie propulsée par une charge de poudre de près d'une tonne. Sa portée est de l'ordre de 30 km et il peut recevoir une bombe atomique. Le lancement s'effectue très simplement sur une rampe mobile pointée en direction et en site comme pour un canon classique. Le projectile est stabilisé sur sa trajectoire par quatre petites fusées tangentielles, placées derrière la tête, qui le mettent en rotation rapide.



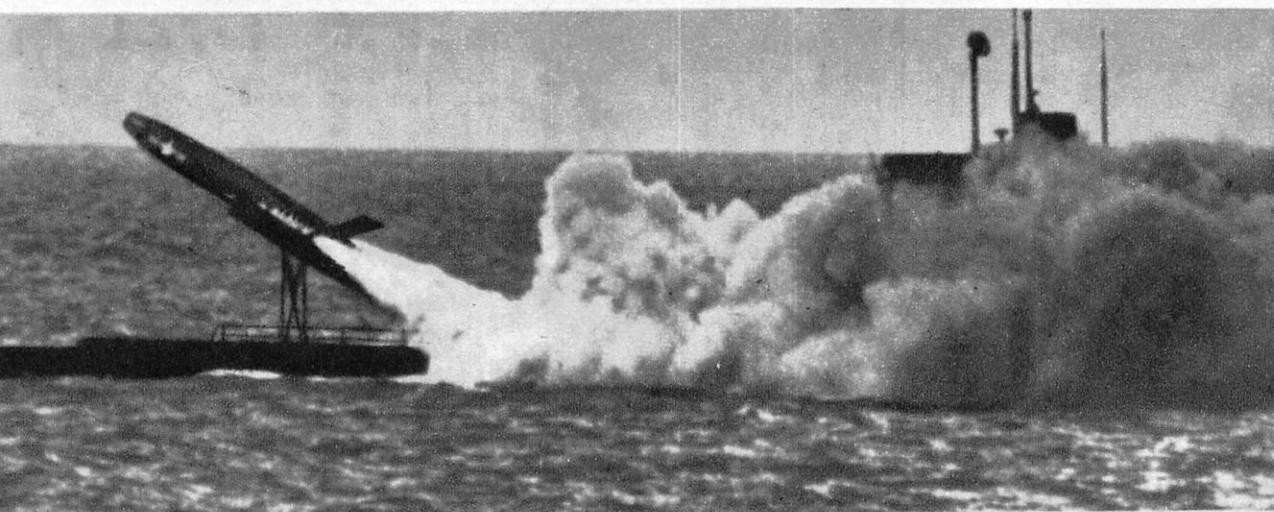
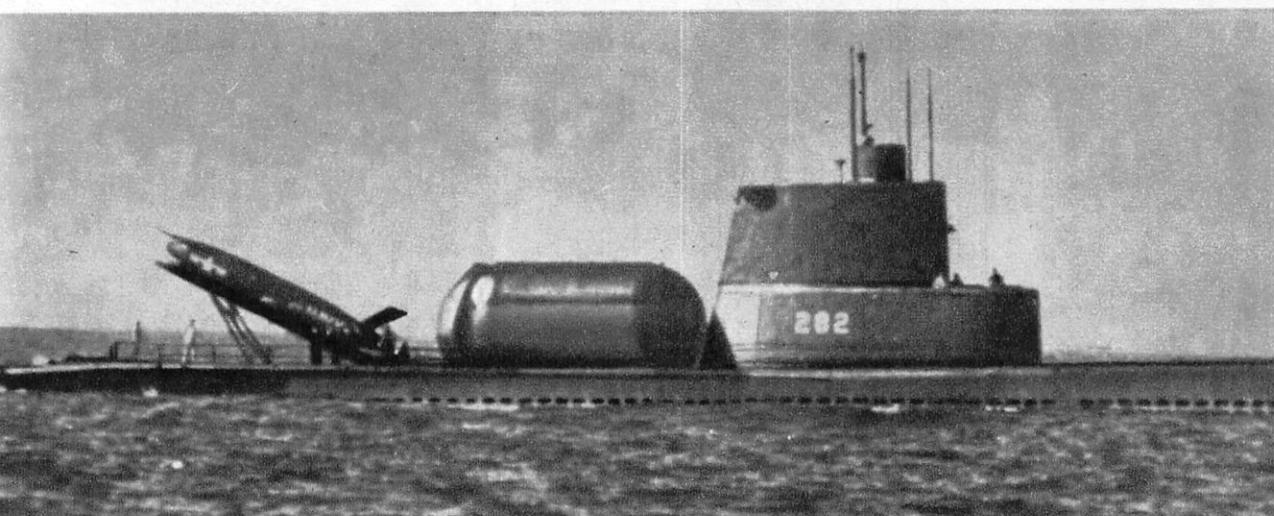
Le Corporal téléguidé porte à 80 km

C'est une des armes les plus puissantes dont dispose l'Armée américaine qui en est dotée depuis 1954. L'engin, long de 13,5 m, pèse 5,5 tonnes et son propulseur (aniline et acide nitrique) développe 9 tonnes de poussée. Le lancement est fait verticalement ; la fusée est dressée par le véhicule sur lequel elle est assemblée et qui porte une lame de bulldozer pour niveler le sol (ci-dessous). L'engin atteint Mach 3 en une minute. Il peut porter une bombe atomique.



Regulus, engin à turboréacteur

Pesant près de 7 tonnes, cet engin est doté d'une voilure en flèche repliable de 6 m d'envergure et équipé d'un Allison J 33 et d'un pilote automatique. Il arme un certain nombre de bâtiments de la marine américaine, en particulier des porte-avions ; il en décolle accroché à un chariot spécial ou est catapulté. Il peut porter une bombe atomique. Il a surtout été utilisé comme avion-cible avec parachute de récupération.



Lancement à bord d'un sous-marin

Plusieurs sous-marins américains portent un hangar pour un engin Regulus. Le lancement s'effectue sur une simple rampe avec, comme propulseurs auxiliaires, deux fusées à poudre qui se détachent quand l'engin est en vol.



La propulsion.

Il faut distinguer entre les moteurs qui utilisent l'air de l'atmosphère, et ceux qui sont indépendants de ce milieu.

Dans la première catégorie, se rangent le turbo-réacteur et le statoréacteur. Le premier a été monté sur les engins à vol horizontal à longue portée. Il équipe les *Regulus*, *Matador*, *Snark* américains ; la vitesse qu'il permet est limitée à environ deux fois la vitesse du son et l'altitude vers 18 000 m. Le statoréacteur, qui équipe les engins les plus récents, tels le *Bomarc*, le *Talos* et le *Navaho*, permet de

voler entre 20 000 et 25 000 m d'altitude, à des vitesses comprises entre trois et quatre fois la vitesse du son. Ces modes de propulsion sont intéressants quant à leur poids, si on les compare à une fusée de même poussée. En effet, la fusée doit emporter avec elle un poids de comburant trois à quatre fois supérieur à celui du combustible brûlé, alors que turbo-réacteur et statoréacteur prennent dans l'atmosphère l'air nécessaire pour brûler leur combustible. Par contre, lorsqu'il s'agit de propulser un engin en dehors de l'atmosphère, comme pour les engins balistiques intercontinentaux ou les fusées de lancement de satellites, seul

Le Regulus II supersonique

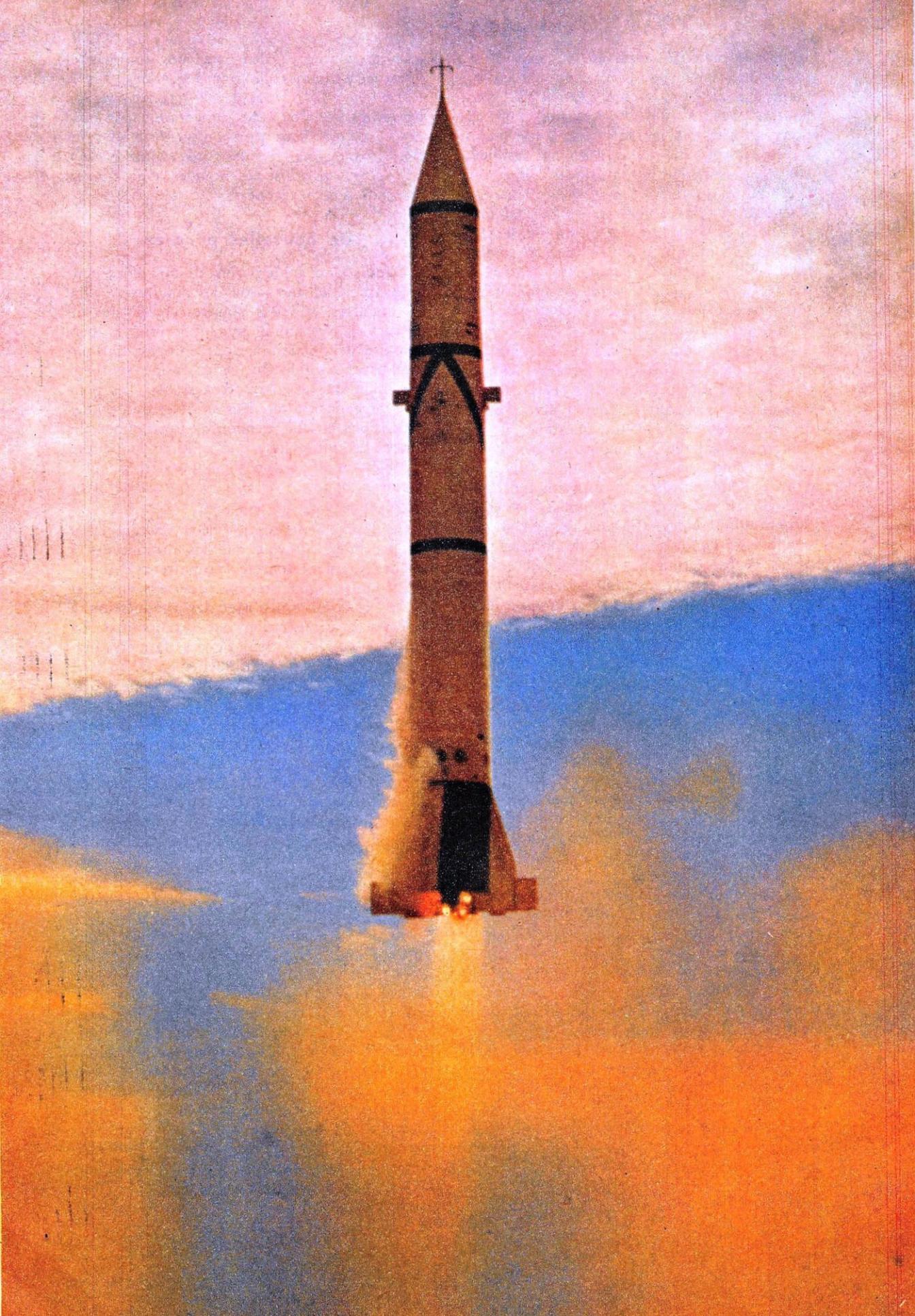
Destiné principalement à équiper les sous-marins atomiques, cet engin à longue portée (1 200 km) doit pouvoir être lancé en plongée. Il peut porter une bombe atomique et est doté d'un turbo-réacteur General Electric 179.



Le Redstone ou Jupiter A, engin balistique thermonucléaire

Ce puissant engin qui pèse plus de 18 tonnes a été développé à l'arsenal de Redstone par le « groupe des V 2 » sous la direction de Werner von Braun. Il est propulsé par une fusée à alcool et oxygène liquide qui développe une poussée de 30 tonnes et lui donne une vitesse de Mach 5. L'engin est lancé verticalement, dressé sur une plate-forme par une grue de 25 tonnes. Sur sa trajectoire balistique, il est guidé par inertie, les quatre ailettes à mi-corps effectuant les corrections.





le propulseur fusée reste en jeu, car lui seul fonctionne indépendamment du milieu ambiant. Par ailleurs, lui seul permet d'atteindre les très grandes vitesses nécessaires pour certains usages, tels le lancement d'un satellite sur son orbite ou celui d'engins destinés à abattre les engins balistiques intercontinentaux.

Certains engins, comme le *Terrier* sol-air, le *Honest John* sol-sol, le *Falcon* air-air, le *SS-10* antichars, sont mûs par une fusée à combustible solide ; d'autres, comme le *Jupiter* sol-sol, le *Nike* sol-air, le *Véronique* engin-sonde, sont mûs par une fusée à combustible et comburant liquides.

On peut se demander si l'une ou l'autre de ces solutions est appliquée suivant l'imagination du constructeur ou si elles obéissent à des considérations logiques. Pour pouvoir répondre correctement à cette question, il faut d'abord considérer les engins conçus il y a plus de cinq ans. A cette époque, on avait, pour obtenir un moteur suffisamment puissant, le choix entre les combustibles et les comburants liquides et la poudre type SD filée à la presse. Or, la puissance des presses existantes ne permettait pas de dépasser des impulsions de l'ordre de quelques dizaines de tonnes-secondes. Par ailleurs, cette poudre devait brûler sous une pression supérieure à 70 atmosphères pour se consumer régulièrement ; les parois de la chambre de combustion contenant toute la charge de poudre devaient être épaisses et le moteur était lourd. Les liquides, par contre, peuvent brûler correctement à des pressions de l'ordre de 20 atmosphères ; les parois de la chambre de combustion sont allégées d'autant. Toute la charge de combustible et de comburant n'étant pas nécessairement à la pression de la chambre de combustion, ils peuvent être emmagasinés dans des réservoirs sous faible pression, donc légers, ou être refoulés vers la chambre de combustion par un groupe turbo-pompe. De plus, la poudre vaut environ 2 000 f le kg, contre 50 f pour les liquides usuels, tels le couple oxygène liquide-gasoil ; en pratique, cette différence est en partie atténuée du fait que le propulseur à poudre est de construction beaucoup plus simple que le propulseur à liquides. Enfin, du point de vue de l'utilisateur militaire surtout, il est bien préférable d'employer des propulseurs à poudre que des propulseurs à liquides, plus complexes et souvent moins sûrs.

Cet ensemble de considérations conduit à la règle suivante : pour les petits engins, roquettes diverses, petits engins air-air, tels le *Sparrow* et le *Falcon*, la propulsion est à poudre ; pour les engins d'impulsion totale plus

grande, comprise entre quelques dizaines et quelques centaines de tonnes-secondes, tels le *Véronique*, l'*Aerobee*, le *Wac-Corporal*, on utilise les liquides avec alimentation par mise des réservoirs sous pression ; enfin, pour les très gros engins, tels la fusée-sonde *Viking*, le *Jupiter*, on utilise les liquides avec alimentation par turbopompe.

De nouvelles poudres.

Depuis cinq ans environ, de nouvelles poudres ont vu le jour ; soit des poudres de type SD moulées, soit des poudres composites où des grains très fins d'oxydant, comme le perchlorate de potassium, sont enrobés dans un combustible solide du genre résine synthétique, moulable et thermodurcissable. Ces poudres peuvent être moulées en blocs de grandes dimensions et leur pression de fonctionnement correct est plus basse que celle de la poudre SD filée. Aussi a-t-on vu apparaître de gros engins à poudre : le *Honest John* américain, par exemple.

Ce mouvement est destiné à s'accroître et on peut déjà prévoir que les propulseurs à poudre supplanteront les propulseurs à liquides à mise sous pression des réservoirs, et qu'ils resteront seuls avec les propulseurs à liquides à alimentation par turbopompe. La puissance et la poussée de ces derniers augmentent d'ailleurs continuellement ; on sait qu'aux Etats-Unis il existe des propulseurs-fusées de 80 tonnes de poussée, et on a des raisons de croire qu'il en existe de 135 tonnes ; là d'ailleurs ne s'arrêtera pas leur développement, car à Sacramento, en Californie, on a prévu d'installer un banc d'essai colossal de 800 tonnes de poussée ! On se rend compte de l'énormité d'un tel projet, lorsqu'on sait qu'un tel monstre dévorera 4 tonnes de combustible et de comburant par seconde.

Les formes.

Lorsqu'on regarde les photographies d'engins spéciaux, on est frappé par la variété de leurs formes : il en est d'effilés, d'autres sont ventrus, il y a des ailes longues et des ailes courtes, il y a des ailes carrées et des ailes triangulaires, en nombre variable : en un mot, il semble que seule la fantaisie ou l'imagination ait guidé le crayon du constructeur. En réalité, chaque forme est le résultat de très nombreux essais en maquette ou en grandeur naturelle, en soufflerie ou en vol libre. La résistance à l'avancement dans l'air doit être aussi faible que possible, ce qui conduit, d'une part, à donner à l'engin un allongement aussi grand que possible sans trop augmenter son

ENGINS DE RECHERCHE POUR LA HAUTE ATMOSPHERE

Nom de l'engin et constructeur	Propulseur principal	Propulseur de lancement	Longueur et poids	Observations
FRANCE VÉRONIQUE L. R. B. A.	Fusée à comb. liq. Poussée 4 000 kg pendant 45 s	sans	7,30 m 1 433 kg	4 830 km/h. A atteint 135 km d'altitude. Guidage par fils sur 55 m.
ÉTATS-UNIS AEROBEE Aerojet General	Fusée à comb. liq. Poussée 1 180 kg pendant 45 s	Fusée à combustible solide Poussée : 8 165 kg pendant 2,5 s	5,72 m 517 kg	4 500 km/h. Lancement par tour de 43 m. A atteint 198 km d'altitude. Charge utile 68 kg.
AEROBEE-HI Aerojet General	Fusée à comb. liq. Poussée 1 800 kg	Fusée à combustible solide Poussée 8 165 kg pendant 2,5 s	7 m 595 kg	6 900 km/h. Développement de l'Aerobee. A atteint 262 km d'altitude.
VIKING Martin	Fusée à comb. liq. Poussée 9300 kg	sans	12,80 m 6 775 kg	6 900 km/h. Dérivé de V2. A atteint 252 km d'altitude.

poids, d'autre part, à faire les voilures aussi minces que possible. Leur portance doit être suffisante pour que l'engin puisse modifier considérablement sa trajectoire pour un angle d'incidence faible.

L'engin doit être stable, il faut donc que son centre de gravité soit placé en avant du centre de poussée où s'applique la résultante des forces aérodynamiques ; mais il ne faut pas que la distance qui sépare ces deux points soit trop grande, sinon l'engin ne serait plus guidable. Or, au cours du vol, la position du centre de gravité varie, car l'engin se déleste progressivement de son combustible et de son comburant ; il faut donc trouver une forme aérodynamique telle que ce déplacement, comme celui du centre de poussée, sous l'influence des variations de vitesse de vol et d'incidence, ne nuisent pas à la stabilité, l'engin demeurant toujours maniable.

Cette dernière condition détermine la forme et la position des voilures. Pour modifier la trajectoire des engins, on leur donne une certaine incidence, laquelle entraîne une portance, une accélération transversale et finalement un déplacement dans le sens voulu. On peut, comme nous l'avons dit, utiliser des gouvernes inclinables ou dévier le jet des gaz éjectés, soit par des volets, soit en inclinant toute la chambre de combustion montée à la cardan. Les solutions aérodynamiques sont employées dans les engins à fortes évolutions, sol-air ou air-air ; les solutions à déviation de jet, qui n'augmentent pas la traînée par adjonction de gou-

vernes, conviennent lorsque les variations à apporter à la trajectoire sont lentes ; c'est le cas des engins sol-sol.

Les moyens mis en œuvre.

Ne quittons pas le domaine de l'aérodynamique sans évoquer l'échauffement aérodynamique à grande vitesse, qui commence à devenir préoccupant pour des fusées volant à cinq fois la vitesse du son, comme la fusée-sonde américaine *Aerobee*, sur laquelle on a mesuré 250 degrés centigrades aux bords d'attaque des empennages. Le problème se pose avec une acuité particulière pour les fusées intercontinentales ; les constructeurs doivent envisager des mesures spéciales pour éviter qu'à la retombée dans les couches denses de l'atmosphère l'engin ne se transforme en étoile filante et ne brûle totalement avant d'atteindre son objectif. Cette étude exige des moyens de recherche toujours plus perfectionnés, plus puissants et plus coûteux : ce sont les souffleries à très grand nombre de Mach, ce sont celles dans lesquelles on tire des maquettes à grande vitesse à contre-courant de l'écoulement gazeux, ce sont les tubes à ondes de choc où les maquettes sont soumises à des rafales d'air d'une vitesse supérieure à 30 000 kilomètres à l'heure pendant quelques millièmes de seconde. On imagine facilement la complexité et la difficulté de mise au point des appareils qui doivent faire des mesures valables pendant cette infime durée.



En ce qui concerne la technique de la construction, les engins sont généralement inspirés de la construction aéronautique : mais il faut se rappeler que l'engin peut être soumis à des accélérations axiales pouvant atteindre 100 fois l'accélération de la pesanteur et à des accélérations transversales pouvant atteindre 30 fois cette même accélération : ces grandes valeurs résultent des possibilités d'évolution considérables des engins, qui sont une de leurs qualités fondamentales. A ces accélérations, il faut ajouter les efforts dus aux vibrations produites par le moteur ou par les forces aérodynamiques et qui transforment l'engin en un énorme barreau vibrant longitudinalement, transversalement et en torsion. Des matériaux nouveaux font leur apparition : alliages ultra-légers à base de magnésium, titane et ses alliages, complexe verre-résine. Ce dernier, formé de fibres de verre très fines, enrobées dans des résines synthétiques de natures diverses, est

La Nike, engin de D. C. A. radioguidé

Le type actuellement en service porte le nom de Nike-Ajax. Son développement remonte à la fin de la deuxième guerre mondiale de sorte que son efficacité se trouve maintenant réduite par l'apparition des bombardiers rapides à réaction. C'est cependant une arme puissante à laquelle est confiée la défense antiaérienne de nombreux centres industriels américains. Le propulseur principal est un moteur-fusée à kérosène et acide nitrique ; le lancement s'effectue par rampe avec propulseur auxiliaire largable à poudre. L'engin atteint Mach 2. Une version plus perfectionnée, Nike-Hercules, de portée plus grande, 64 km au lieu de 27 km, et pouvant emporter une bombe atomique, se trouve en cours de développement.



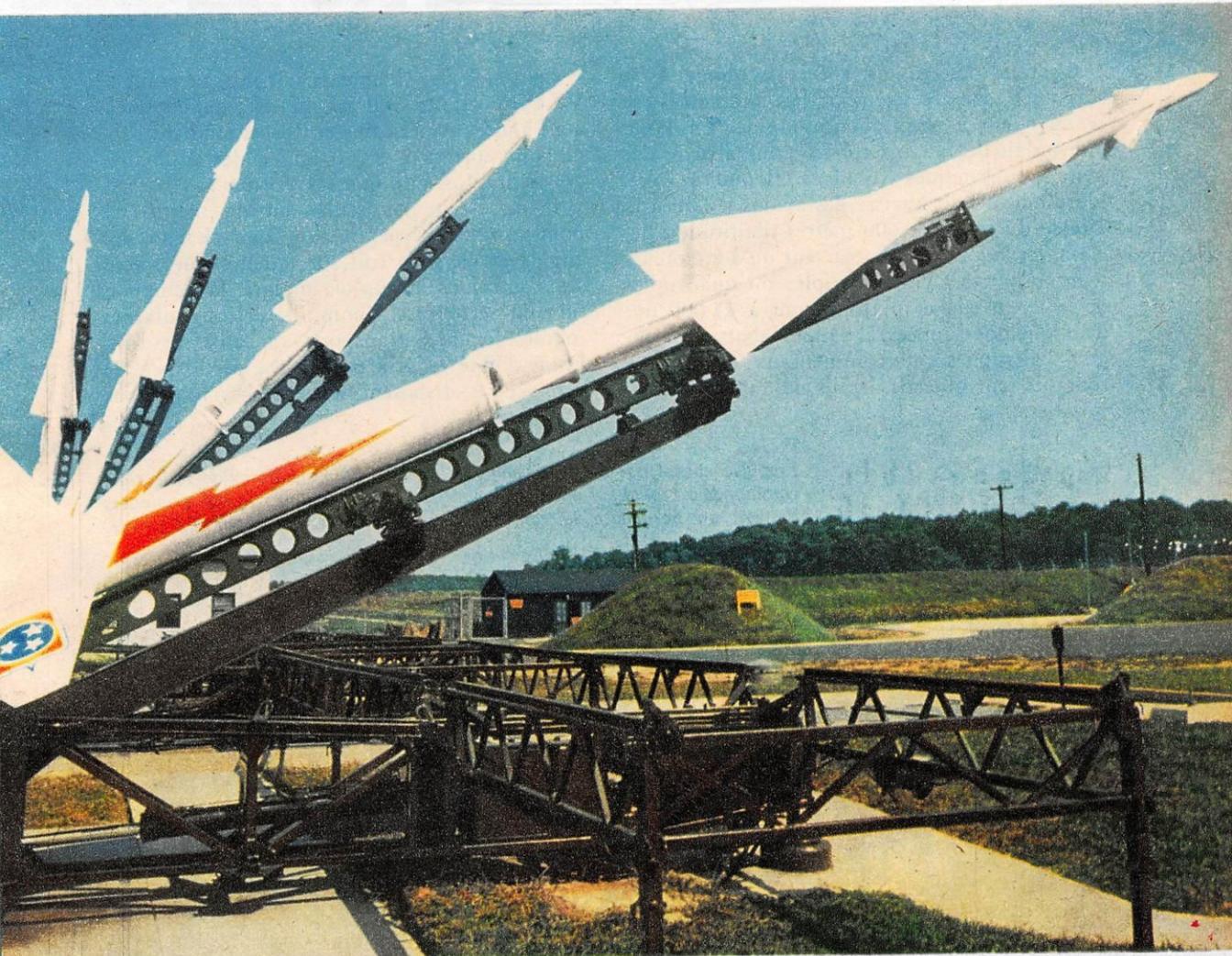
déjà employé et appelé à un grand avenir, étant donné sa résistance spécifique élevée ; on a obtenu, sur des échantillons de laboratoire, une résistance à la traction voisine de 250 kg/mm^2 , soit deux fois plus que le meilleur acier pour une densité six fois moindre.

Nous ne pouvons qu'évoquer ici le matériel, aussi divers qu'abondant, nécessaire au lancement et à l'entretien des grands engins civils et surtout militaires : appareils de levage et de manutention, montages pour l'assemblage des divers éléments, remplissage en liquides divers, appareils de vérification, sources d'énergie électrique externes sous plusieurs tensions, compresseurs, accumulateurs hydrauliques, radars, calculateurs électroniques, etc. Que représente cependant cette énumération impressionnante à côté de celle des moyens indispensables à l'étude et à la mise au point des engins ? Ce sont les stands d'essai

de plusieurs centaines de tonnes de poussée, les souffleries supersoniques dont la puissance dépasse cent mille chevaux, les machines électroniques capables de faire des dizaines de milliers d'opérations arithmétiques par seconde, les appareils de mesure à temps de réponse inférieur au millième de seconde, les éléments composants dont la robustesse et la sûreté doivent être sans cesse accrues, usinés avec une précision dépassant tout ce qui a été fait jusqu'ici. L'activité de centaines de milliers de personnes et des centaines de milliards y sont consacrés.

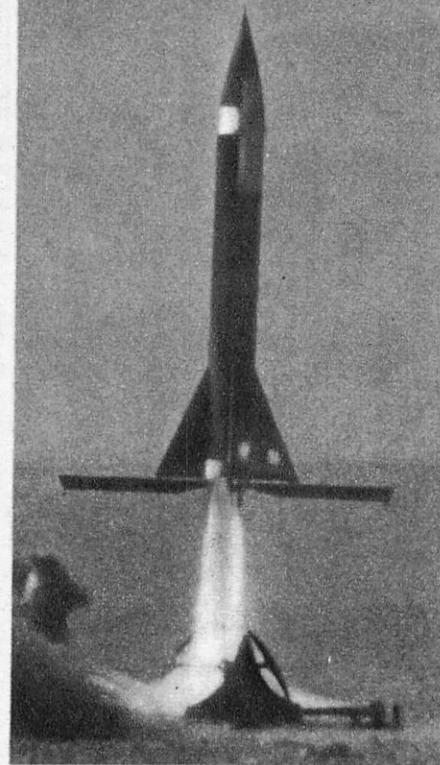
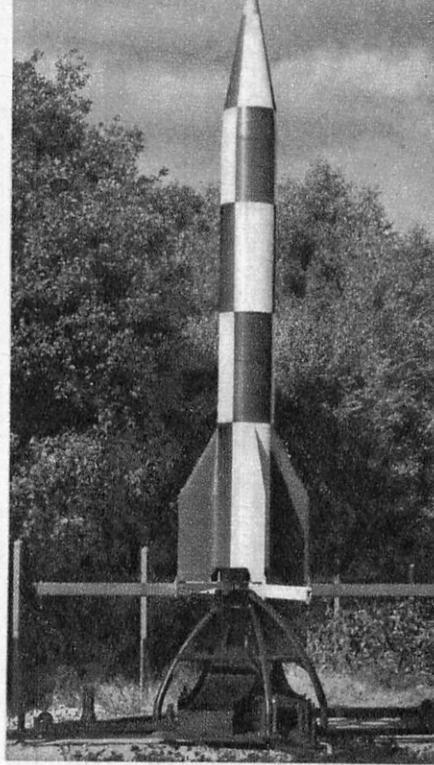
Une source de progrès général.

Le résultat n'apparaît pas seulement dans la mise au point de nombreux prototypes, mais aussi dans les progrès, sur le plan le plus général, de la science et la technique que la



Véronique au lancement

La fusée française Véronique pour l'exploration de la haute atmosphère est lancée verticalement sur une plate-forme ; elle est guidée sur les 55 premiers mètres de son parcours par quatre fils qui se déroulent régulièrement, fixés aux extrémités des bras de l'empennage cruciforme. Ceux-ci se détachent alors et l'engin poursuit son vol. La tête, où sont logés les instruments de mesure, retombe sur le sol, freinée par des disques.



réalisation des engins spéciaux oblige à se surpasser sans cesse, car les problèmes se renouvellent à une cadence rapide. En 1945, on voulait des engins sol-air pour abattre des avions subsoniques volant à 10 000 m. Aujourd'hui, il faut abattre des avions volant à la vitesse du son à 15 000 mètres d'altitude ; demain, les avions à turboréacteur ou à statoréacteur auront des vitesses triples ou quadruples de celle du son et plafonneront à 25 000 m ; dans quelques années, il faudra abattre les engins balistiques intercontinentaux qui arriveront sur leur objectif à plus de 5 000 m/s.

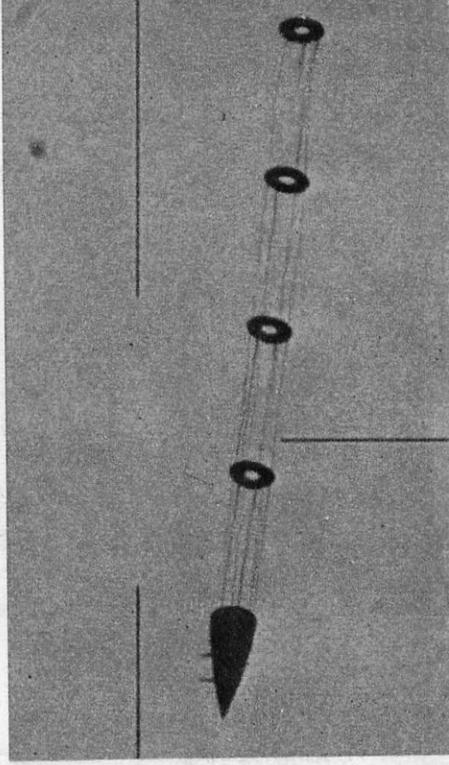
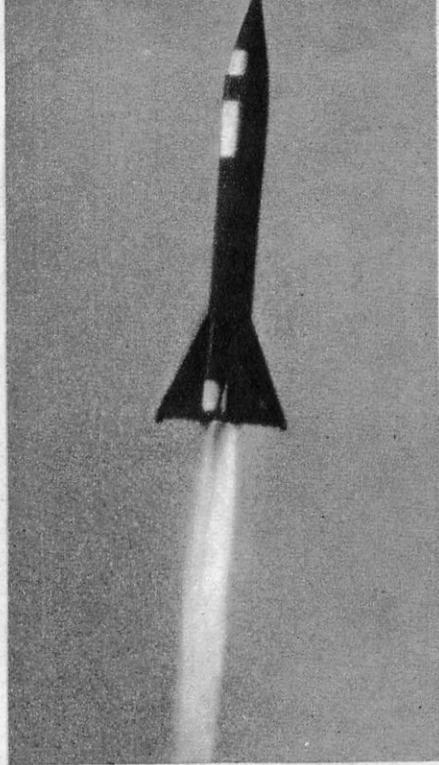
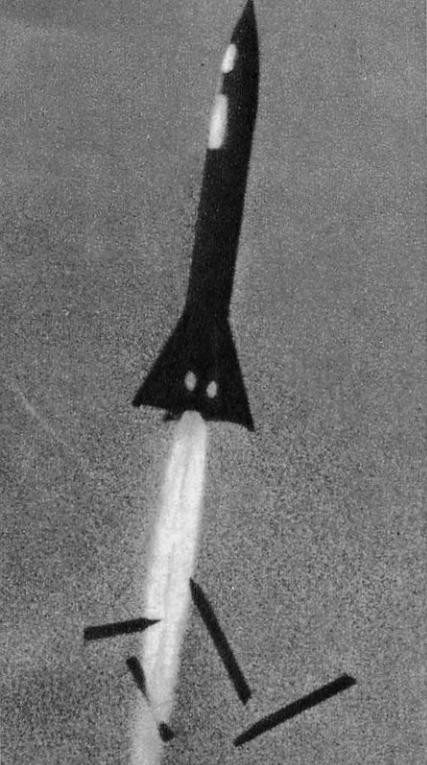
En 1944, les Allemands ont mis au point le V2 qui portait à 300 kilomètres ; depuis quelques années Américains et Russes étudient l'engin qui portera à 8 000 km, et les difficultés croissent plus vite que les portées !

Il ne s'agit pas seulement de mettre au point un prototype, il faut que chacun des engins de la série soit sûr, quelles que soient ses conditions d'emploi, malgré la température, la sécheresse, l'humidité et les brutalités imputables aux transports ou aux servants. Etant donné le prix de ces engins, le peu de temps dont disposent les engins sol-air pour

L'avion-cible français CT-10

Propulsé en vol par un pulsoréacteur (poussée 90 kg), cet avion-cible télécommandé est lancé sur une rampe par deux fusées à poudre. Après 35 minutes de vol, un parachute le ramène au sol où il se fiche par sa pointe.





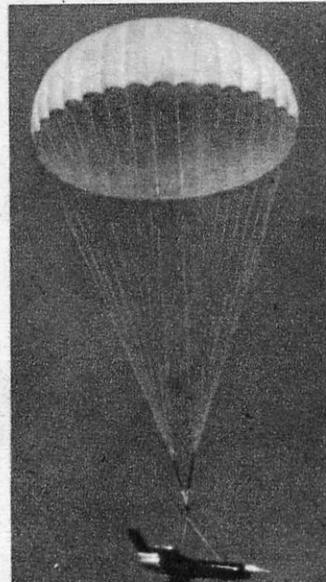
abattre leur objectif, ou le danger que représentent les engins sol-sol, on ne peut admettre de défaillance. Or, la sûreté d'un ensemble d'organes fonctionnant en chaîne est le produit des sûretés individuelles des divers organes. Supposons qu'un engin spécial soit composé de 300 organes et que chacun d'eux ait 99 chances sur 100 de fonctionner ; dans ces conditions l'engin n'aura que 5 chances sur 100. Inversement, si l'on veut qu'un engin composé de 300 organes ait 99 chances sur 100 de fonctionner, il faut que chacun des organes marche à coup sûr 99 995 fois sur

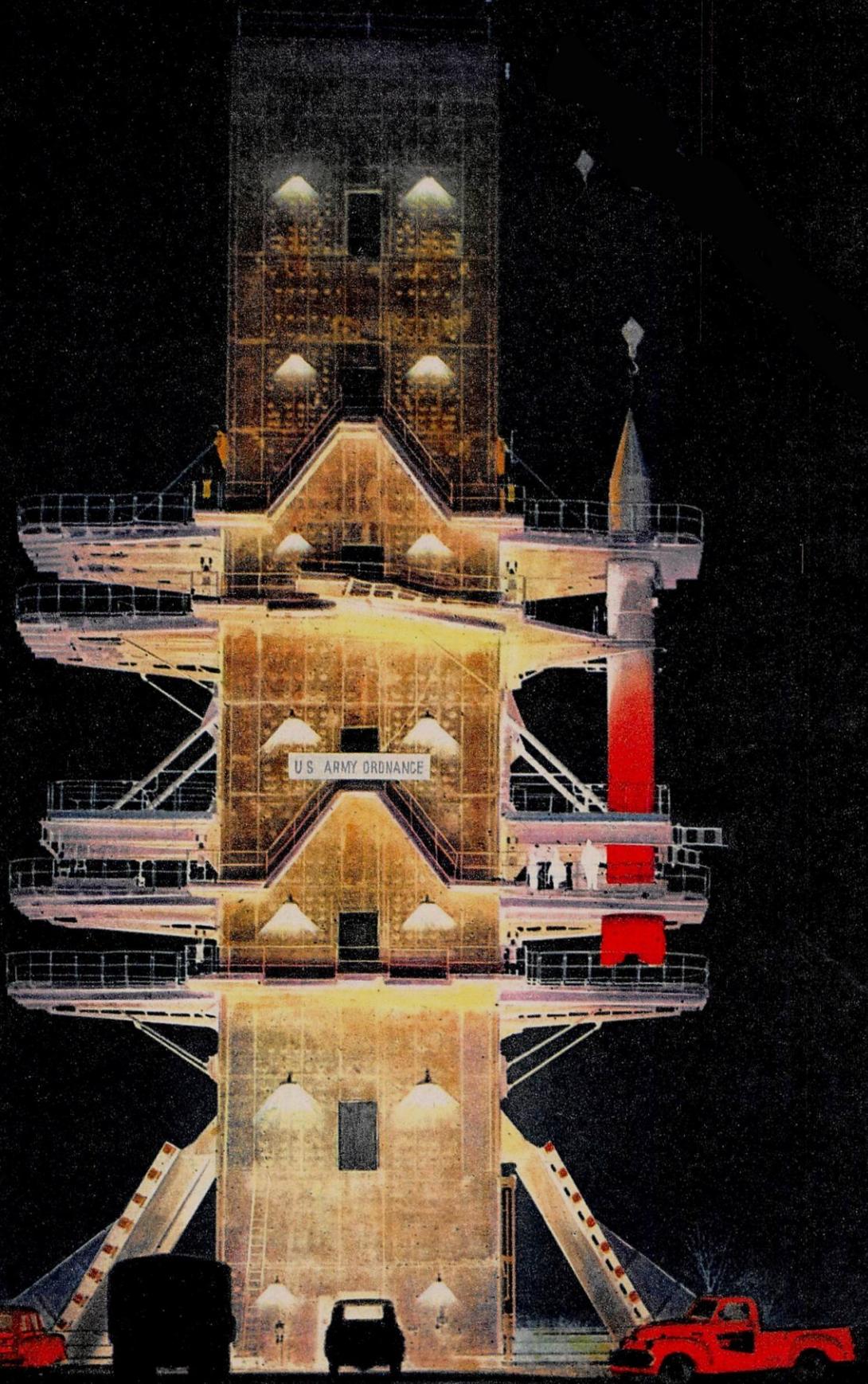
100 000. Ces chiffres expliquent pourquoi il faut attacher une telle importance à la sûreté de chacun des éléments composants, pourquoi il faut les essayer de si nombreuses fois dans des conditions plus dures que celles du fonctionnement normal, pourquoi il faut faire tant de recherches et de mises au point sur l'élément le moins important en apparence, et pourquoi, finalement, les résultats de ces travaux d'avant-garde sont si profitables aux branches les plus diverses de la technique.

JEAN CORBEAU

L'avion-cible français CT-20

Celui-ci est équipé d'un turboréacteur Marboré II. Comme le précédent, il est télécommandé et lancé par rampe à l'aide de fusées à poudre. Son plafond est de 14 000 m ; 45 mn de vol. Le parachute le ramène horizontalement.





L'ENGIN INTERCONTINENTAL ARME ABSOLUE



VOUS venez, écrivait en substance, en novembre dernier, M. Boulganine aux présidents du Conseil français et britannique, de lancer vos marines et vos aviations contre un pays à demi armé. Que diriez-vous si d'autres utilisaient contre vous ces « fusées » dont vous n'avez pas l'équivalent et que toute votre organisation de défense n'a aucun moyen de parer ? »

La réplique du général Gruenther, de son poste de commandement du SHAPE, fut immédiate : « Si l'URSS mettait à exécution sa menace d'envoyer des fusées sur certains pays de l'OTAN, déclara-t-il, nous aurions immédiatement recours aux représailles et l'Union Soviétique serait détruite. Cela est aussi certain que la nuit succède au jour. Car l'Occident dispose d'une puissance de représailles écrasante. »

L'arrêt des opérations entreprises à Suez par la France et la Grande-Bretagne suivait, dans les vingt-quatre heures, la menace non voilée des dirigeants soviétiques. Ce n'était peut-être qu'une coïncidence. Néanmoins, quelques jours plus tard, M. Douglas Dillon, ambassadeur des Etats-Unis, attribuait bien la décision de retrait à la menace de M. Boulganine. On ne saurait d'ailleurs s'étonner qu'un pays qui possède assez de bombes thermonucléaires pour ponctuer d'une nouvelle explosion expérimentale la proposition de

désarmement qu'il présentait au même moment, ait des moyens de se faire entendre lorsqu'il s'adresse à d'autres qui, onze ans après Hiroshima, prétendent influencer sur les destinées du monde sans ce minimum de préparatifs.

Les engins balistiques à très grande portée : ICBM et IRBM

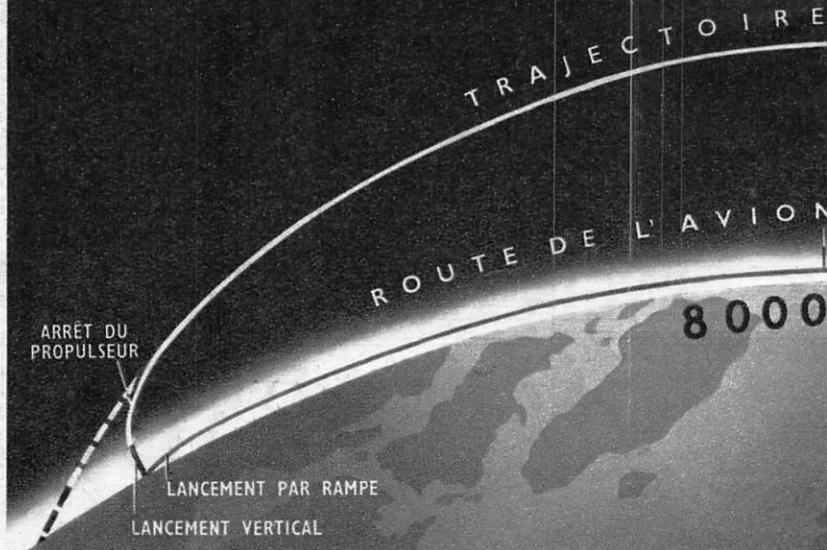
Pas plus que les Etats-Unis, la France et la Grande-Bretagne ne pouvaient ignorer l'avance prise par l'URSS dans le domaine des engins guidés à grande portée. Vers la fin de 1956, les trajectoires d'engins soviétiques de près de 1 500 kilomètres, détectées par les radars américains, se multipliaient sur la base de cinq lancements mensuels, alors que l'aviation américaine n'avait pas même tiré le premier de ses engins à « portée intermédiaire », le Douglas « Thor ».

L'affaire avait commencé pendant l'été 1955 par la détection de trajectoires d'engins « balistiques » à portée variant entre 1 400 et 1 600 kilomètres, en Ukraine et dans l'Arctique. Les dirigeants américains, aussitôt alertés, avaient alors classé en première urgence l'achèvement de l'engin intercontinental en construction, le Convair « Atlas » de 8 000 kilomètres de portée. Sous la pression du Congrès, l'U.S. Air Force dut passer commande à Martin d'un deuxième engin répondant au même programme, le « Titan ». En même temps, on lançait un deuxième programme d'engins balistiques, de portée réduite à 2 400 kilomètres. L'un, le « Thor », était commandé à Douglas, au compte de l'Aviation ; l'autre, le « Jupiter C », à l'arsenal de Redstone, pour le compte de l'Armée et de la Marine. Les deux classes d'engins furent désignées sous les initiales I.C.B.M.

La tour d'essai de Redstone

La série des engins balistiques étudiés à Redstone est expérimentée sur une tour en béton de 45 m qui pourra même être utilisée pour le Jupiter C de 2 400 km de portée. Les plans inclinés au pied de la tour sont recouverts de plaques d'acier épaisses sur lesquelles des pompes entretiennent une lame d'eau.

Les trajectoires pour les engins du bombardement intercontinental



(Inter-Continental Ballistic Missile) et I.R.B.M. (Intermediate Range Ballistic Missile).

Mais on ne pouvait s'attendre à ce que le prototype du Douglas « Thor » soit tiré avant le premier semestre 1957, et ceux des I.C.B.M., « Atlas » et « Titan », avant 1958. Or, la cadence des lancements soviétiques à grande portée indiquait que, dès le deuxième semestre 1956, les engins étaient entrés en service dans les unités. Le retard américain est donc indéniable et atteint plusieurs années pour le type qui, dans l'état actuel des positions géographiques, est le plus intéressant. La portée de 2 400 kilomètres suffit en effet largement aussi bien contre les principaux centres démographiques et industriels soviétiques, à partir des bases dont disposent les pays membres de l'OTAN, que contre la plupart des centres similaires, en Europe occidentale, à partir des bases soviétiques.

Des projets allemands d'engins planants aux engins balistiques

Les premiers projets d'engins guidés pour bombardement intercontinental remontent à 1944-1945. Ils portaient sur un engin à deux étages, dont le deuxième, équipé d'une voilure, prolongeait par un vol plané de plusieurs milliers de kilomètres la trajectoire parabolique du premier ; on devait ainsi faire franchir l'Atlantique à une charge d'une tonne de tolite en acceptant un poids total d'une centaine de tonnes au départ.

Même si les projets des techniciens allemands de Peenemünde avaient été réalisables, le bombardement des Etats-Unis à partir des bases allemandes ne présentait guère d'intérêt militaire dans ces conditions. L'engin planant, peu précis, ne pouvait être qu'une

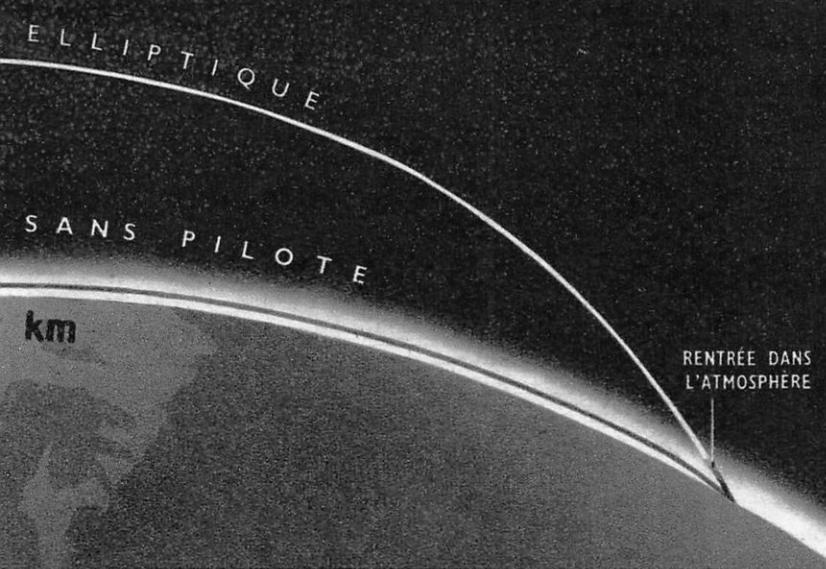
fantaisie technique, même s'il avait transporté une bombe atomique. Celle-ci ne représente que l'équivalent de quelques dizaines de milliers de tonnes de tolite et les destructions n'intéressent qu'une zone limitée à 5 ou 10 kilomètres de diamètre.

L'avènement de la bombe thermonucléaire, équivalant à plusieurs dizaines de millions de tonnes de tolite, a modifié radicalement les données du problème, surtout si l'on envisage de la faire exploser à quelques dizaines de kilomètres d'altitude, comme à Bikini et Eniwetok au cours de l'été 1956, car son effet s'exerce alors sur une zone de 100 à 200 kilomètres de diamètre.

De plus, la portée de l'engin planant n'était obtenue qu'au détriment de la vitesse à l'arrivée sur l'objectif, et on pouvait admettre qu'il serait, même supersonique, une proie aisée pour les engins « anti-engins » étudiés par les Etats-Unis dès 1945.

C'est donc fort judicieusement que l'aviation américaine a orienté ses recherches dans la voie de l'engin balistique, parcourant sa trajectoire à la manière d'un obus et non d'un planeur, et portant une charge atomique ou thermonucléaire de grande puissance.

C'est en février 1954 qu'un comité organisé par M. Trevor Gardner et présidé par le Dr John von Neumann, membre de l'Atomic Energy Commission, présenta ses recommandations pour un projet qui reçut la priorité numéro un. Les mesures d'exécution prises en juin et août de la même année aboutirent à la commande de l'« Atlas » à Convair. Ce n'est qu'après les lancements soviétiques de 1955 que cette commande fut doublée par celle du « Titan », puis par celle des deux I.R.B.M. : le « Thor » et le « Jupiter C », de construction certainement beaucoup plus aisée et rapide.



L'engin balistique parcourt sa trajectoire à la manière d'un obus ; son propulseur s'arrête quand il est placé avec la vitesse convenable sur l'ellipse qui l'amène au but. Avec la formule de l'avion sans pilote, la propulsion s'opère dans l'air sur tout le parcours.

L'engin anti-engins

Si l'on a pu construire des engins défensifs contre tous les types d'avions, même supersoniques, arrivera-t-on à réaliser un engin défensif capable de détruire tous les engins offensifs, même balistiques ?

Comme l'U.S. Air Force, l'U.S. Army a pensé que la question méritait au moins d'être étudiée. En même temps qu'elle lançait la construction du « Jupiter » à l'arsenal de Redstone, elle passait, en janvier 1956, avec les Bell Laboratories, un contrat de 12 millions de dollars pour l'étude d'un engin défensif contre lui. Quatre « antis », suivant l'abréviation américaine, sont en construction : deux pour l'Armée aux Bell Laboratories et à la Cornell University, deux pour l'Aviation chez Convair et North American.

Ce genre d'études est, en fait, beaucoup plus ancien puisqu'il débuta, en 1945, par le projet Thumper (MX-795), destiné à l'interception des V-2 et confié à la General Electric. L'étude de tels engins défensifs avait dû

être abandonnée. La détection par radar, l'identification, la détermination de la trajectoire et le calcul de la route d'interception demandaient, en effet, la plus grande partie des cinq minutes de trajet de la V-2, atteignant Mach 5. Et l'on aboutissait, affirmait-on, à des vitesses à peu près doubles, difficilement réalisables à l'époque.

L'interception des engins intercontinentaux ne se heurte pas à ce genre de difficulté. Pour l'I.C.B.M. le dispositif de recherche et de calcul pourrait largement être mis en œuvre au cours d'une durée de trajet dépassant la demi-heure.

L'expérience de la détection des engins soviétiques à grande portée montre qu'on a pu repérer effectivement, à très grande distance, des objets de dimensions aussi faibles qu'un engin au départ et que sa tête, chargée d'explosif, à l'arrivée, une fois les étages successifs abandonnés. Cette facilité relative est due, semble-t-il, à l'ionisation de l'air provoquée par le passage de l'engin à grande

Le champ de tir des engins à longue portée

Les essais sont conduits aux Etats-Unis dans un champ de tir qui s'étend de la base de Saint-Patrick en Floride à l'île Ascension. C'est là qu'un Snark a dévié au début de 1957 vers les forêts de l'Amazonie et qu'un engin a atteint, fin 1956, 4 800 km.



vitesse, créant un nuage de particules ionisées réfléchissant bien les ondes radar.

S'il suffisait d'intercepter l'engin offensif à une altitude de 20 à 30 km pour préserver l'objectif des effets de son explosion, le résultat pourrait être obtenu avec un engin anti-engins de vitesse et d'accélération acceptables, se portant au-devant du premier. Malheureusement pour la défense, l'effet thermique de l'explosion à très grande altitude, qui a pu être vérifié en 1956 à Bikini et Eniwetok, où la bombe a éclaté à 35 kilomètres, n'autorise pas cette conclusion rassurante. Il faudrait pouvoir intercepter l'engin offensif à plus de 100 km d'altitude, ce qui exige, étant donné l'altitude probable de sa détection et sa vitesse de chute de près de 7 000 m/s pour l'I.C. B.M., des engins défensifs de vitesse et d'accélération inacceptables, aussi coûteux que les premiers.

Le succès de l'interception par engins défensifs dépend encore d'un autre facteur, la puissance de leur explosion. On n'hésitera évidemment pas à les équiper d'une charge atomique, probablement même d'une charge thermonucléaire de puissance modérée. Telle est la doctrine officielle américaine, rappelée encore le 2 juillet 1956 par l'amiral Lewis L. Strauss, président de l'Atomic Energy Commission. Si l'adversaire se présentait sous la forme d'un avion ou même d'un engin lors de son départ, il serait volatilisé par une semblable explosion jusqu'à plusieurs kilomètres de distance. Mais l'engin offensif se réduira à ce moment à sa charge, c'est-à-dire à un bloc d'un millier de kilogrammes. Beaucoup plus qu'à un engin de quelques dizaines de mètres de long à revêtement mince en alliages légers, l'adversaire ressemblera à un projectile de perforation de 380, aux parois en uranium de plusieurs centimètres d'épaisseur. Rien n'est moins sensible à la chaleur. Cette charge, passant en quelques dixièmes de seconde au voisinage de la boule de feu d'une

explosion nucléaire, n'en sera guère incommodée.

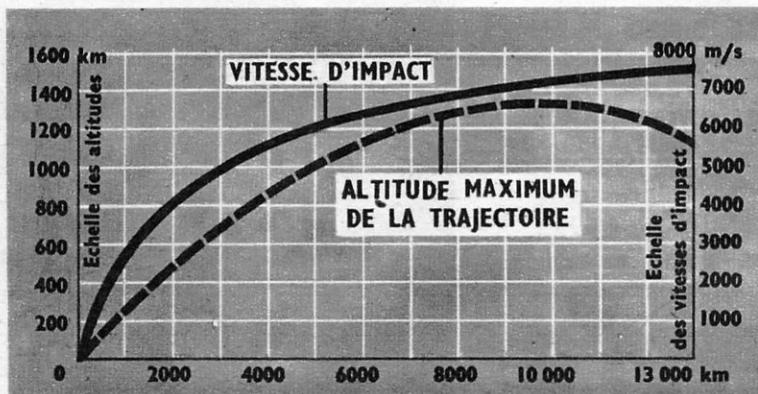
Restent enfin les contre-mesures prévisibles pour se défendre de l'engin anti-engins, dont la plus naturelle est l'intervention d'un dernier étage de propulsion modifiant la vitesse sur la fin de la trajectoire. On ne peut songer, en effet, à équiper l'engin anti-engins d'une tête chercheuse et d'un radar, à la manière de ceux qui se dirigent automatiquement, à plusieurs kilomètres de l'objectif, sur un avion de quelques dizaines ou centaines de mètres carrés de voilure. Les radars pour détection d'engins balistiques à des centaines de kilomètres de distance devraient, a-t-on dit, atteindre « les dimensions d'un terrain de football ». Le seul moyen de conduite de l'engin anti-engins sera le téléguidage, à partir de radars et de calculateurs à terre, mettant en œuvre des moyens de puissance limitée. L'ensemble suffirait peut-être à placer l'engin défensif à quelques centaines de mètres de l'engin offensif si la rencontre devait se produire à une trentaine de kilomètres du sol ; mais il s'agit d'une altitude de 100 kilomètres et un écart de moins de quelques kilomètres est exclu. Si donc l'engin offensif reçoit, d'un dernier et léger étage de fusée, une accélération ou un freinage modifiant sa vitesse de 100 à 200 m/s lorsqu'il sera retombé entre 200 et 150 kilomètres d'altitude, sa destruction devient problématique.

Ainsi, dans la lutte engin offensif-engin défensif, il semble bien que le premier conserve la supériorité.

L'explosion thermonucléaire haute

L'engin balistique, propulsé par un moteur-fusée qui dispense d'emprunter le comburant à l'atmosphère, permet, pour la première fois, de provoquer l'explosion thermonucléaire à une altitude très supérieure à celle que peuvent atteindre les avions actuellement en ser-

Pour les engins balistiques à grande portée, les vitesses de lancement et les sommets des trajectoires elliptiques diffèrent beaucoup des mêmes valeurs calculées pour les trajectoires paraboliques en négligeant la courbure de la Terre. La vitesse nécessaire, représentée par la vitesse d'impact, est de 6 900 m/s pour la portée de 8 000 km.



ENGINS INTERCONTINENTAUX: PORTÉE 8 000 KM

FORMULE BALISTIQUE (ICBM)

ATLAS

(Convair)

Engin de 30 m de haut (lancement dans la position verticale). Poids dépassant 40 tonnes. Propulseur principal : fusée North American à combustibles liquides (poussée de l'ordre de 60 tonnes pendant 180 secondes); propulseurs auxiliaires largables : 2 fusées North American à combustibles liquides (poussée de l'ordre de 45 tonnes). Vitesse en fin de combustion : plus de 25 000 km/h. Sommet de la trajectoire à plus de 1 200 km d'altitude. Peut emporter une bombe thermonucléaire.

TITAN

(Martin)

Engin à deux étages de tonnage et de performances sensiblement égaux à ceux du précédent. Utiliserait les mêmes éléments mécaniques de base avec une disposition différente.

FORMULE BOMBARDIER SANS PILOTE (ICM)

SNARK

(Northrop)

Engin à voilure en flèche à 45°; envergure 12,80 m; longueur 22,56 m; poids 15 875 kg. Propulseur principal : turboréacteur Pratt et Whitney J57 de 4 550 kg de poussée; propulseurs auxiliaires de lancement : 2 fusées à combustible solide de chacune 15 000 kg de poussée. Lancement sur rampe; engin et rampe transportables par avion (C-124 Globemaster). Vitesse maximum : 965 km/h (risque d'interception par chasseurs supersoniques ou engins de D.C.A. malgré manœuvres de dérobement automatiques suivant « programme » électronique fixé au départ). Guidage sidéral. Peut emporter une bombe thermonucléaire. Actuellement construit en série.

NAVAHO

(North American)

Propulseurs principaux : 2 statoréacteurs Wright RJ47; propulseur auxiliaire de lancement : fusée North American à combustibles liquides (poussée de l'ordre de 45 tonnes). Volerait vers 25 000 m d'altitude à la vitesse maximum de 2 655 km/h (température prévue pour le revêtement 150°C). Guidage sidéral, auto-guidage sur infrarouge à l'arrivée. Peut emporter une bombe thermonucléaire.

ENGINS TRANSCONTINENTAUX: PORTÉE 2 400 KM

FORMULE BALISTIQUE (IRBM)

JUPITER C

(Redstone-
Chrysler)

Propulseur principal : fusée North American à combustibles liquides (poussée de l'ordre de 60 tonnes).

THOR

(Douglas)

Propulseur principal : fusée North American à combustibles liquides.

POLARIS

(Lockheed)

Propulseur à combustible solide. Pourrait être lancé par un navire de surface ou un sous-marin en plongée.

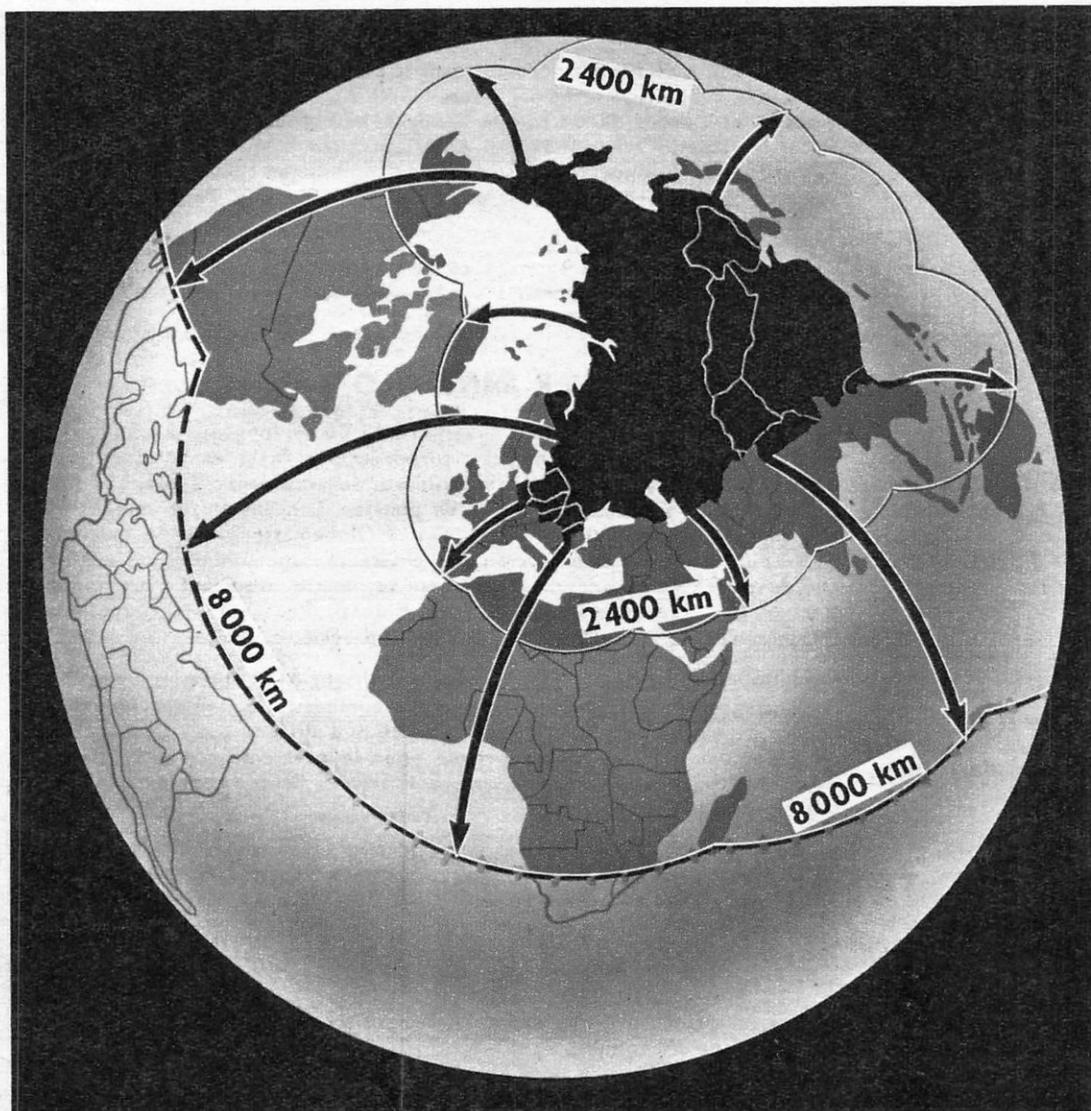
vice. Ce mode d'emploi accroît le rendement de l'explosion dans une proportion considérable.

Jusqu'en 1956, les explosions américaines expérimentales ont été exécutées à une altitude assez faible qui explique la volatilisation d'une masse élevée de matériaux en contact avec la boule de feu et leur « retombée » dangereuse à grande distance, en mélange avec les résidus radio-actifs de l'explosion. Pour la

bombe « la plus puissante possible », qu'il limitait à 50 millions de tonnes, le règlement français du 25 janvier 1955 indique une altitude d'explosion optimum entre 3 000 et 6 000 mètres, suivant qu'on voudrait accroître la contamination radio-active ou s'en tenir à l'effet de souffle pur.

Une explosion à ces altitudes, que l'on doit qualifier de basses, est, en réalité, un gaspillage d'énergie. Le rayon des dégâts dus au

Les possibilités du bombardement par engins à



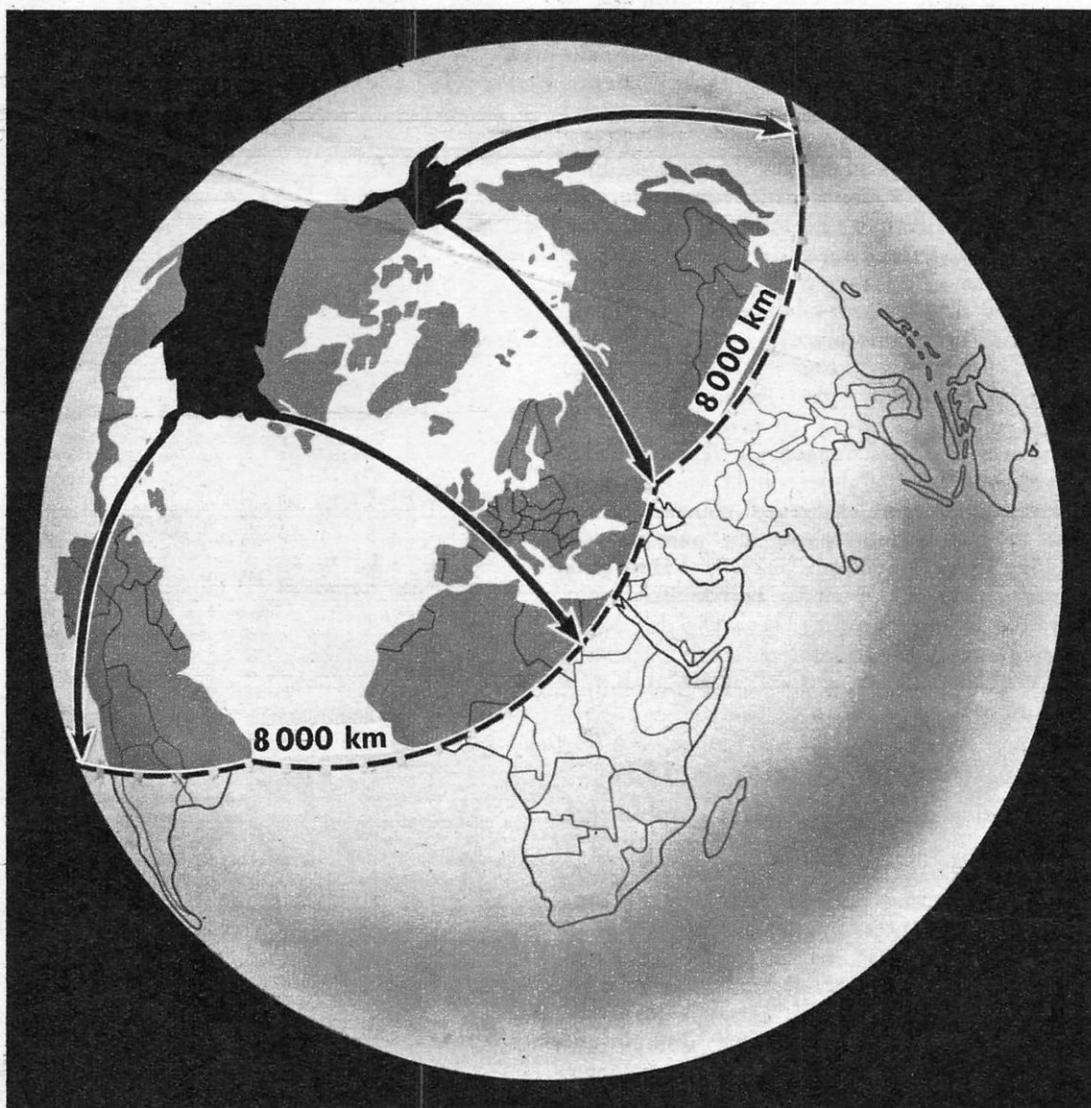
A partir de l'Amérique du Nord, les engins à portée intermédiaire de 2 400 km n'atteindraient que des régions sans intérêt. A partir des bases soviétiques, ils toucheraient les alliés européens des Etats-Unis.

souffle croît en effet seulement comme la racine cubique de la puissance. Si celle-ci est multipliée par mille en passant de la bombe atomique « standard » équivalant à 20 000 tonnes de tolite, celle d'Hiroshima, à la bombe thermonucléaire équivalant à 20 millions de tonnes, le rayon des dégâts n'est multiplié que par dix et la surface détruite par cent. C'est en vertu de ce raisonnement que l'Atomic Energy Commission avait fixé, en 1954, le rayon de la zone détruite entre 18 kilomètres (dégâts « sévères ») et 25 kilomètres (dégâts « modérés ») en multi-

pliant par dix les chiffres correspondants de 1,8 kilomètre et 2,5 kilomètres relevés à Hiroshima. Le rendement de destruction des mille bombes supposées concentrées dans l'explosion de 20 millions de tonnes est donc dix fois plus faible que celui des mille bombes uniformément réparties.

Le recours à l'effet thermique peut éviter, théoriquement, cette baisse énorme de rendement. La loi de similitude est, en effet, entièrement différente pour l'effet thermique et pour l'effet de souffle. Le même flux, lumineux ou thermique, émanant d'une source

grande portée à partir de l'U.R.S.S. et de l'Amérique



La portée de 8 000 km permet bien d'atteindre tous les territoires soviétiques à partir des bases américaines. Mais elle permet aussi l'atteinte de toute l'Amérique du Nord à partir des bases sous contrôle russe.

se répartit sur une surface qui croît comme le carré de la distance. L'éclairement, ou le nombre de calories reçues par unité de surface, sont cent fois plus faibles si la source est dix fois plus éloignée. Si l'on veut maintenir le même effet à une distance dix fois plus grande, il suffira donc de multiplier par cent — et non par mille, comme dans le cas du souffle — l'intensité de la source émettrice. Ainsi, dans les limites où cette approximation par les lois élémentaires de la photométrie est justifiée, la surface de la zone détruite par l'incendie serait proportionnelle

à la puissance de la bombe : la grosse bombe et la petite auraient même rendement.

Ce raisonnement néglige malheureusement l'absorption des rayons calorifiques par l'atmosphère qui, aux distances où pourrait ainsi agir la bombe H, joue de beaucoup le rôle principal dans l'atténuation des effets thermiques. Par le temps que les spécialistes qualifient d'« exceptionnellement clair », l'atmosphère absorbe 25 % du flux calorifique à une distance horizontale de 3 km, 63 % à 10 km et plus de 99 % à 50 km.

Nous croyons avoir été le premier à

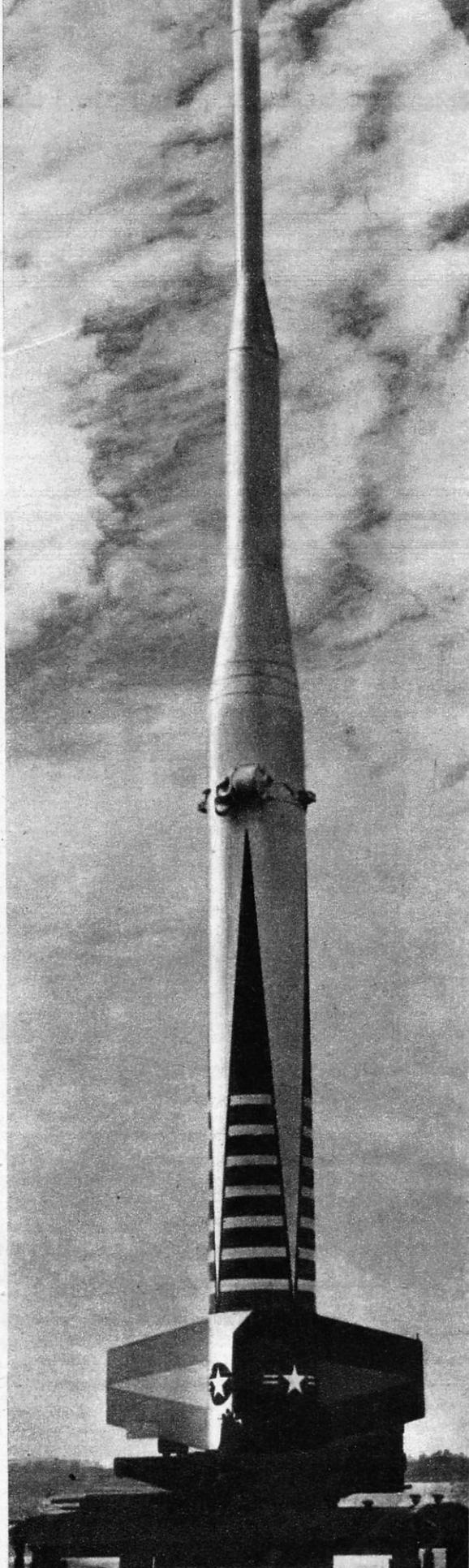
signaler (1), en janvier 1955, que l'explosion haute, c'est-à-dire à 25 ou 30 kilomètres d'altitude, palliait entièrement cette difficulté et pouvait porter l'étendue de la zone incendiée à dix ou vingt fois celle de la zone détruite par le souffle. Si, au lieu de faire éclater la bombe à une altitude de quelques kilomètres au plus, où les rayons, quasi horizontaux, ont à traverser pendant des dizaines de kilomètres de l'air à une densité voisine de celle du sol, on provoque l'explosion à une altitude de 25 kilomètres, dans de l'air trente fois moins dense, les rayons qui parviendront à quelques dizaines de kilomètres de là n'auront à subir qu'une absorption beaucoup plus faible. En outre, et c'est là le facteur principal, l'absorption par l'atmosphère tient avant tout à sa teneur en eau, vaporisée ou condensée dans les nuages. Or, le cycle d'évaporation et de retombée de la vapeur d'eau s'accomplit dans les basses couches. Ainsi, sur la plus grande partie du parcours des rayons qui atteindront le sol, l'absorption serait négligeable pour la bombe qui exploserait à 25 km d'altitude. Le rayon des dégâts incendiaires importants pourrait atteindre 80 km ; la surface détruite serait multipliée par 16.

Les essais américains de 1956

Si l'addendum au règlement français précité, paru quelques mois plus tard, refuse cette solution de l'explosion haute parce qu'elle supprime presque entièrement l'effet de souffle, les expériences américaines de Bikini, au cours de l'été 1956, en ont révélé les multiples avantages. Lors de la conférence de presse tenue le 19 juillet, à la fin des essais, l'amiral Strauss annonça que d'importants progrès avaient été obtenus qui, pour la première fois, n'étaient pas attribuables à la puissance accrue des explosions, mais au choix judicieux des « facteurs opérationnels ». On était désormais assuré de pouvoir contrôler la « retombée » radioactive, en améliorant même les autres effets de l'explosion, qui pourraient être localisés avec précision.

Si l'amiral Strauss s'est montré assez loquace sur les résultats obtenus, il est resté par contre très discret sur les méthodes employées pour contrôler les effets de la bombe. Une fois de plus, ce sont les savants japonais qui nous ont apporté l'explication. Leur précédent succès est une garantie. Leurs chimistes, en effet, analysant les eaux des pluies et les poissons contaminés, avaient découvert que la bombe H du 1^{er} mars 1954

(1) "La bombe thermonucléaire", première arme de destruction agricole. (L'AIR, janvier 1955).



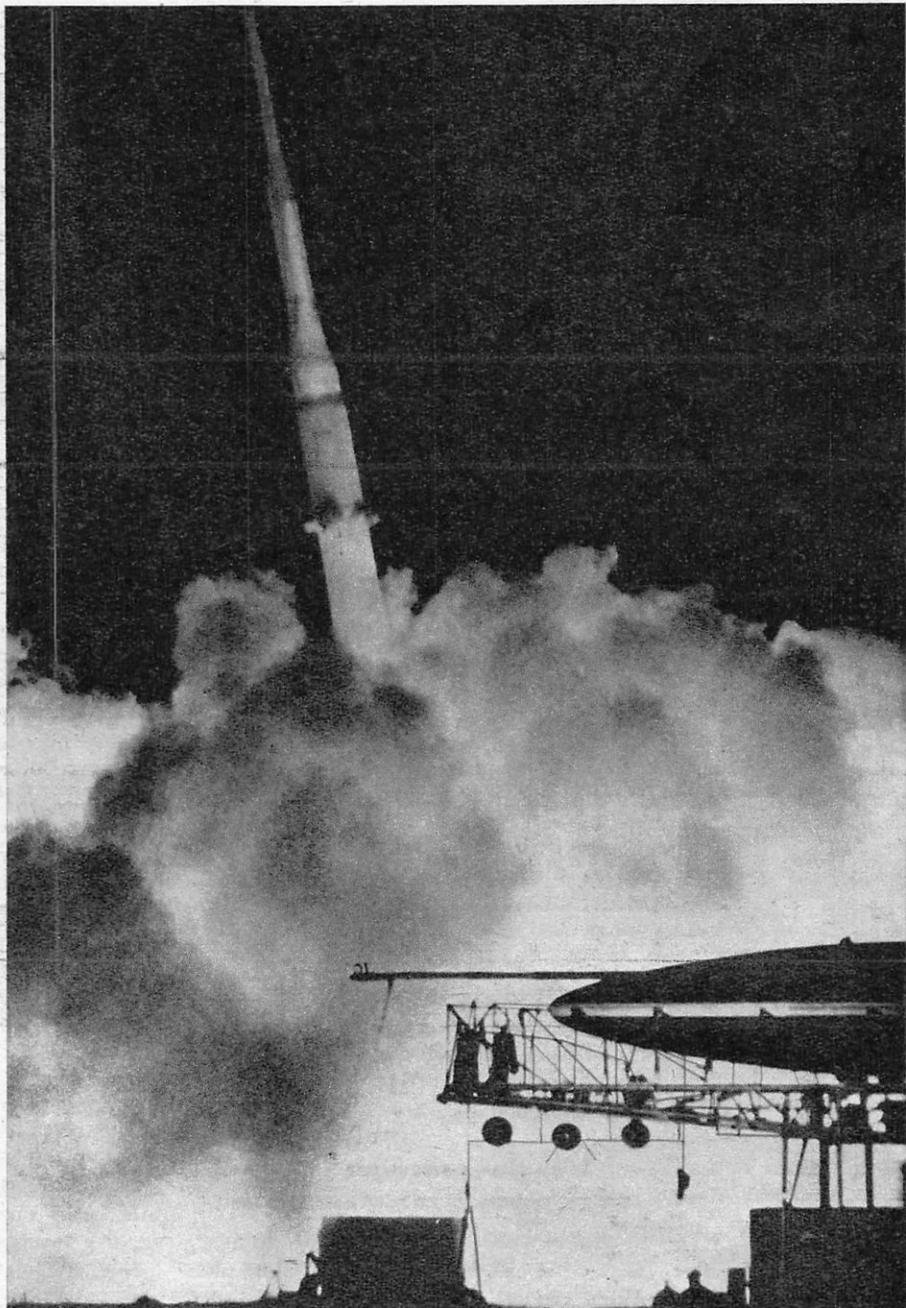
était en réalité une bombe à uranium. Ils avaient ainsi mis sur la piste de la bombe à fission-fusion-fission, un an avant que les dirigeants américains reconnussent l'avoir employée.

Le mérite en revient, cette fois, aux météorologistes et à leurs microbarographes, qui ne sont autres que des baromètres à très grande sensibilité, détectant assez bien les explosions hautes et remplaçant les sismographes qui conviennent mieux aux explosions basses et à leurs ondes sismiques.

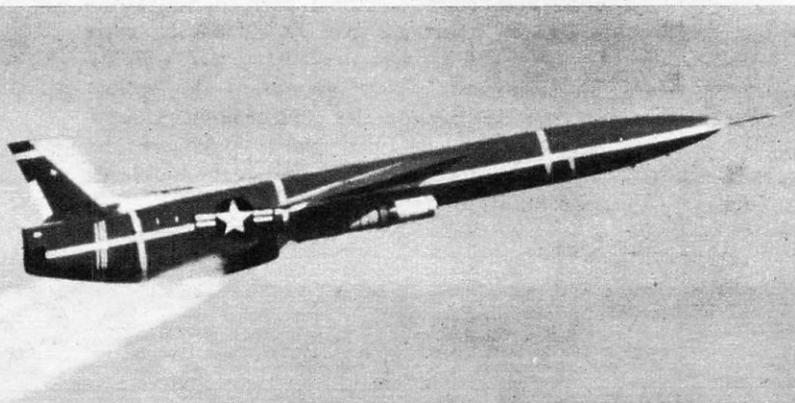
Répartis de Hokkaïdo à Kiushiu sur un arc de cercle de 2 000 km, à moins de 4 000 kilomètres du champ d'expériences de Bikini-Eniwetok, les neuf observatoires japonais décèlent l'origine de toute perturbation atmosphérique anormale par la différence entre les heures d'arrivée aux différentes stations. En se basant sur la dimension des « crochets » de pression, les météorologistes japonais ont pu annoncer que la puissance des explosions des 11 et 21 juillet était double de celle du 1^{er} mars 1954.

Le Lockheed X-17 fusée d'étude à trois étages

Cet engin est composé d'un Corporal ou Redstone A à propulsion par liquides, fourni par Chrysler ; d'un groupe de trois fusées à poudre Sergeant, de fabrication Firestone et Thiokol, enfin d'un Sergeant des mêmes constructeurs. Le dernier étage peut atteindre la vitesse prévue pour les engins balistiques intercontinentaux et permet l'étude des deux plus difficiles problèmes que posent ces engins : le guidage précis à grande portée et la rentrée dans l'atmosphère, à quelques dizaines de kilomètres d'altitude, du « cône » qui contiendra la charge thermonucléaire.



LE SNARK, premier engin intercontinental américain



Equipé d'un turboréacteur Pratt et Whitney J 57, le Northrop Snark a une portée de 8 000 km. Le dispositif de lancement comporte un chariot et des propulseurs auxiliaires à poudre qui dispensent de toute piste. L'ensemble de l'engin et du système de lancement peut être transporté par un Douglas Globemaster. Le point faible du Snark est sa vitesse seulement transsonique qui l'expose donc à l'interception. Mais comme les essais ont été satisfaisants, dans leur ensemble, il est construit en petite série.

Les enregistrements ont apporté de précieuses indications sur un autre point : la hauteur de l'explosion. L'onde de choc se propage dans l'atmosphère, à une certaine distance de l'explosion du moins, à la vitesse du son, vitesse d'autant moindre que la température est plus faible. L'explosion basse se révèle donc à l'observateur d'abord par une forte surpression qui a traversé les basses couches de l'atmosphère puis, pendant un délai de quelques minutes, par une surpression plus faible qui s'est diffractée et propagée dans des couches de plus en plus froides et de plus en plus hautes de l'atmosphère.

Dans l'explosion haute, au contraire, l'onde de surpression venant en ligne droite après avoir traversé des couches en grande partie à basse température, n'arrive à l'observateur qu'à la suite de celle, plus faible, qui s'est diffractée et propagée dans les basses couches. Les deux enregistrements sont assez différents pour permettre une évaluation de la hauteur de l'explosion.

Ainsi les météorologistes japonais ont-ils pu tenir le public au courant des expériences ; ils ont notamment annoncé que l'explosion du 26 juin 1956 avait eu lieu à 10 000 m et celle du 3 juillet à 35 000 m.

L'engin balistique en missions stratégiques

Des explosions de 20 millions de tonnes entre 25 000 et 35 000 mètres et, lorsque les premiers engins anti-engins apparaîtront,

des explosions de 50 millions de tonnes à des altitudes dépassant les 100 kilomètres, transforment entièrement les missions qu'on peut demander aux engins balistiques à très grande portée. Les destructions qu'on doit attendre de la bombe thermonucléaire en sont modifiées dans des proportions considérables.

Le règlement français sur la protection contre les effets des armes atomiques considère que ce type de bombe « ne présente d'intérêt que pour les objectifs dont la superficie rend difficile la destruction par une ou plusieurs bombes atomiques, objectifs qui se limitent, en France, aux quelques villes les plus importantes ». Cette croyance est aujourd'hui complètement dépassée. Les destructions de l'explosion haute s'étendront désormais sur des zones de 150 kilomètres de diamètre au moins, dès l'emploi d'engins équivalant à 20 millions de tonnes de tolite, de 300 kilomètres lorsqu'on atteindra les 80 millions de tonnes (les 60 millions de tonnes étaient déjà annoncées aux Etats-Unis il y a deux ans). Elles débordent donc très largement les objectifs relativement restreints que sont les grands centres démographiques et industriels.

Au surplus, l'explosion à peu près simultanée de plusieurs engins distribués en quinconce à plusieurs centaines de kilomètres amplifie puissamment leur effet thermique. Elle serait sans avantage pour l'effet de souffle, car les ondes de pression, ne passant au même endroit qu'à des intervalles de plusieurs dizaines de secondes, n'auraient le plus



souvent que l'effet de la plus puissante. Au contraire, l'addition des flux thermiques convient parfaitement à leur amplification, car leur propagation s'effectue à la vitesse de la lumière.

La simultanéité rigoureuse n'est d'ailleurs pas requise ; la chaleur s'emmagasiné à la surface des matériaux inflammables, généralement peu conducteurs ; des décalages de plusieurs secondes dans l'arrivée des flux n'ont alors guère d'inconvénient.

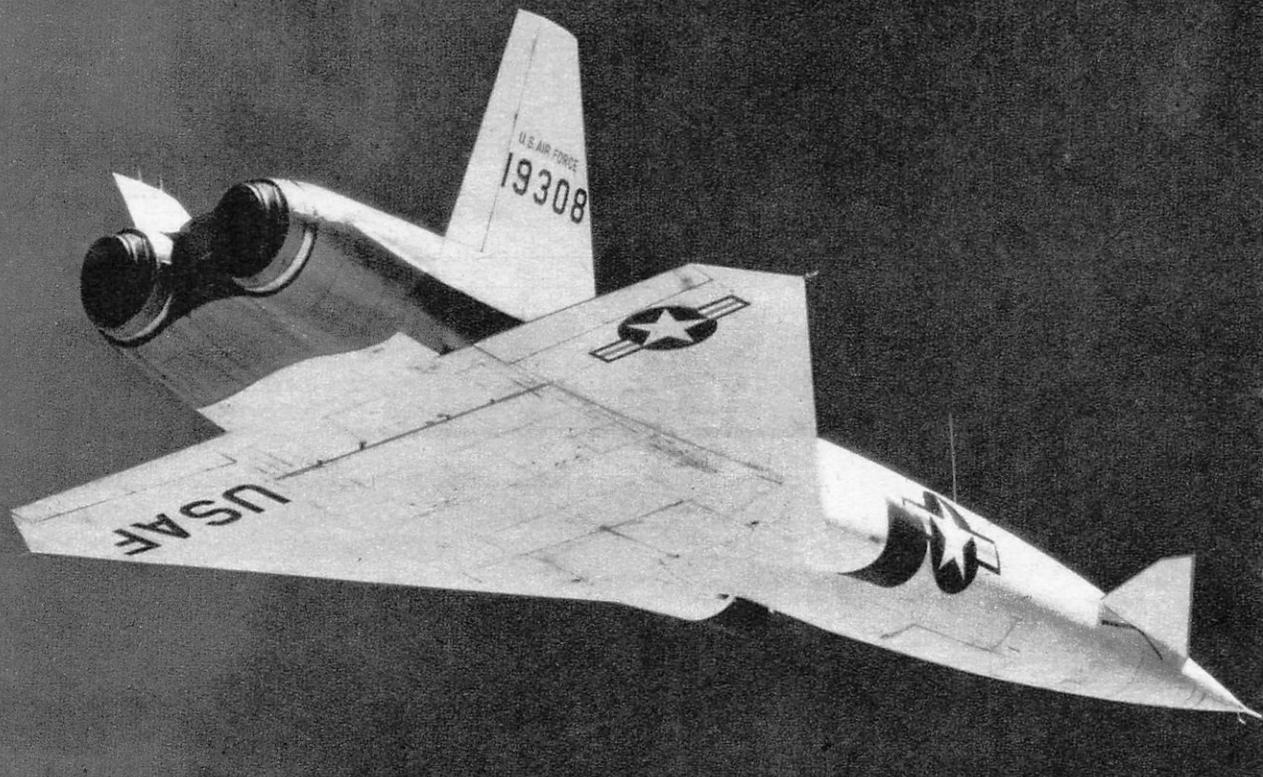
Le gain tenant à cette addition est considérable ; il doit amplifier les effets thermiques des explosions dans le rapport d'environ un à quatre et doubler par conséquent le diamètre des zones incendiées. Ce ne sont plus seulement des zones de 150 à 300 kilomètres de diamètre que détruirait chacune des explosions de 20 à 80 millions de tonnes envisagées précédemment, mais bien des zones de 300 à

600 kilomètres. La difficulté, qui n'est d'ailleurs pas insurmontable, serait de trouver un temps suffisamment clair sur de telles étendues.

C'est ce genre de destruction que nous avons envisagé en classant l'explosion haute de la bombe thermonucléaire au premier rang des moyens de destruction agricole. Ce n'est plus quelques centres démographiques et industriels, mais l'ensemble de la production agricole de territoires aussi étendus que l'Europe Occidentale, les Etats-Unis et même l'Union Soviétique qui disparaîtraient sous les coups de quelques engins balistiques impossibles à parer.

L'engin balistique en missions tactiques

On conçoit donc aisément que le général James M. Gavin, directeur du « Research



Documents U. S. Army

and Development » de l'armée américaine, ait pu évaluer, en juillet 1956, au cours de sa déposition devant une commission sénatoriale, à quelques centaines de millions de victimes, dont la plupart en pays alliés ou neutres, les effets d'une attaque thermonucléaire contre l'U.R.S.S. Mais comment justifier alors les affirmations de l'amiral Strauss, quelques jours plus tard, sur la localisation précise des effets de la même bombe, transformée en une arme tactique ?

L'explication tient en entier dans les facteurs « opérationnels » que l'amiral a refusé de préciser. C'est, croyons-nous, uniquement une question de couverture nuageuse.

Par temps clair, rien ne s'oppose à la propagation des radiations thermiques ; leur effet est bien celui que nous venons de décrire. Mais, si l'explosion a lieu par temps partiellement couvert, dégageant la zone de l'objectif, et si elle est exécutée à une altitude double ou triple de celle des nuages, les radiations n'atteindront le sol que dans la trouée au voisinage de la verticale ; elles seront arrêtées en quasi-totalité partout ailleurs. D'autre part, l'effet de souffle sera presque annulé par la hauteur de l'explosion, dans un air de faible densité. On pourra ainsi, par l'incendie, exécuter des destructions très localisées, notamment au voisinage d'un front.

Le résultat serait le même par temps entiè-

rement couvert : l'explosion dans les nuages, à une centaine de mètres au-dessus de leur partie basse, limiterait de même ses effets thermiques au voisinage de la verticale. La difficulté est de trouver des nuages assez denses et assez hauts pour atténuer suffisamment l'effet de souffle ; cette difficulté disparaît lorsque le temps est couvert à 50 ou 75 %, avec des nuages de plusieurs kilomètres de hauteur permettant une explosion entre 10 et 15 kilomètres d'altitude.

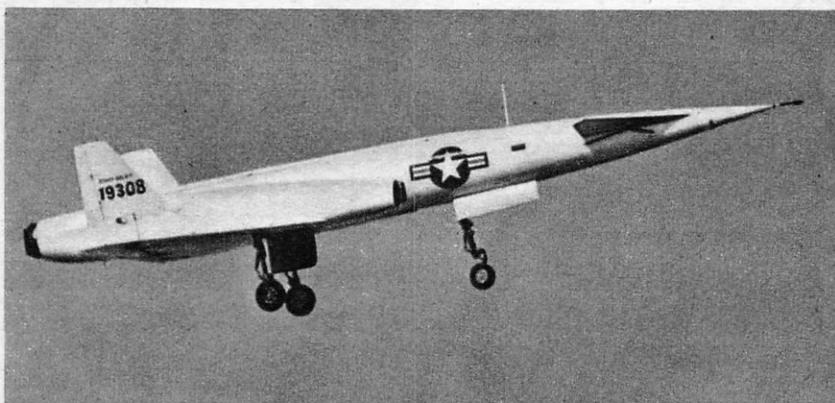
Quoi qu'il en soit, la menace constante d'une explosion thermonucléaire à moyenne ou grande altitude impose de manière absolue, croyons-nous, l'organisation souterraine des positions et des transports. Une fois les matériaux combustibles disparus dans les premiers incendies, le combattant en tranchée ou en abris souterrains légers ne risque rien d'un renouvellement d'explosions qui calcinera seulement un peu plus la surface.

Les opérations navales, qu'il faut ranger incontestablement dans les missions « tactiques », donnent un autre exemple des possibilités illimitées de l'engin balistique à grande portée.

Dans l'attaque d'une *task force* ou d'un convoi dispersé sur 100 kilomètres, les superstructures légères en acier ou en alliages se volatiliseront, les bordés de pont ou de carène plus épais, ramollis par la température de plusieurs centaines de degrés, perdront leur résis-

L'engin expérimental NORTH AMERICAN X-10

Ce biréacteur supersonique à voilure en delta a servi à l'étude du Navaho qui comportera deux statoréacteurs pour la croisière et des fusées à poudre pour le lancement. On remarquera l'emploi de la formule « canard » avec empennage horizontal à l'avant du fuselage, formule qui a toujours donné lieu à des difficultés de mise au point. Il semble que cette fois encore, ces difficultés n'aient pu être entièrement surmontées et il est probable que la version définitive du Navaho comportera un empennage arrière.



tance. A des dizaines de kilomètres de la verticale de l'explosion, par temps clair, les vedettes ou dragueurs de faible tonnage seront instantanément transformés en boules de feu.

Le comble de la sélectivité sera atteint contre une force navale ou des bâtiments de commerce au mouillage, par temps demi-couvert, lorsque l'explosion sera exécutée à une altitude assez grande pour que l'effet de souffle sur les immeubles ne soit pas grave, et qu'en même temps l'effet thermique incendie les navires au travers d'une éclaircie.

Avion ou engin balistique ?

Défendant contre les sceptiques la construction des premiers engins anti-engins dont ils venaient de passer commande, les responsables américains de cette nouvelle spécialité faisaient remarquer que, s'ils n'interceptaient pas à coup sûr les engins tombant à 6 500 m/s, ils arrêteraient du moins sans difficulté les bombardiers supersoniques de vitesse dix fois plus faible. Telle est bien la conclusion qu'il faut tirer des confrontations entre les possibilités de l'avion et de l'engin balistique. Elle explique le peu d'intérêt que soulèvent les performances de bombardiers supersoniques aussi remarquables que le Convair B-58 « Hustler », mais qui passent au second plan devant les résultats attendus de l'« Atlas », du « Titan », du « Thor » et du « Jupiter », et des variantes défensives qu'on en tirera pour l'interception des bombardiers.

Au premier semestre 1956, M. Donald A.

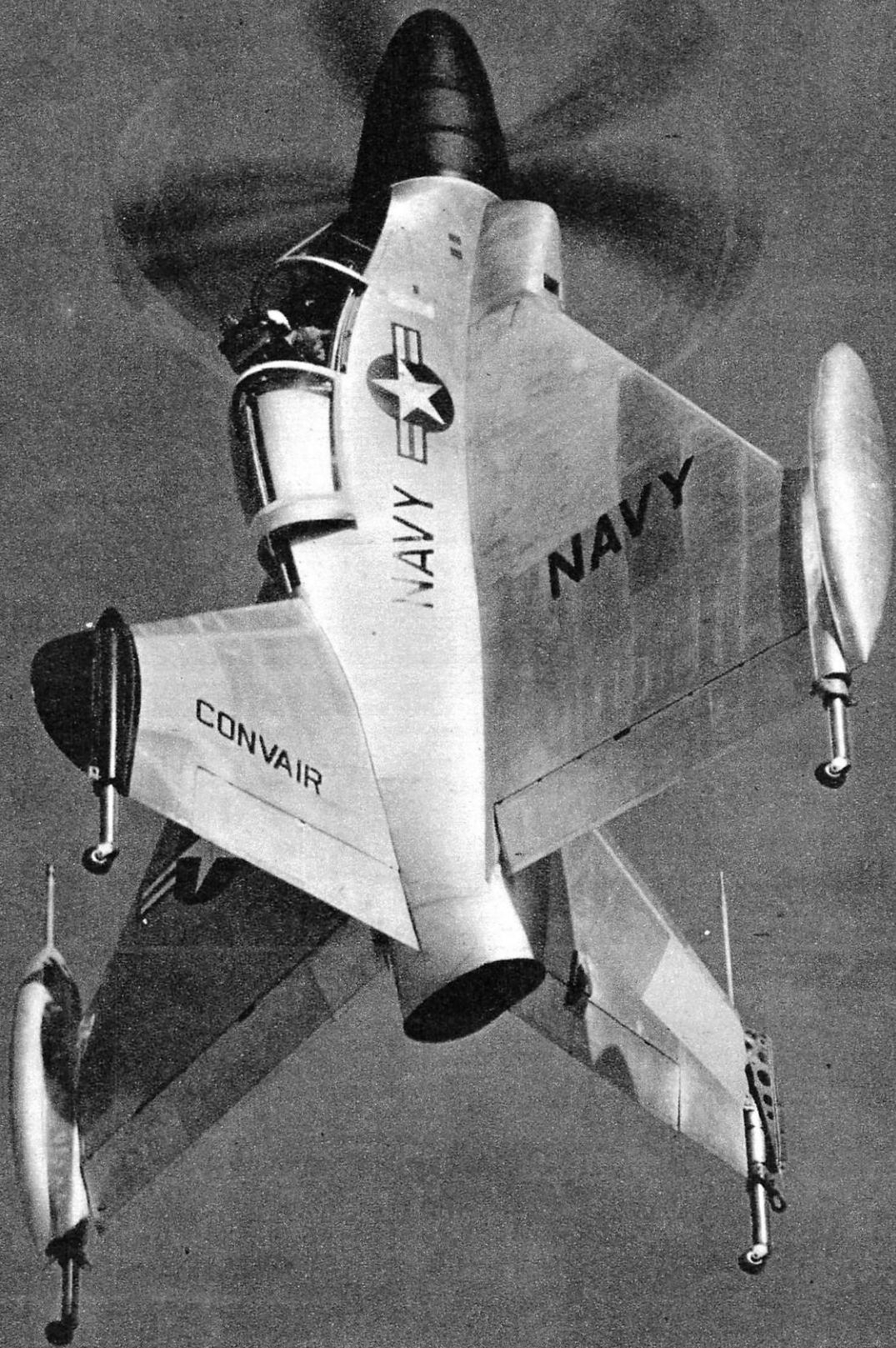
Quarles, secrétaire d'Etat à l'Air et son chef d'état-major, le général Nathan Twining, multipliaient les déclarations affirmant que l'engin balistique n'était qu'une arme parmi d'autres et que les bombardiers du Strategic Air Command conservaient leur primauté. Au surplus, ajoutaient-ils, on n'escomptait pas l'entrée en service des engins balistiques avant 1960 ou 1965. Il était donc urgent d'établir jusqu'à cette date un programme de sortie de matériel qui garantît la suprématie aérienne des Etats-Unis. Une campagne parfaitement orchestrée suivit. Elle réclamait un milliard de dollars supplémentaires pour renforcer la cadence des sorties et le carnet de commandes des « Stratofortresses » qui, après le Convair B-36 et les « Stratojets », devaient maintenir la supériorité du Strategic Air Command sur le matériel volant, certainement de qualité très inférieure, de son homologue soviétique.

Si la campagne réussit auprès du Congrès, elle échoua auprès des autorités gouvernementales à qui incombait l'emploi des crédits votés.

Saisi à la fois des demandes de l'U. S. Air Force et des rapports sur les détections d'engins guidés soviétiques à grande portée, le ministre de la Défense, M. Wilson, se prononça en faveur de l'engin et décida que les crédits votés par le Congrès serviraient à accélérer l'étude et la production de ceux que l'Amérique préparait.

Les derniers mois de 1956 auront vu le premier coup sérieux porté à la primauté de l'aviation militaire.

CAMILLE ROUGERON



A LA RECHERCHE DE L'AVION A ENVOL VERTICAL

LES appareils à décollage et atterrissage verticaux, les V.T.O.L. (Vertical Take-Off and Landing) suivant leur désignation abrégée en langue anglaise, ont dépassé depuis plusieurs années le stade du « combiné » et du « convertible » qui se partageaient, au début, les faveurs des constructeurs et des utilisateurs.

Les exigences en sécurité ont diminué au bénéfice des performances : dans des formules comme celles de l'« Atar Volant », des « Coléoptères » à voilure annulaire qui suivront, du Short SC-1 britannique, où la sustentation est demandée uniquement, ou presque, à la poussée d'un turboréacteur, il n'est pas question d'imposer l'atterrissage en « autorotation » en cas de panne motrice.

Les exigences en longueur de décollage et d'atterrissage se sont atténuées de même : toutes les formules du S.T.O.L. (Short Take-Off and Landing — décollage et atterrissage courts) se satisfont des terrains de faibles dimensions accordés aux hélicoptères, sans pouvoir exécuter strictement l'envol et l'atterrissage à la verticale, qui ne sont d'ailleurs demandés qu'exceptionnellement aux appareils à voilure tournante.

Combinés et convertibles

Le succès des « combinés et convertibles » est à porter au crédit des difficultés rencontrées par l'armée américaine aux premiers mois de la guerre de Corée. La perte de Séoul privait l'aviation du seul

terrain sur lequel elle pût faire atterrir ses Douglas DC-4. Déposés par avion ou par navire à Fusan, les renforts devaient monter en ligne, sur des centaines de kilomètres de routes infestées de guérillas, sans que le transport aérien leur fût d'aucun secours. Trois programmes de constructions et d'études furent aussitôt mis en première urgence.

Deux d'entre eux étaient des programmes de construction. Ils portaient sur l'hélicoptère et le « transport d'assaut », c'est-à-dire l'avion de transport qui n'exigeait pas la piste bétonnée, mais pouvait utiliser les terrains sommairement aménagés au voisinage des lignes. Les prototypes existaient. Ce n'était qu'une question d'intérêt à leur accorder et de crédits à leur consentir ; les fabrications de série dotèrent en quelques années l'armée américaine

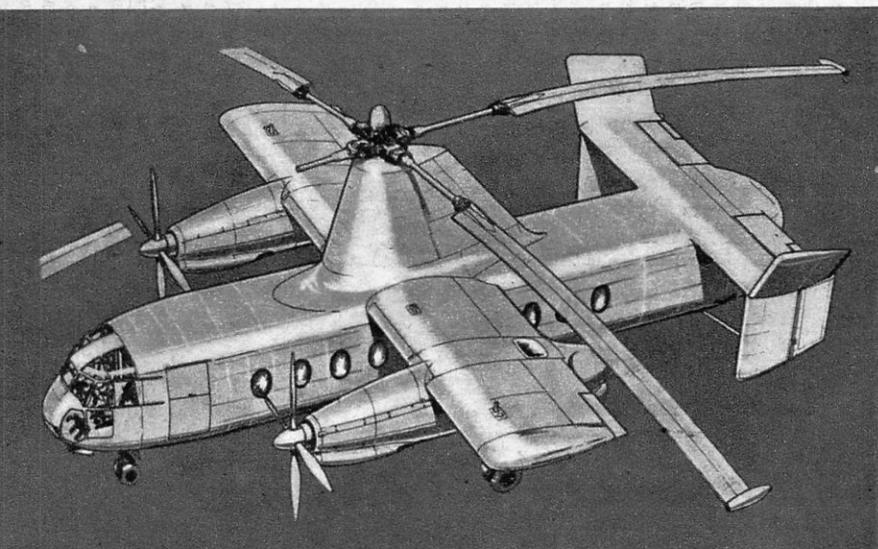
de « compagnies d'hélicoptères » Sikorsky S-55, puis S-58 et Vertol (ex-Piasecki) H-21, que l'armée française utilise actuellement en Algérie. Les transports d'assaut construits en série furent des Fairchild C-119, bipoutres à porte de chargement arrière, voisins des Nord 2501 de l'aviation française.

Le troisième programme portait sur des appareils à créer de toutes pièces, synthèse de l'avion et de l'hélicoptère. N'était-il pas possible de réunir les avantages incontestables de l'avion en vitesse, en plafond, en consommation, en charge utile, et ceux de l'hélicoptère qui résout entièrement le problème du décollage et de l'atterrissage sur terrains exigus ? On pouvait chercher la solution dans la voie du « combiné » où les rotors destinés à la sustentation et les hélices de pro-



MCDONNELL XV-1

Ce combiné expérimental est équipé d'un moteur de 550 ch qui peut soit entrainer une hélice pour le vol horizontal, soit, pour le vol vertical, actionner un compresseur alimentant des réacteurs en bout de pales du rotor. Bien qu'il ait réussi ses essais dès 1955 et atteint par la suite 320 km/h, vitesse exceptionnelle pour un appareil à voilure tournante, il n'est pas fait en série.



FAIREY ROTODYNE

La Grande-Bretagne a montré plus de confiance dans cette formule de combiné et le Ministry of Supply en a commandé deux prototypes. Les deux turbopropulseurs Napier Eland entraînent deux hélices ou deux compresseurs alimentant les réacteurs en bout de pales. Le Rotodyne, qui pèse 15 tonnes, sera aménagé pour 44 passagers et sa vitesse de croisière doit atteindre 274 km/h avec les moteurs EI 7 de 3 500 ch.



LE FARFADET

Le Farfadet fut, en mai 1953, le premier combiné à voler. Il avait deux moteurs de 360 ch : un turbo-compresseur Arrius II alimentant le rotor à réaction, et un turbopropulseur Artouste II pour l'hélice.

pulsion sont indépendants. On pouvait également l'attendre du « convertible » où le même organe servait successivement à la sustentation en hélicoptère et à la propulsion en avion.

Après un concours de projets qui réunit dix-neuf participants, trois furent retenus et commandés à Mac Donnell, à Bell et à Sikorsky.

Le Mac Donnell XV-1 est un combiné équipé d'un moteur Continental de 550 ch, qui peut soit commander un compresseur, soit entraîner une hélice. Dans le premier cas, l'air alimente les brûleurs d'extrémité d'un rotor tripale qui assure le fonctionnement en hélicoptère. Dans le deuxième cas, la sustentation est assurée par la voilure et la propulsion par une hélice arrière tournant à l'intérieur d'un bipoutre. L'appareil est aménagé pour un équipage de deux hommes et pour trois passagers. En avril 1955, il réussissait correctement le passage du vol en hélicoptère au vol en avion ; au cours des essais de performances de 1956, il aurait atteint une vitesse d'environ 320 km/h, nettement supérieure aux vitesses records des hélicoptères.

Le Bell XV-3 est un convertible du type à rotors-hélices basculants, équipé d'un moteur Pratt et Whitney R-985. Dans leur position d'axe vertical, les rotors-hélices de grand diamètre, 7,62 m pour une envergure de l'appareil de 9,15 m seulement, assurent le fonctionnement en hélicoptère. Une rotation de 90°, demandant de 10 à 15 s, commandée par des moteurs électriques, les amène ensuite en position d'axe horizontal, en même temps qu'un réducteur de vitesse diminue leur régime pour donner l'autonomie maximum. Au cours

de ses essais, en 1955, la vitesse de l'appareil ne semble pas avoir dépassé 260 km/h. Il peut être aménagé soit en quadriplace, soit en triplace avec brancard pour blessé couché.

Un autre appareil au moins de cette formule a été construit et essayé avec succès, le Transcendental 1-G qui volait au début de 1955 ; il est équipé d'un moteur de 160 ch et réalisé en monoplace.

L'appareil commandé à Sikorsky, auquel avait été réservée la désignation de XV-2, était du type à rotor rétractable ; il n'a pas dépassé le stade de l'étude sur plans. Un contrat pour un appareil de même formule, représenté par le dessin page 133, a été passé en avril 1954 à Hiller. Le rotor, bipale, propulsé par stato-réacteurs, peut être escamoté complètement dans la voilure.

Si aucune de ces formules n'a encore bénéficié d'une construction de série, c'est que leur rendement n'est guère élevé. Un combiné comme le Mac Donnell XV-1 ajoute la complication et le poids des deux modes de sustentation et de propulsion en avion et en hélicoptère ; sa charge utile ne peut qu'être inférieure à celle de l'hélicoptère pur, qui n'est déjà pas très élevée ; le gain en vitesse ne compense pas cette réduction. Un convertible à rotors-hélices basculants comme le Bell XV-3 doit nécessairement avoir des hélices de très grand diamètre, d'abord pour la sécurité de descente en autorotation, ensuite parce que l'obstacle d'une grande surface de



LES TRANSCENDENTAL I-G

Cet appareil a été construit hors programmes par l'ingénieur Marco A. Guerrichi. C'est le premier convertible du type rotors-hélices basculants à avoir réussi, au mois de décembre 1954, la conversion du décollage vertical au vol de croisière horizontal.

voilure horizontale à faible distance sous des rotors de faible diamètre réduirait beaucoup leur effet de sustentation ; dans leur fonctionnement en hélice, leur diamètre est alors beaucoup trop grand pour que leur rendement soit élevé.

Les convertibles Hiller et Vertol à ailes basculantes

C'est très certainement cette infériorité de rendement qui a conduit aux deux études récentes de prototypes à ailes basculantes demandées en 1956 à Hiller et à Vertol. Renonçant à sustenter l'appareil par autorotation en cas de panne de moteur, on pouvait réduire le diamètre des rotors-hélices en améliorant leur rendement en propulseur. Mais on ne pouvait admettre une voilure fixe horizontale sur laquelle se fût exercé leur souffle dans le fonctionnement en rotors.

Il fallait accepter le basculement de l'ensemble ; la voilure, se présentant alors par la tranche dans le jet sustentateur, n'en réduirait guère l'efficacité.

Le projet Hiller portait initialement sur un quadriturbopropulseur de 27 000 kg, à hélices contrarotatives. Le fuselage, la voilure, les turbopropulseurs et leurs hélices sont du même type que sur un avion ordinaire, avec la seule différence essentielle d'une articulation de la voilure permettant sa rotation de 90° par rapport au fuselage. La solution élimine toutes les complications mécaniques des rotors d'hélicoptères ; elle assure, d'après

le constructeur, la demande minimum de puissance lors du passage du vol vertical au vol horizontal ; elle permet enfin, lorsqu'on disposera de terrains ordinaires, le décollage et l'atterrissage en surcharge, dans les mêmes conditions qu'un avion, ce qu'interdisent les rotors-hélices de grand diamètre. La commande a été finalement passée, en février 1957, pour un Hiller X-18, équipé de deux groupes seulement d'hélices contrarotatives.

L'étude demandée à Vertol (ex-Piasecki) par l'armée et la marine américaines, porte sur un appareil de même formule, équipé d'un turbopropulseur unique commandant deux rotors-hélices d'un diamètre trop grand pour un atterrissage en avion, que le constructeur ne prévoit pas dans son projet.

L'atterrissage sur la queue des chasseurs de l'U.S. Navy

Au basculement près de la voilure par rapport au fuselage, la solution précédente de Hiller reprenait la formule de décollage sur turbopropulseur à hélices contrarotatives expérimentée avec succès en 1954 sur les deux chasseurs Convair XFY-1 et Lockheed XFV-1 de la marine américaine. Ces deux appareils, monoplaces, pouvaient accepter la liaison fixe entre fuselage et voilure, sous réserve d'un siège basculant pour le pilote et d'un décollage et atterrissage sur la queue.

Le Convair XFY-1 « Pogo », commandé en

CONVERTIBLE BELL XV-3

On voit sur la page ci-contre, en haut, le convertible dans ses trois positions d'envol vertical, de vol de transition et de vol horizontal. Il est du type à rotors-hélices basculants, dont le diamètre atteint 7,62 m. L'envergure de l'aile fixe est seulement de 9,15 m.

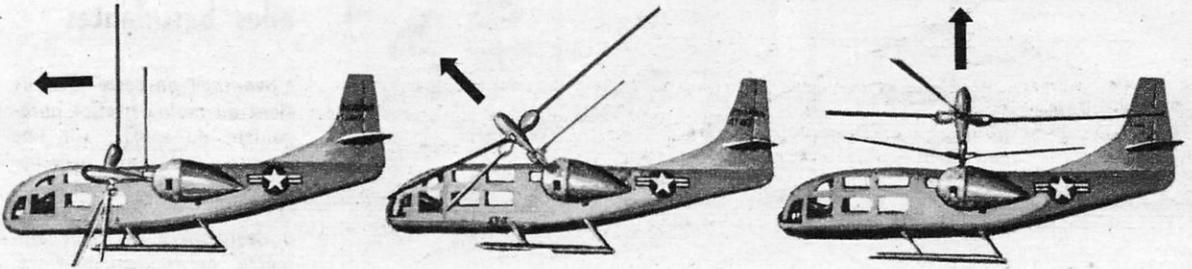
mais 1951, a exécuté de manière satisfaisante, en novembre 1954, le premier passage du vol vertical au vol horizontal. Il est équipé d'un turbopropulseur double Allison T-40 de 5 500 ch de puissance, entraînant deux hélices contrarotatives de 4,80 m de diamètre. Le Lockheed XFV-1, équipé des mêmes moteurs et hélices, a donné des résultats comparables. Le premier est à aile en delta, le second à aile droite.

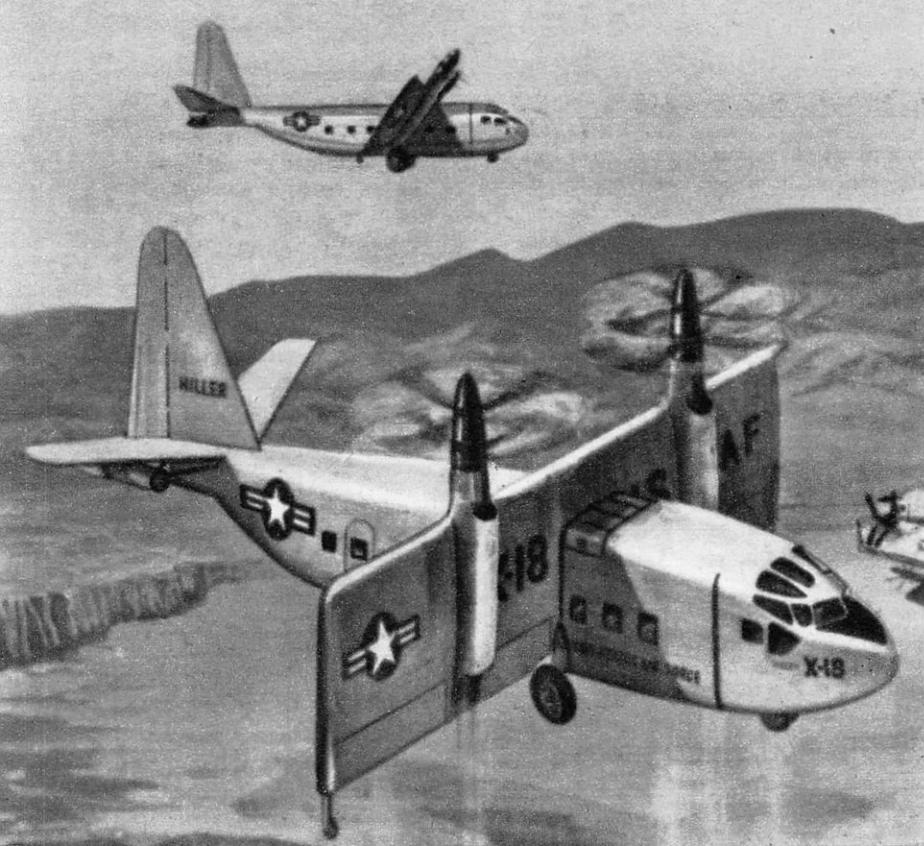
Là encore, les essais satisfaisants n'ont pas été suivis de commandes de série, malgré des dépenses importantes, une vingtaine de millions de dollars engagés pour la construction des prototypes. Les raisons en sont vraisemblablement nombreuses. Le turbopropulseur et ses hélices, limités au domaine transsonique,

ne pouvaient espérer lutter contre le turbo-réacteur et les réalisations de chasseurs supersoniques qui se préparaient en 1954. De plus l'atterrissage sur la queue, surtout par grand vent, avec rafales, sur un navire soumis à des mouvements de plateforme assez amples, est une opération certainement risquée.

Les plateformes volantes de l'armée et de la marine américaines

Les plateformes volantes étudiées par plusieurs constructeurs américains pour les besoins de l'armée et de la marine reprennent le principe de la sustentation sur hélices contrarotatives de faible diamètre, sans aucune des complications mécaniques des rotors conventionnels. Elles y ajoutent un principe de stabi-





Deux convertibles Hiller et Vertol à ailes basculantes

L'avantage de cette formule tient au moindre effet antagoniste du souffle sur une voilure qui lui présente toujours son bord d'attaque. On peut alors avoir recours à des hélices de petit diamètre, de rendement élevé, pouvant aussi bien décoller l'appareil à l'horizontale lorsqu'on dispose d'un terrain de longueur suffisante, qu'à la verticale dans le cas contraire. Deux contrats d'études ont été passés par l'Air Research and Development Command, l'un à Hiller (appareil du haut), l'autre à Vertol, ex-Piasecki (appareil du bas). En février 1957, le contrat d'études de Hiller a été transformé en une commande de prototype désigné par Hiller X-18.



lisation particulièrement simple, par déplacement du poids du corps.

A la différence de l'avion, l'hélicoptère ordinaire n'est pas stable ; l'axe du rotor d'un appareil abandonné à lui-même n'est soumis à aucune force tendant à le ramener à la verticale ; sans l'action du pilote, il prendrait des mouvements désordonnés, se terminant en chute libre. Mais cette instabilité est sans gravité tant que les oscillations sont suffisamment lentes pour que le pilote ait le temps de les corriger, ce qui est le cas en pratique avec un appareil de poids moyen ou élevé, équipé d'un rotor de grand diamètre.

Les difficultés commencent pour les petits hélicoptères individuels, que l'on a tenté de rendre portatifs par réduction du diamètre. Les périodes d'oscillation se raccourcissent ; le pilote actionnerait souvent les commandes à contretemps, en amplifiant les mouvements au lieu de les atténuer. Cependant, le petit hélicoptère n'est pas le seul appareil instable sur lequel on puisse se maintenir sans dons spéciaux d'équilibriste ; la bicyclette n'est pas plus stable, ce qui n'empêche pas des personnes d'adresse moyenne de se tenir en selle après un apprentissage rapide, par des mouvements instinctifs du corps ou du guidon. La solution est la même pour la plateforme volante : on demande à l'instinct du pilote ce qu'il serait incapable de faire par une manœuvre réfléchie.

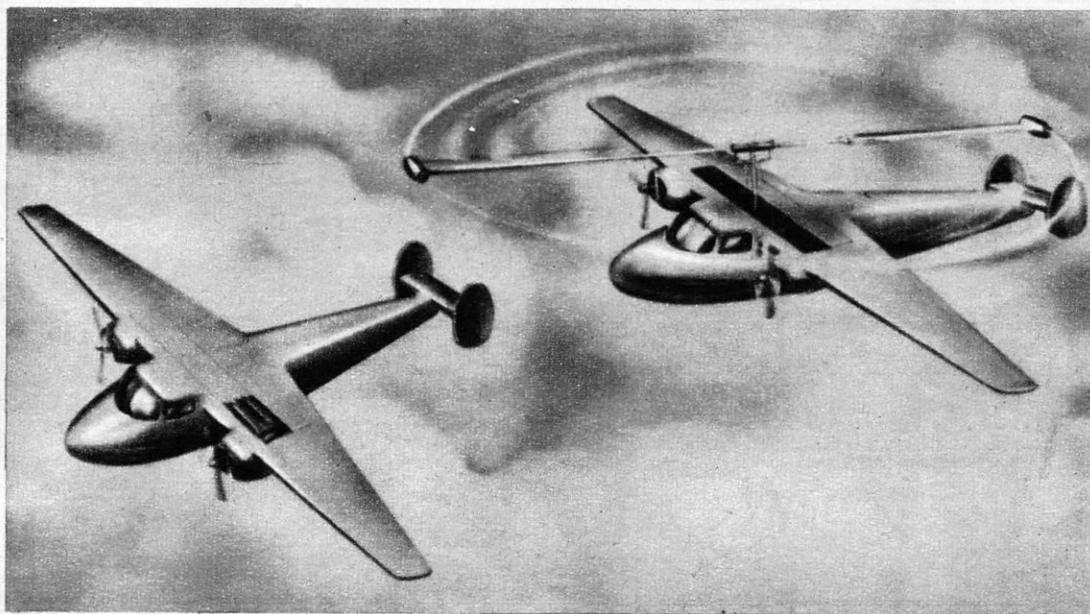
La mise au point des premières plateformes

volantes a été faite en 1951, pour le compte de la marine américaine, par M. C.H. Zimmerman, ingénieur du N.A.C.A. (National Advisory Committee for Aeronautics). Elles faisaient appel à un mode de sustentation de masse et d'inertie moindres encore que celles d'une hélice de faible diamètre et de son moteur ; l'échappement d'un tuyautage souple d'air comprimé était fixé aux pieds du pilote qui réussissait à se maintenir verticalement sans entraînement préalable.

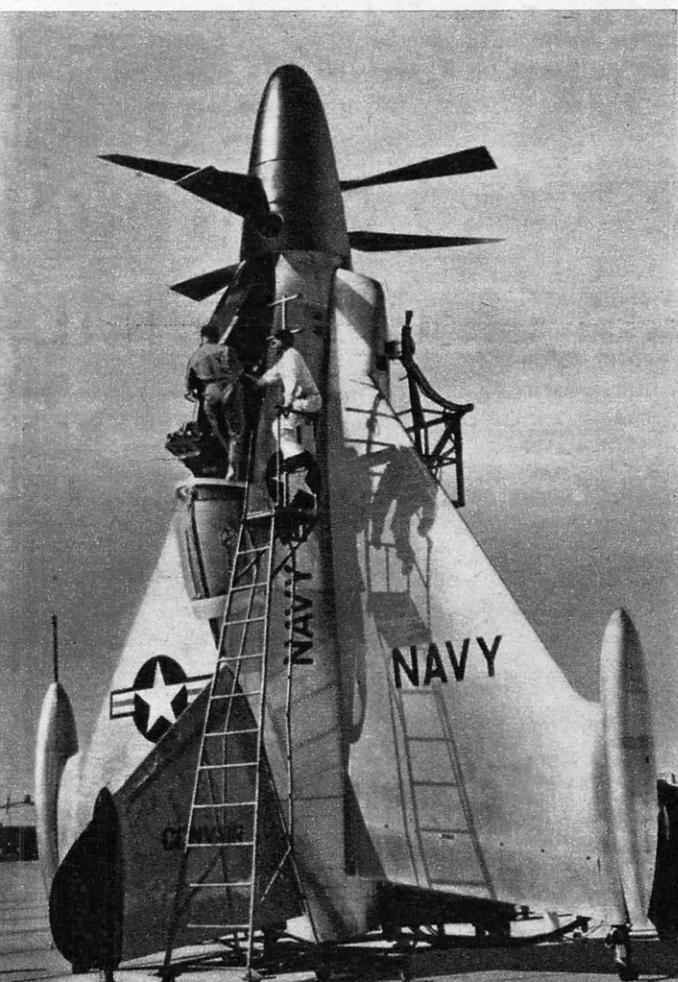
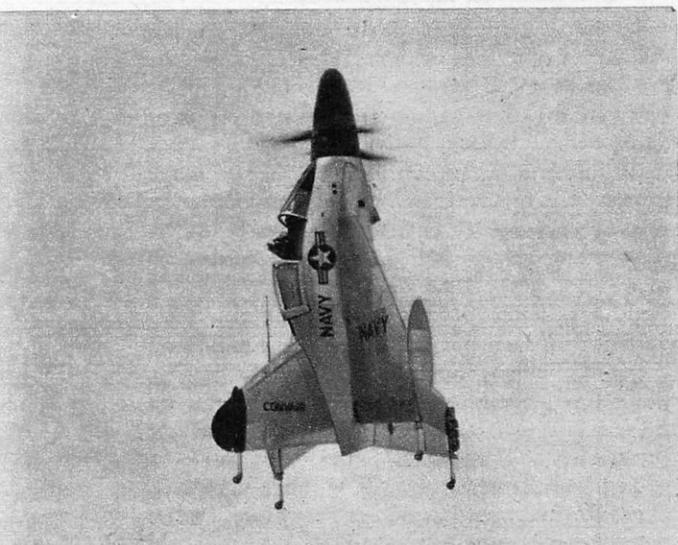
Le premier appareil construit sur ce principe fut la plateforme volante Hiller, commandée par l'O.N.R. (Office of Naval Research). Un cylindre de 1,80 m de diamètre entoure deux hélices contrarotatives commandées par deux moteurs de 100 ch au total. Le carénage s'évase vers le haut en forme d'entonnoir, en relevant de 20 % environ la poussée qu'on obtiendrait de deux hélices non carénées de même diamètre. Une balustrade sur laquelle s'appuient les mains du pilote suffit pour gouverner l'appareil par déplacement du poids du corps. La vitesse horizontale s'obtient comme pour l'hélicoptère ordinaire, en penchant la plate-forme dans le sens où l'on désire la voir progresser.

Le De Lackner DH-4 « Heli-Vector », expérimenté par l'armée américaine, utilise deux rotors contrarotatifs sans carénage, de plus grand diamètre. Le rendement de sustentation a été ainsi amélioré. Avec un moteur de 40 ch, on a pu dépasser 100 km/h. L'appa-

Suite page 136

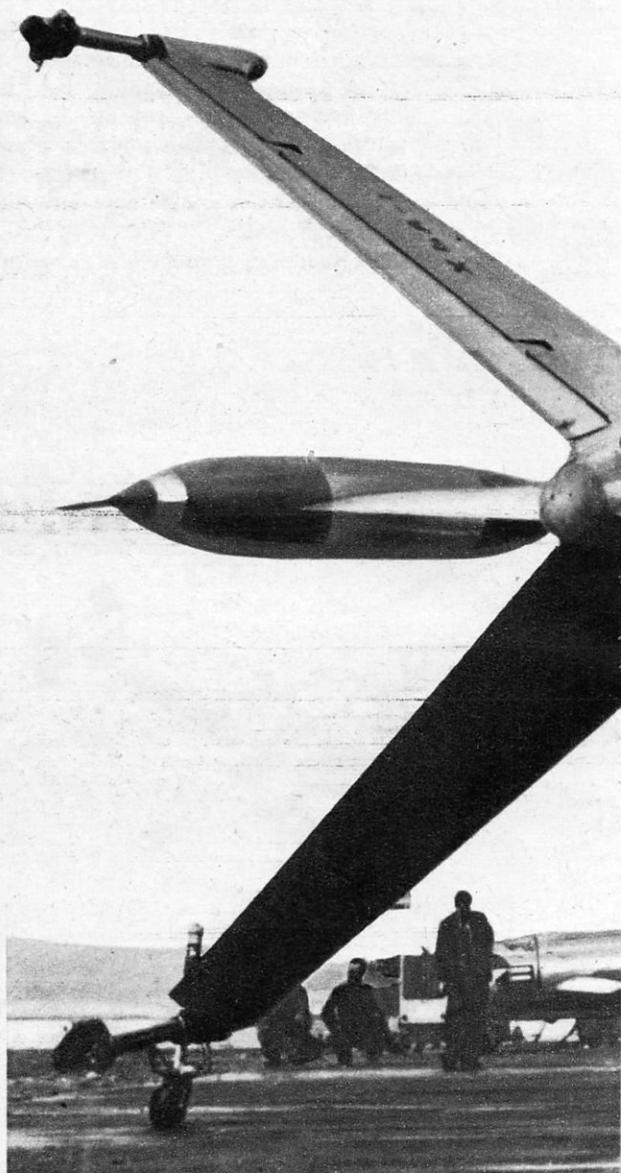


Un convertible à rotor excamotable a été étudié pour l'aviation américaine par Sikorsky et Hiller. Le dessin ci-dessus se rapporte au projet Hiller. Il comporte un rotor de 7,50 m avec propulseurs au bout des deux pales, entièrement repliable dans l'extrados de l'aile ; les essais du rotor devaient avoir lieu à la fin de 1956.



← LE CONVAIR XFY-1 POGO

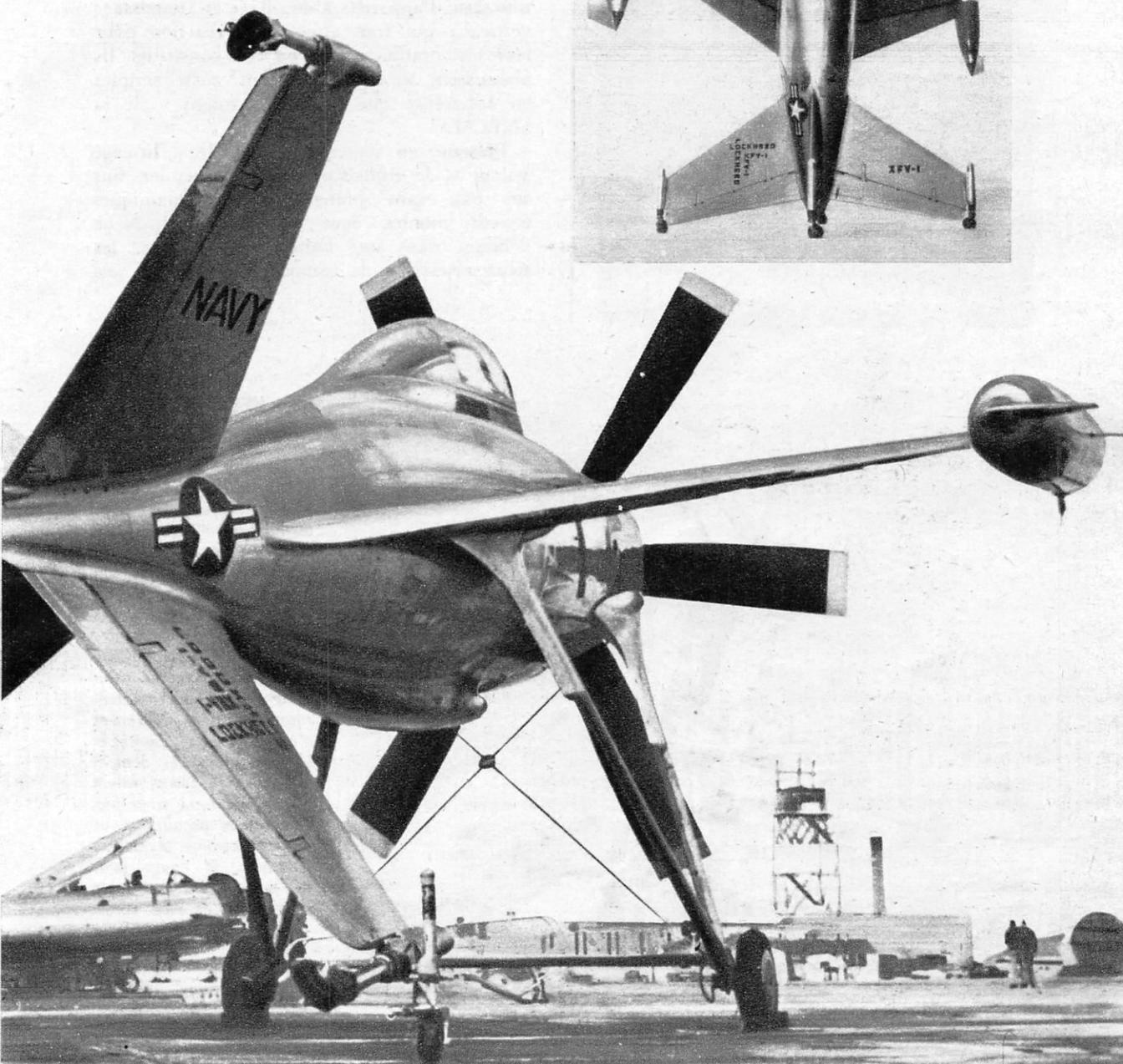
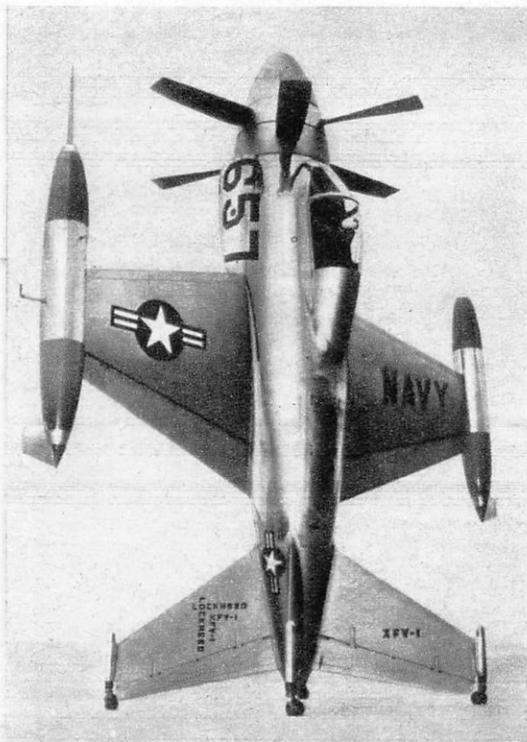
Le chasseur expérimental Pogo commandé à Convair pour l'aviation embarquée de l'U.S. Navy a réussi pour la première fois, le 2 novembre 1954, le passage de l'envol vertical au vol horizontal suivi d'un atterrissage sur la queue. Décollage et atterrissage furent faits sur une aire bétonnée d'un diamètre de 15 m ; le passage au vol horizontal était terminé à 60 m du sol ; l'atterrissage sur la queue se fit après un vol horizontal effectué à 15 m d'altitude.

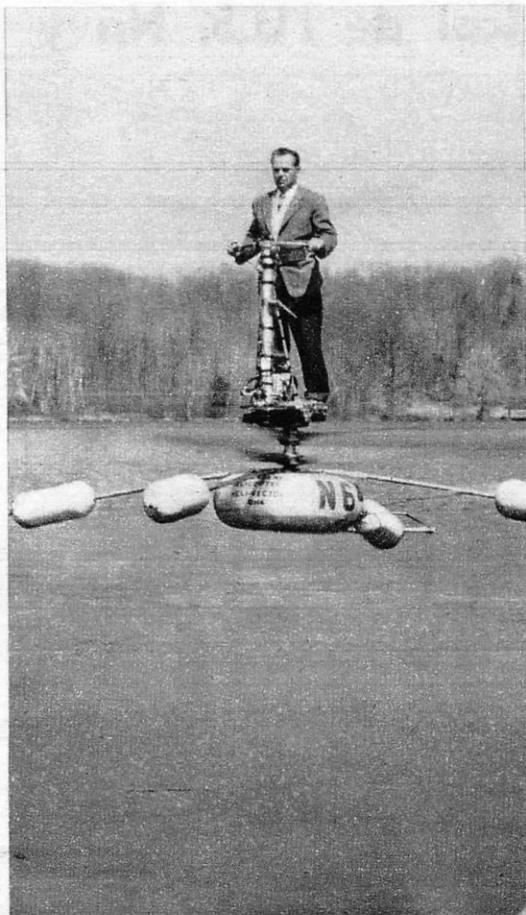


Chasseurs à envol vertical de l'U.S. Navy

LE LOCKHEED XFV-1

Equipé des mêmes moteurs et mêmes hélices que le Convair Pogo, le Lockheed XFV-1 a réussi, peu après lui, les mêmes performances avec un poids de 9 000 kg. Son aile est droite et non en delta. Le train d'atterrissage visible sur la photographie ci-dessous, ne fait pas partie de l'avion ; il fut utilisé pour les premiers essais qui prévoyaient des atterrissages horizontaux ; il a servi par la suite aux diverses opérations d'entretien et de manutention sur l'aire d'atterrissage.





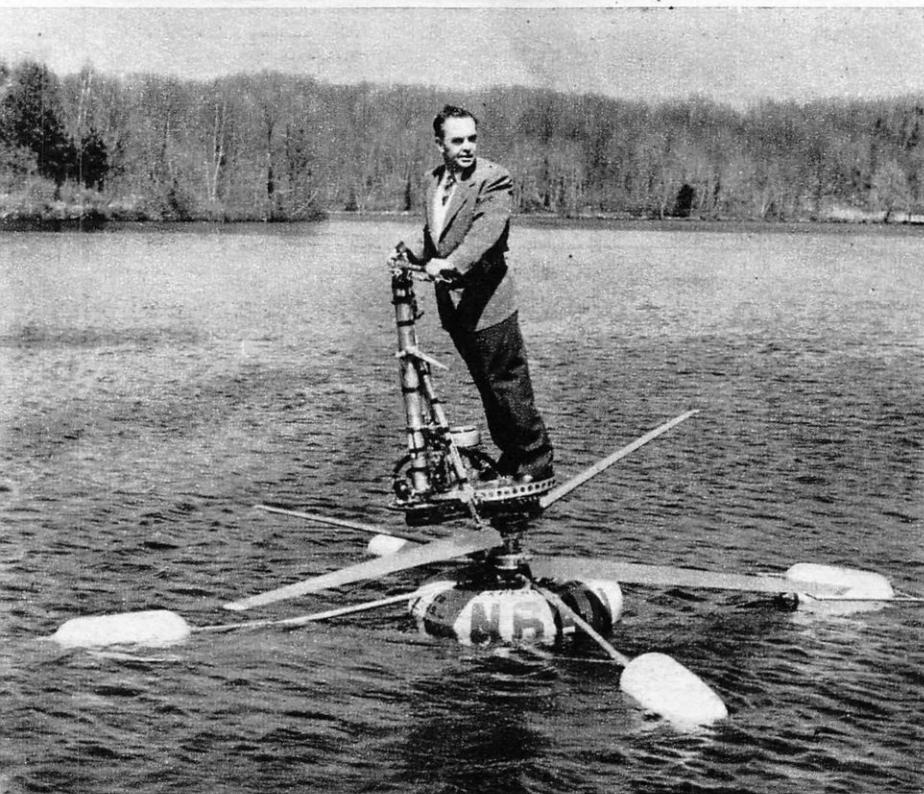
reil est équipé de cinq flotteurs qui permettent de le poser soit à terre soit sur l'eau. Il ne pèserait, dans sa formule définitive, que 50 kg et aurait environ une heure d'autonomie.

Les essais de plateformes volantes auraient donné suffisamment satisfaction à l'armée et à la marine américaines pour qu'il ait été passé des commandes de petite série, non précisées.

Les V.T.O.L. à réaction

La possibilité de manœuvre d'un pilote, disposant d'un échappement d'air comprimé sous ses pieds, montre qu'il n'est nul besoin d'une hélice, de grand ou de petit diamètre, pour se soutenir en l'air ; le même résultat doit pouvoir être obtenu en particulier avec un échappement de turboréacteur. Aussi, toute une série d'appareils à décollage et atterrissage verticaux qui font appel à la réaction pour leur sustentation ont-ils pu être construits. Ils aboutissent à des réalisations aussi simples en apparence que l'« Atar volant » de la SNECMA.

Présenté en septembre 1954, le « lit-cage volant » de Rolls-Royce fut le premier. Sur un bâti sans prétentions aérodynamiques étaient montés deux turboréacteurs Nene débitant dans une boîte centrale, entre les deux réservoirs de combustible, d'où les jets



HÉLI-VECTOR DE LACKNER

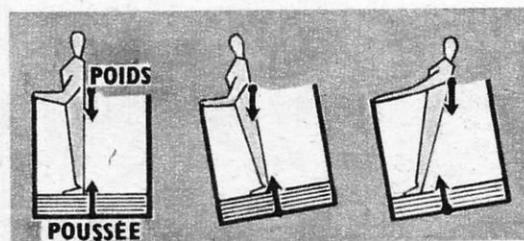
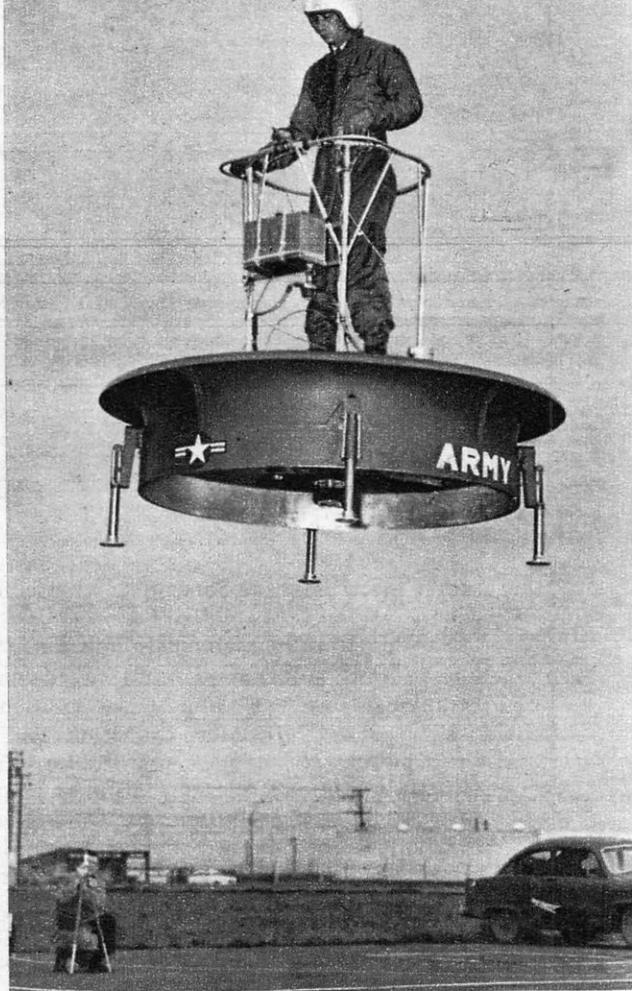
Cet appareil, expérimenté par l'U.S. Army comme plateforme volante pour les missions d'assaut, d'observation et de transport de matériel, utilise un moteur de 40 ch qui lui a permis de dépasser les 100 km/h. A l'encontre de la plateforme volante Hiller, l'Héli-Vector comporte deux hélices contra-rotatives non carénées d'assez grand diamètre. Les cinq flotteurs dont il est muni le transforment en un appareil amphibie, capable de décoller d'une prairie (comme le montre la photo du haut), pour se poser sur un étang (ci-contre) et vice versa.

étaient dirigés vers le bas. Deux tuyautages, assez longs pour augmenter leur bras de levier, prélevaient de l'air comprimé dans les compresseurs des deux turboréacteurs et assuraient, à la commande du pilote, l'équilibre longitudinal. L'équilibre transversal était probablement obtenu par le réglage des deux échappements placés côte à côte.

Le premier V.T.O.L. britannique véritable a été le Short SC-1, un avion à voilure en delta, équipé de cinq réacteurs Rolls-Royce RB-108 en fuselage. L'annonce de la commande a été faite en novembre 1955 ; les essais ont commencé le 17 décembre 1956. Aucune indication n'a été donnée ni sur la répartition des fonctions entre les cinq réacteurs ni sur la puissance des réacteurs. On peut supposer que quatre d'entre eux servent à la sustentation, la résultante de leurs poussées verticales passant par le centre de gravité de l'appareil.

L'une des caractéristiques particulières du SC-1 est son dispositif automatique de stabilisation et de contrôle, étudié par un organisme officiel de recherches, le Royal Aircraft Establishment. Ce mode de stabilisation et de pilotage est indispensable sur tous les avions auxquels on demandera le décollage et l'atterrissage exactement à la verticale ; l'action de l'empennage et des gouvernes disparaît en effet en même temps que la vitesse horizontale, et c'est justement l'une des principales difficultés que l'on rencontre lorsqu'on se propose un décollage ou un atterrissage à faible vitesse. La solution préférable pour des V.T.O.L. à réaction est celle du « lit-cage volant » de Rolls-Royce, où les organes de stabilisation et les gouvernes sont remplacés par une éjection soit de gaz d'échappement, soit d'air prélevé au compresseur. L'automatisme est tout indiqué pour décharger le pilote de ce souci. Les orifices d'éjection jouant à très faible vitesse le rôle de la dérive et du gouvernail apparaissent nettement sur la photographie du SC-1, dans l'embryon d'empennage vertical. La formule de l'aile en delta choisie par le constructeur tire le parti maximum de ce dispositif ; on sait, en effet, que l'empennage, les gouvernes et la vitesse élevée d'atterrissage sont les points faibles de ce genre de voilure.

Une deuxième formule de l'avion à réaction pour décollage et atterrissage verticaux a été expérimentée par Bell, en 1955. Sur un appareil léger, le constructeur a monté deux réacteurs Fairchild J-44, de 450 kg de poussée chacun, d'axe orientable depuis la verticale, pour le décollage et l'atterrissage, jusqu'à l'horizontale, pour la propulsion en avion. Un troisième réacteur, un Turboméca « Palouste », fournit l'air comprimé nécessaire à la stabili-



PLATEFORME VOLANTE HILLER

Commandée initialement par l'U.S. Navy, la plateforme volante Hiller a été construite depuis en petite série pour l'U.S. Army. Elle est équipée de deux moteurs Nelson à refroidissement par air fournissant 84 ch au total. Chacun d'eux entraîne par des courroies l'une des deux hélices contrarotatives tournant dans un carénage de 1,80 m de diamètre qui guide la veine d'air soufflé. Les moteurs sont disposés l'un devant, l'autre derrière le pilote qui n'a à manœuvrer que la commande des gaz qui lui permet d'effectuer les mouvements de montée et de descente. Pour se déplacer latéralement, il déplace le poids de son corps dans la direction voulue, ce qui provoque l'inclinaison de l'appareil comme le montrent les dessins. La poussée des hélices se compose avec la pesanteur dans ce mouvement pour produire le déplacement.



LE SHORT SC-1

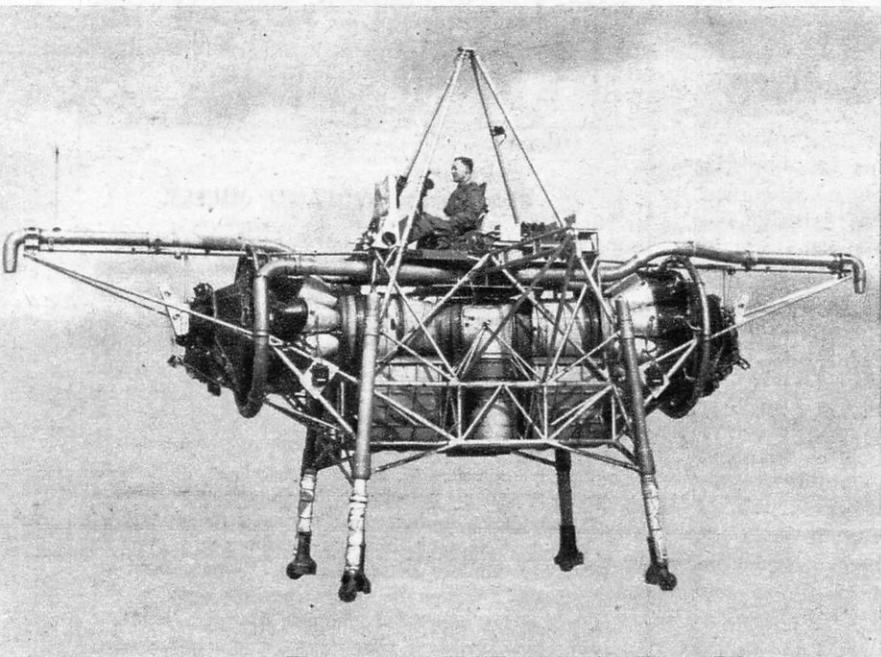
Le premier appareil à réaction britannique décollant verticalement est le Short SC - 1 équipé de cinq réacteurs Rolls-Royce RB - 108. On suppose que quatre d'entre eux, d'axe vertical, servent à la sustentation, le cinquième à la propulsion. On aperçoit, vers l'extrémité de l'aile droite, une tuyère d'éjection assurant la stabilisation latérale, et sur la dérive, les orifices d'éjection pour la direction.

sation et au contrôle lorsque la vitesse horizontale est faible ou nulle.

Sur les V.T.O.L., auxquels on demandera une vitesse transsonique ou supersonique, l'emploi du réacteur s'impose. La solution du réacteur d'axe orientable, expérimentée par Bell, paraît, au premier abord, plus séduisante que celle des réacteurs distincts pour la sustentation et la propulsion. Cependant, outre l'encombrement certain d'une disposition de ce genre, qui doit tout juste compenser l'économie sur le poids des réacteurs spécialisés pour la sustentation, il faut observer que la poussée exigée pour la propulsion à Mach 2 ou 3 (Lockheed « Starfighter », par exemple) est nettement inférieure au poids de l'appareil en charge; il faudra donc, au décollage et à

l'atterrissage, là où la poussée doit dépasser le poids de l'appareil, un supplément important de réacteurs. Si bien qu'une solution comme celle du Short SC-1 avec réacteurs de sustentation et de propulsion distincts peut sembler préférable, d'autant plus qu'on peut établir les uns et les autres en fonction des exigences contradictoires de légèreté ou de consommation.

Les réacteurs séparés ou d'axe orientable ne sont d'ailleurs pas les seules solutions possibles du décollage et de l'atterrissage verticaux. Les dessins page ci-contre reproduisent quatre autres suggestions, extraites d'une communication à l'Institute of Aeronautical Sciences, faite en janvier dernier par M. P.G. Kappus, ingénieur à la General Electric.

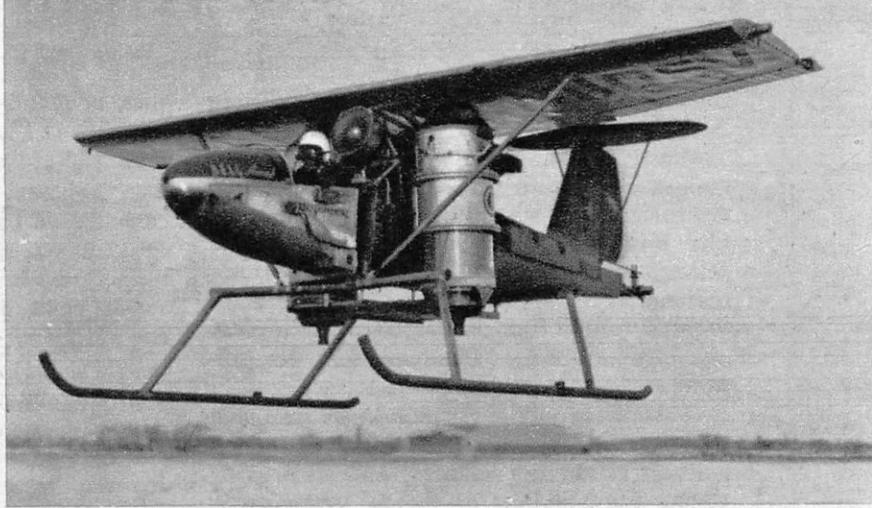


LE « LIT-CAGE » VOLANT

Présenté en septembre 1954, le « lit-cage volant » Rolls-Royce est sustenté et propulsé par deux turboréacteurs Nene de 450 kg de poussée évacuant dans une chambre commune pour l'alimentation des tuyères verticales. L'équilibre longitudinal est assuré par les tuyautages recourbés à l'avant et à l'arrière, alimentés en air par les compresseurs. L'équilibre transversal est probablement demandé au réglage des deux échappements placés côte à côte. Le poids en charge ne dépasse pas 3 500 kg. Comme sur l'hélicoptère, la propulsion est assurée par l'inclinaison donnée à l'appareil.

LE BELL VTOL

Construit à partir d'un fuselage et d'un empennage de planeur Schweitzer, d'une aile de Cessna sciée et d'un train d'atterrissage d'hélicoptère Bell 47, le Bell VTOL est sustenté au décollage et à l'atterrissage par deux réacteurs Fairchild dont l'axe est orientable. La stabilité longitudinale et transversale est demandée à une tuyère qui éjecte de l'air comprimé par un Turboméca Palouste.



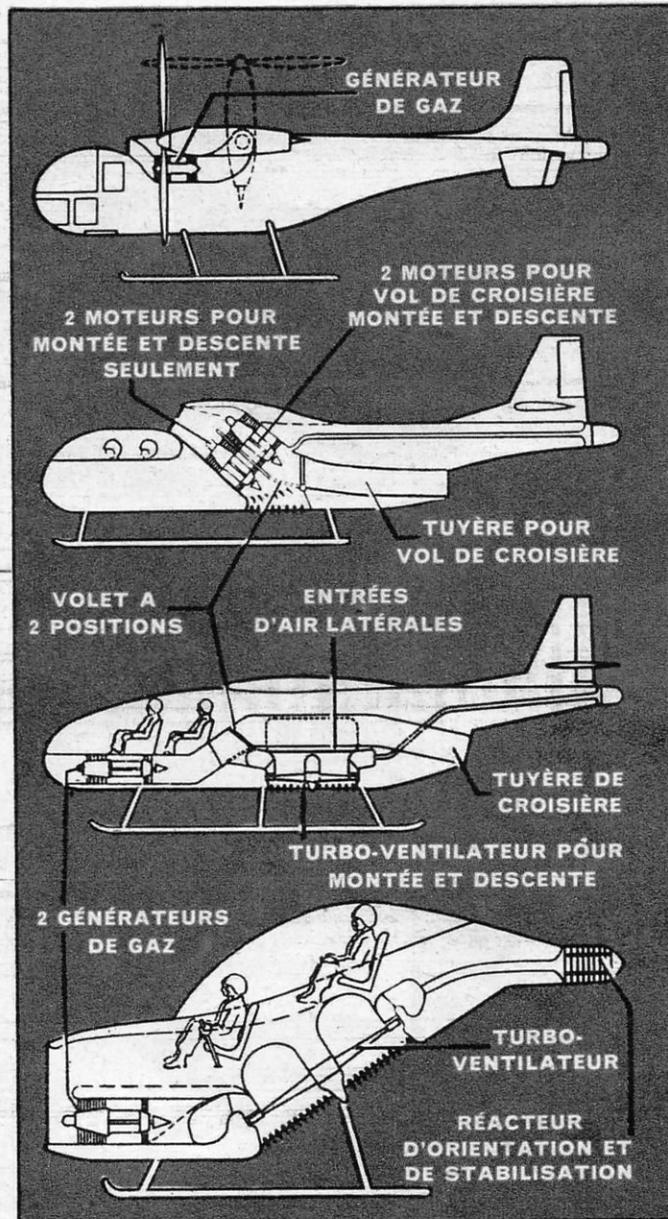
L'aile annulaire et les voilures motrices

La formule de l'aile annulaire se prête beaucoup mieux que celle de la voilure droite ou en delta du Lockheed XFX-1 et du Convair XFY-1 à l'atterrissage sur la queue. Elle n'est pas entièrement nouvelle, puisque *Science et Vie* reproduisait déjà, en 1946, des dessins d'engins guidés américains équipés d'une telle voilure. Elle a été reprise, ces dernières années, dans un ensemble de projets étudiés par l'ingénieur von Zborowski, du bureau d'études B.T.Z., dont le premier a été présenté sous le nom de « Coléoptère ». Depuis, un contrat d'études d'un appareil V.T.O.L. de même formule a été passé par la marine américaine au constructeur d'héli-

Les projets VTOL Kappus

Les quatre projets figurés par les dessins ci-contre furent présentés en janvier 1957. Ils visent tous à réduire au minimum le poids des propulseurs.

1. Sur l'appareil à hélices orientables, le générateur de gaz alimente, par conduites, les turbines des turbopropulseurs ainsi que les tuyères de stabilisation et de contrôle placées en queue de fuselage ;
2. Quatre turboréacteurs, dont deux ne servent que d'appoint au décollage, peuvent éjecter leurs gaz soit vers le bas, soit horizontalement pour la marche en croisière ; mêmes stabilisation et contrôle ;
3. Deux réacteurs placés à l'avant alimentent en gaz soit, au décollage, un turboventilateur dont les aubages de turbine prolongent les pales du ventilateur, soit des tuyères de croisière ;
4. Sur cet appareil, sans voilure fixe ni mobile, le dispositif de turboventilateur est appliqué à la fois à la sustentation et à la propulsion, aussi bien dans la phase décollage-atterrissage qu'en croisière.



coptères Kaman, qui l'a baptisé « Flying Barrel » (tonneau volant).

Mais l'idée propre de M. von Zborowski est l'utilisation de cette aile annulaire à la fois à des fonctions de sustentation et de propulsion. Elle sera, par exemple, le carénage d'une hélice sustentatrice ou l'enveloppe d'un statoréacteur.

Dans cette combinaison, les principaux avantages de l'aile annulaire sont les suivants :

— L'aile annulaire est plus légère qu'aucun type d'aile plane. Au diamètre de 2 m, on pourrait établir des voilures supersoniques ne pesant pas plus de 10 kg au mètre carré, quand les voilures planes des avions classi-

ques, obligatoirement minces et lourdes, pèseraient trois à quatre fois plus.

— Dans l'application au décollage vertical d'un appareil V.T.O.L. à hélices, l'effet de carénage de l'aile annulaire relève la poussée de 25 % par rapport à l'hélice non carénée de même diamètre, d'où un bénéfice important sur le poids du groupe propulseur, qui doit être calculé en fonction du poids décollable.

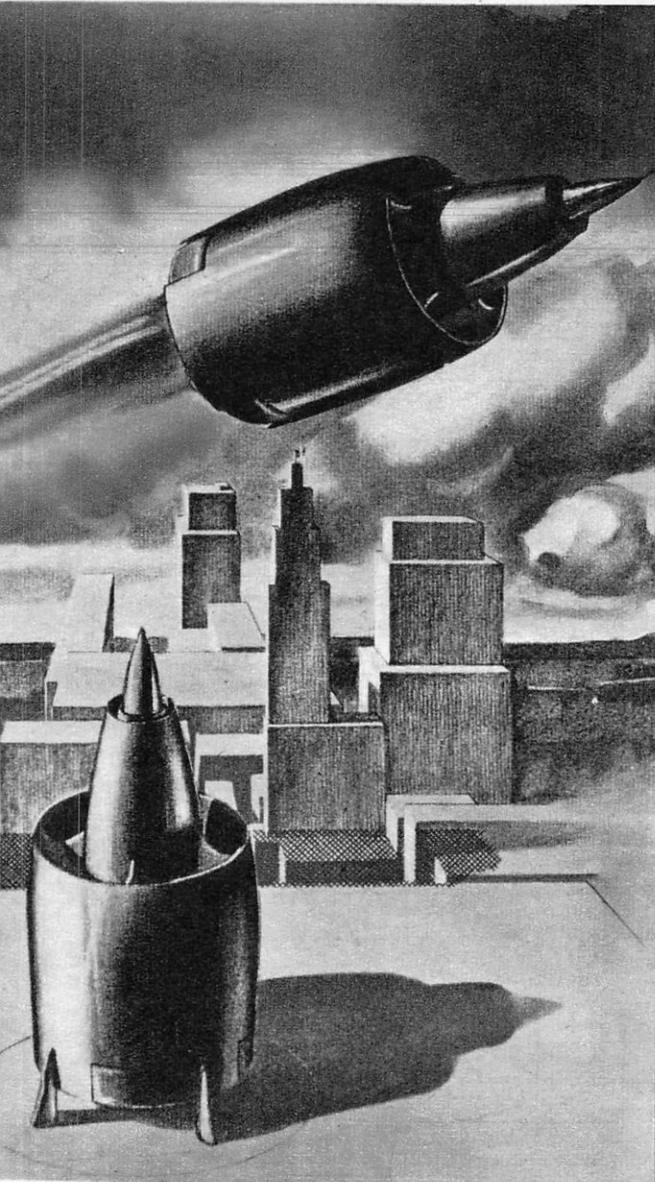
— Dans l'application comme enveloppe d'un statoréacteur, elle permet d'atteindre les vitesses élevées, dépassant Mach 3, données par ce type de propulseur ; elle se combine aisément avec le logement, dans un noyau axial, de l'équipage et du turboréacteur indispensable au décollage, à la manière du Leduc 0-22.

— En raison de l'écartement qu'elle permet de donner aux organes d'atterrissage, l'aile annulaire assure au maximum la sécurité d'un appareil posé sur la queue par grand vent, beaucoup mieux qu'avec l'empennage agrandi à cet effet des Convair XFY-1 et Lockheed XFV-1.

— Le supplément de traînée et de consommation tenant, en vol de croisière à l'horizontale, à la présence des parois sensiblement verticales qui ne participent pas à la sustentation, est largement compensé par les autres économies qu'apporte l'aile annulaire. La comparaison ne peut être faite, en effet, que sur un bilan d'ensemble. M. von Zborowski conclut qu'à capacité de transport égale et « allongement » égal (de l'aile), le poids de construction peut être de 50 % plus faible que celui des avions à aile plane, et la consommation de 10 à 25 % plus faible.

La formule des Coléoptères prête à des réalisations dans des voies très variées telles que celles qu'illustrent les dessins des pages suivantes et qui se rapportent à des projets de 1955, donc déjà anciens.

Les études de quelques-uns de ces appareils sont actuellement conduites par la SNECMA et le bureau d'études BTZ, en collaboration.



LE « FLYING BARREL »

Le *Flying Barrel*, ou tonneau volant, du célèbre constructeur américain d'hélicoptères Kaman, reprend la formule de la voilure annulaire pour turbo-réacteur. La stabilisation de l'appareil ainsi que les possibilités de manœuvre au décollage et à l'atterrissage sont demandées, comme sur l'Atar Volant, à l'orientation interne du jet d'échappement du turboréacteur. Les quatre gouvernes aérodynamiques placées sur le bord de fuite suppléent ce dispositif lorsque le tonneau volant passe au vol de croisière.

L' « Atar volant » de la SNECMA

Sans attendre la réalisation des premiers « Coléoptères », la SNECMA s'est attachée à résoudre les problèmes posés par ce type d'appareils dans les deux phases essentielles du décollage et de l'atterrissage ; à ce stade, aucune voilure, annulaire ou autre, n'est en effet nécessaire, puisque les actions aérodynamiques sont négligeables. Elle a donc réalisé un ensemble moteur, l' « Atar volant », ayant ses propres dispositifs de pilotage et sa propre stabilisation artificielle.

L'appareil expérimental, C-400 P-1, est un turboréacteur Atar-D, modifié pour le vol prolongé en position verticale, caréné, muni de quatre pieds d'atterrissage, et commandé par téléguidage.

Les essais au point fixe ont été faits successivement sur un banc oscillant, puis sur un banc gyroscopique soutenant l'appareil par l'intermédiaire d'un cardan et lui donnant la possibilité d'orientation. Les essais en vol ont suivi sous un portique d'évolutions libres, haut de 35 m, auquel l' « Atar volant » était relié par cinq câbles de protection. Près de deux cents vols ont été exécutés au cours du deuxième semestre 1956 dont, le 22 septembre, le vol d'essai contractuel comportant décollage, montée, évolutions et atterrissage dans un cercle de 3 m de rayon, par vent latéral important.

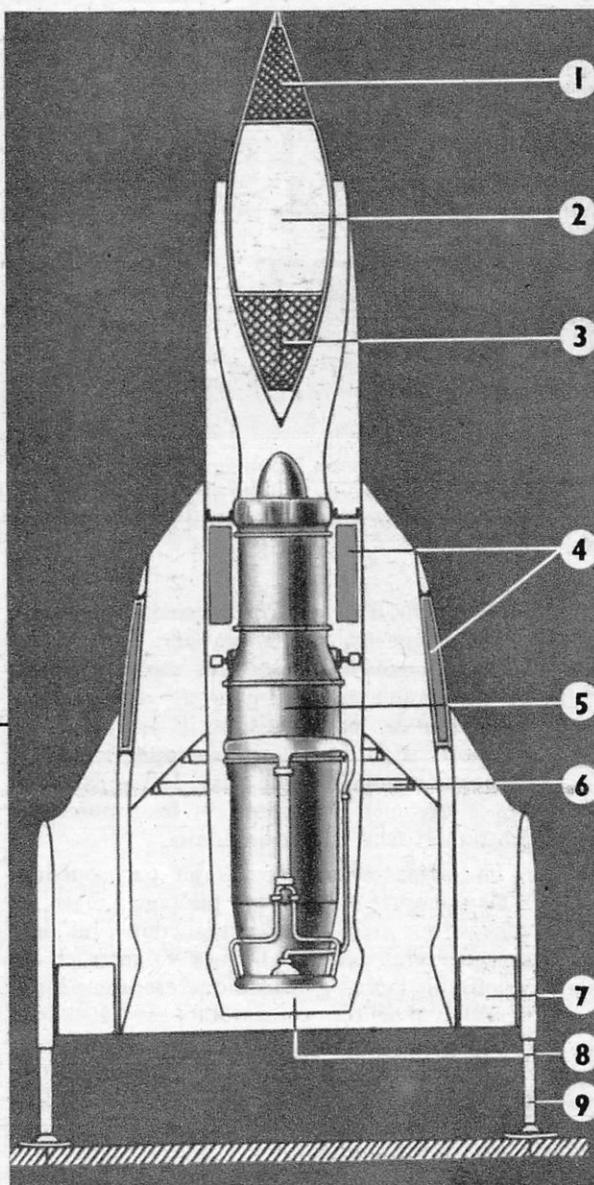
Le développement se poursuit sur un deuxième appareil expérimental C-400 P-2, muni, à sa partie supérieure, d'un poste de pilotage complet permettant au pilote de se familiariser directement avec les conditions nouvelles du vol vertical.

Les étapes suivantes actuellement prévues sont le P-3, équipé d'une véritable cabine d'avion à siège basculant ; le C-450, appareil

subsonique qui introduira, pour la première fois, l'aile annulaire ; un premier appareil supersonique expérimental équipé d'un turboréacteur et d'un statoréacteur ; enfin, l'aboutissement, sous la forme d'un intercepteur de vitesse atteignant Mach 3.

La simplicité apparente de l' « Atar volant » masque une complexité de stabilisation et de pilotage plus grande que celle d'un avion ordinaire.

Pas plus que l'hélicoptère, que les plateformes volantes américaines ou les Convair XFY-1 et les Lockheed XFX-1, l' « Atar volant » ne possède en effet de stabilité propre. Le principe de stabilisation adopté est une orientation du jet sortant de la tuyère par un

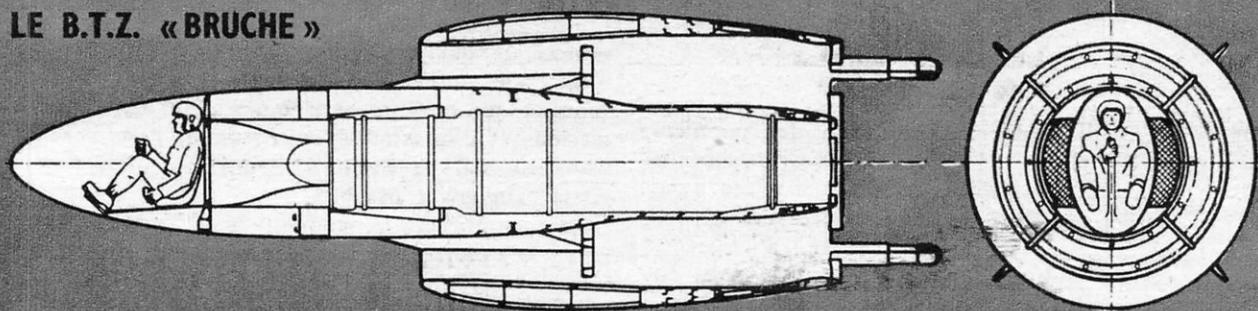


LE B. T. Z. « COLÉOPTÈRE »

Sur le « Coléoptère » de Von Zborowski, la voilure annulaire sert à la fois à la sustentation de l'appareil et comme enveloppe d'un statoréacteur. Des tuyères à striction assurent la stabilisation ainsi que la possibilité de manœuvre au décollage et à l'atterrissage, en orientant le jet du turboréacteur à post-combustion. La navigation est assurée par le turboréacteur sans post-combustion, les pointes de vitesse par la post-combustion et le statoréacteur qui doit faire dépasser une vitesse triple de celle du son.

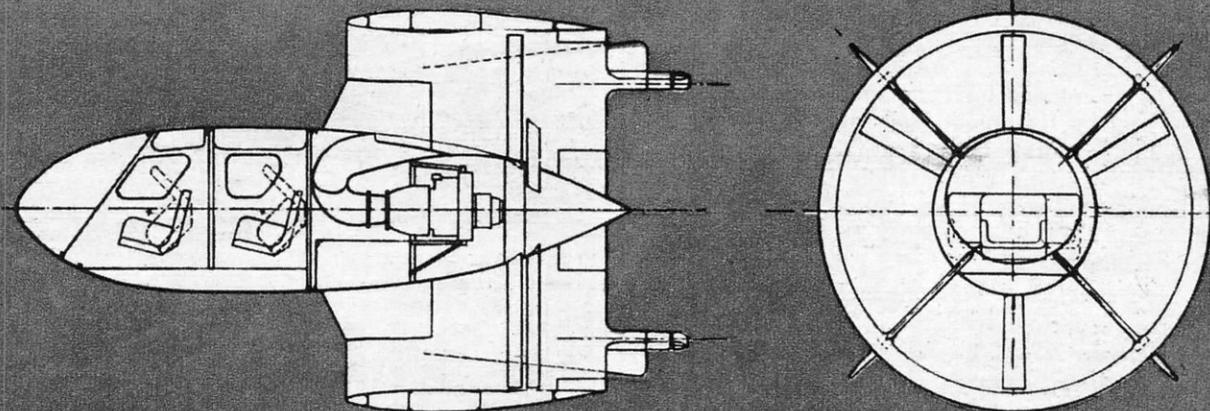
1. Radar. — 2. Poste de pilotage. — 3. Accessoires. — 4. Réservoirs de carburant. — 5. Turboréacteur avec dispositif de post-combustion. — 6. Stabilisateur de flamme du statoréacteur. — 7. Gouvernes aérodynamiques. — 8. Tuyères à striction directionnelle. — 9. Pied support.

LE B.T.Z. « BRUCHE »



La « Bruche » est l'application de la voilure annulaire à un appareil tactique léger, de 8,40 m de longueur et 2,60 m de diamètre, pour l'attaque à faible altitude. La propulsion en croisière est demandée à un Atar 101 ; les pointes de vitesse (de 1 500 km/h) à la mise en action du statoréacteur formé par la voilure annulaire.

LE B.T.Z. « HANNETON II »



Le « Hanneton II » est un triplace à voilure annulaire de 5,70 m de longueur, équipé de deux turbopropulseurs Turboméca « Artouste II » de 400 chevaux chacun. Les deux hélices arrière, contrarotatives, sont carénées. La vitesse maximum que l'on escompte de cet appareil est de 450 km/h et le rayon d'action de 1 000 km.

prélèvement d'air du compresseur appliqué à un soufflage transversal du jet ; l'effet recherché est obtenu beaucoup plus rapidement que par la manœuvre mécanique de volets soumis à l'action du jet. Le dispositif de commande comporte à la fois des gyroscopes, détectant la position angulaire de l'axe de l'appareil, et des « gyromètres » détectant les amorces de rotation et leur vitesse angulaire.

La même orientation du jet par soufflage d'air comprimé sert au pilotage, mais on conçoit que celui-ci serait beaucoup plus délicat que celui des plateformes volantes et des avions où l'effet gyroscopique est annulé par l'emploi d'hélices contrarotatives ; à chaque manœuvre, l'effet gyroscopique non compensé du réacteur entraînerait l'axe dans une direction perpendiculaire à celle que l'on souhaiterait lui donner. La stabilisation automatique évite cet inconvénient.

Une commande antirollis, rappelant les

dispositifs anticouples des hélicoptères, est nécessaire pour éviter la mise en rotation rapide de l'appareil au cours des variations demandées au régime et à la poussée du réacteur. Là encore, la commande est automatique, des tuyères fixées aux pieds de l'appareil éjectant de l'air prélevé sur le compresseur, dans un sens ou dans l'autre, suivant que le rotor accélère ou ralentit.

Les V.T.O.L. et S.T.O.L. à voilure soufflée

Si l'hélicoptère parvient à décoller verticalement, c'est parce que sa voilure tournante a une vitesse propre indépendante de celle de l'appareil. Les dispositifs hypersustentateurs classiques permettent bien de réduire la vitesse pour laquelle la sustentation d'une voilure l'emporte sur le poids de l'appareil ; ils ne peuvent, en aucun cas, l'annuler. La voilure soufflée, où la vitesse relative de l'air et de la

voilure est demandée au souffle de l'hélice, est un deuxième moyen théorique d'obtenir la sustentation de l'appareil au point fixe. La décomposition des forces montre que la résultante de la traction d'hélice et de la force aérodynamique exercée sur la voilure au repos, une fois déployés les volets hypersustentateurs, peut l'emporter sur le poids ; l'avion sera soulevé à la verticale.

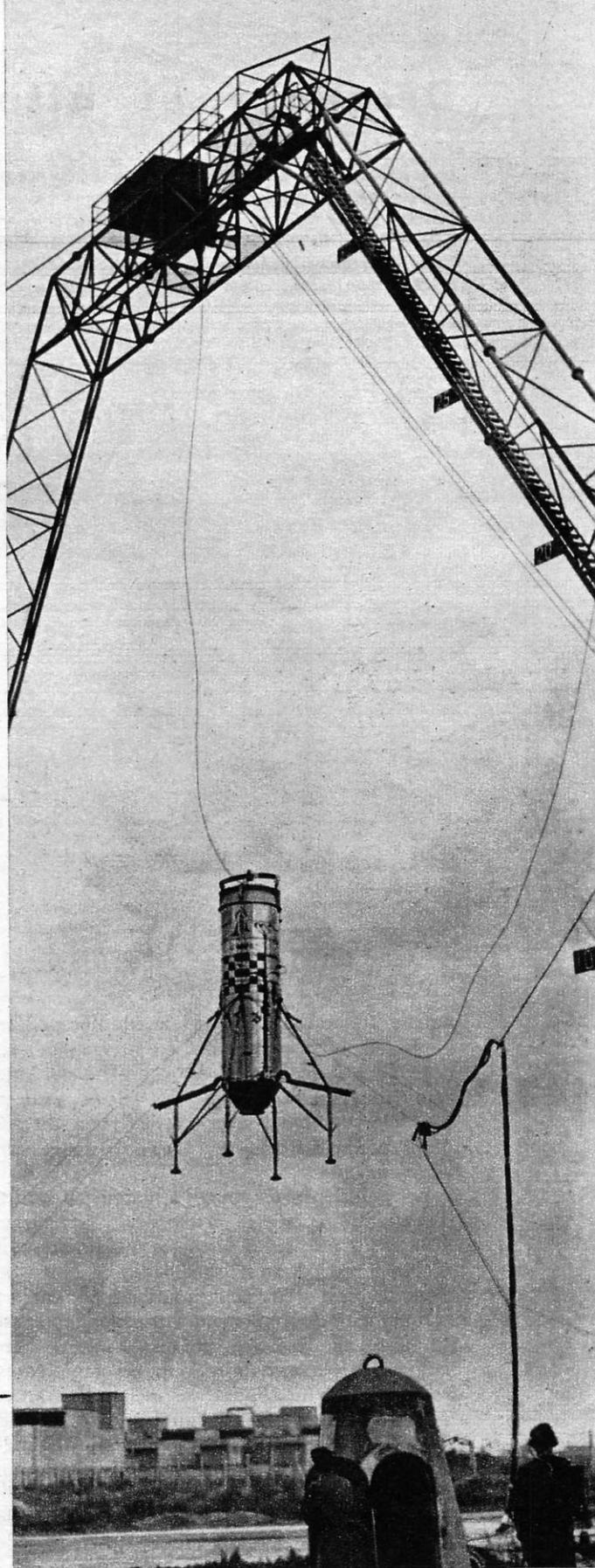
Cette formule, présentée depuis une vingtaine d'années, a été reprise vers 1948 par M. Breguet, sur son appareil 940 « Intégral » qui, depuis, a été commandé en prototype, successivement par l'aviation française et par l'O.T.A.N. La même formule est étudiée également en Amérique par Fairchild, par Ryan et par Weber, avec quelques variantes portant sur les dispositifs d'hypersustentation, la stabilité et le contrôle à faible vitesse ou les exigences admises pour le décollage et l'atterrissage. On doit en rapprocher également les nombreux essais faits par le N.A.C.A. américain sur les voilures à grilles d'aubes rétractables.

Cette catégorie d'appareils a des performances assez différentes, suivant qu'on exige le décollage et l'atterrissage exactement à la verticale du V.T.O.L. (Vertical Take-Off and Landing), ou que l'on accorde une certaine latitude sous forme d'une longueur de quelques dizaines de mètres pour le décollage et l'atterrissage « courts » d'un S.T.O.L. (Short Take-Off and Landing) ; la faible vitesse horizontale que l'on accepte s'ajoute alors au souffle de l'hélice sur la voilure pour relever, dans une mesure importante, la charge utile. Pratiquement, presque tous les appareils basés sur ce principe sont donc des S.T.O.L.

Dans le Breguet « Intégral », l'aile, à double volet, est soufflée par quatre grandes hélices attelées chacune à un turbopropulseur Turboméca « Turmo II », de 400 ch. Le diamètre des hélices est de 4 m pour une envergure de l'aile de 16 m ; elles se recouvrent en partie. Les hélices ont été étudiées pour donner une traction élevée au point fixe, et normale en croisière. Les quatre moteurs sont, d'autre part, synchronisés par un arbre d'accouplement (comme d'ailleurs sur les hélicoptères birotors), toute panne ou baisse de puissance de l'un des moteurs risquant de pro-

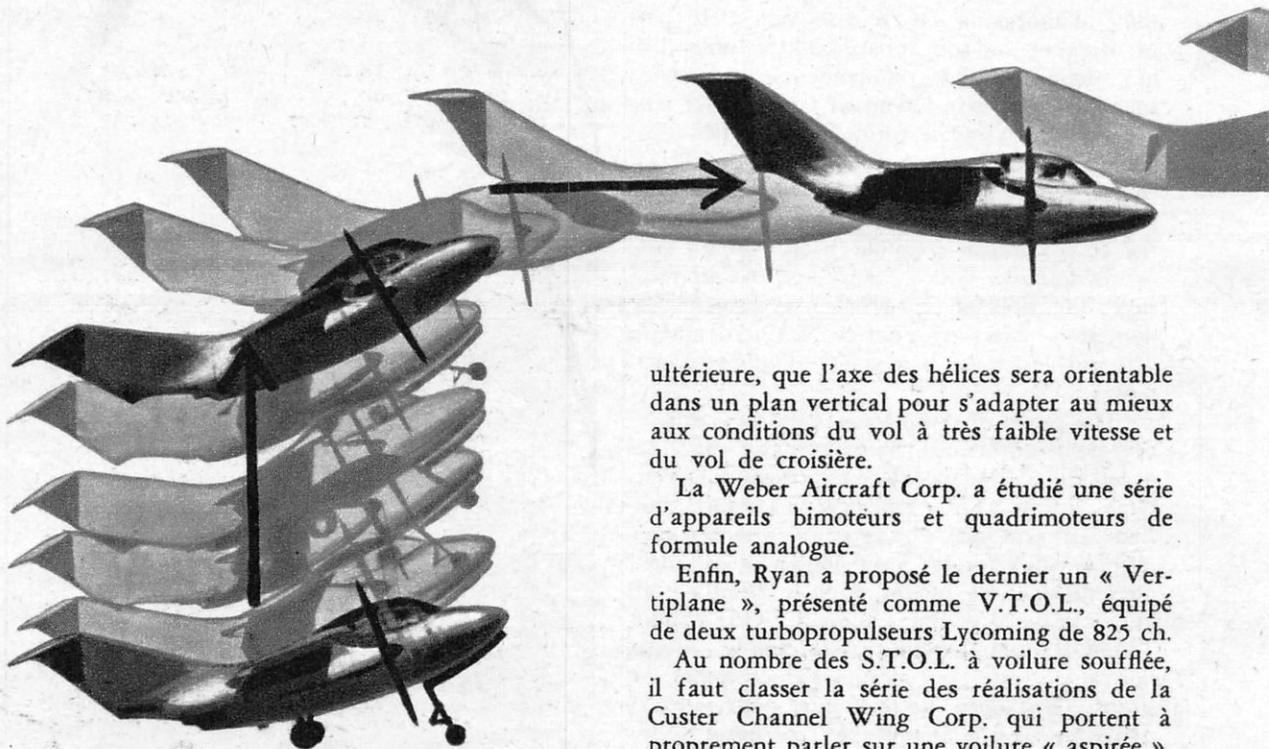
L'« ATAR VOLANT »

Après essais au point fixe sur banc oscillant, puis sur banc gyroscopique, les essais en vol de l'« Atar Volant » ont été conduits à Melun-Villaroches sur un portique de 35 m de haut. L'appareil est radioguidé du sol. Un système de câbles limite ses évolutions.



Décollage et atterrissage d'un VTOL à

La sustentation au point fixe d'une voilure soufflée par les hélices peut être suffisante pour un décollage et un atterrissage rigoureusement à la verticale. Au décollage, à partir d'une position à forte incidence, la résultante de la traction d'hélice et de l'action aérodynamique du souffle sur la voilure soulève l'appareil à la verticale ; la rentrée progressive des volets hypersustentateurs donne alors la vitesse horizontale de croisière. L'atterrissage doit être précédé d'un cabré, volets sortis, qui freine la vitesse et permet la descente verticale.



voquer un accident par déséquilibre de l'appareil au décollage ou à l'atterrissage. Le contrôle à faible vitesse est complété par une commande différentielle des deux hélices extrêmes, combinée avec la déviation du jet d'un petit turboréacteur au voisinage de l'empennage.

Le poids prévu pour l'appareil en ordre d'exploitation est de 4 030 kg ; la charge utile de 2 470 kg. La vitesse maximum, au décollage et à l'atterrissage, pour le poids de 6 500 kg, est d'un peu moins de 80 km/h ; la longueur de roulement correspondante est de 60 m au décollage, 40 m à l'atterrissage. Toutes ces performances sont très supérieures à celles d'un hélicoptère de même puissance.

Les performances du Fairchild M-232 sont du même ordre que celles du Breguet « Intégral ». L'appareil est un bimoteur Lycoming SO-580 de 3 150 kg en charge ; le contrôle à faible vitesse est demandé à une cellule bipoutre plaçant les gouvernes dans le souffle des hélices. Il est prévu, dans une version

ultérieure, que l'axe des hélices sera orientable dans un plan vertical pour s'adapter au mieux aux conditions du vol à très faible vitesse et du vol de croisière.

La Weber Aircraft Corp. a étudié une série d'appareils bimoteurs et quadrimoteurs de formule analogue.

Enfin, Ryan a proposé le dernier un « Vertiplane », présenté comme V.T.O.L., équipé de deux turbopropulseurs Lycoming de 825 ch.

Au nombre des S.T.O.L. à voilure soufflée, il faut classer la série des réalisations de la Custer Channel Wing Corp. qui portent à proprement parler sur une voilure « aspirée ».

La « voilure-canal » de Custer est déviée en forme de demi-cylindre autour de chacun des moteurs qui commande une hélice propulsive placée au bord de fuite.

La dépression à l'intérieur de ce demi-cylindre sous la succion de l'hélice s'ajoute à la sustentation habituelle sur le reste de la voilure pour réduire les longueurs de décollage et d'atterrissage.

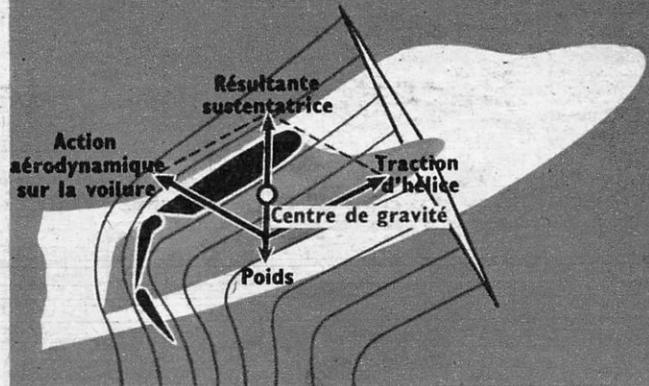
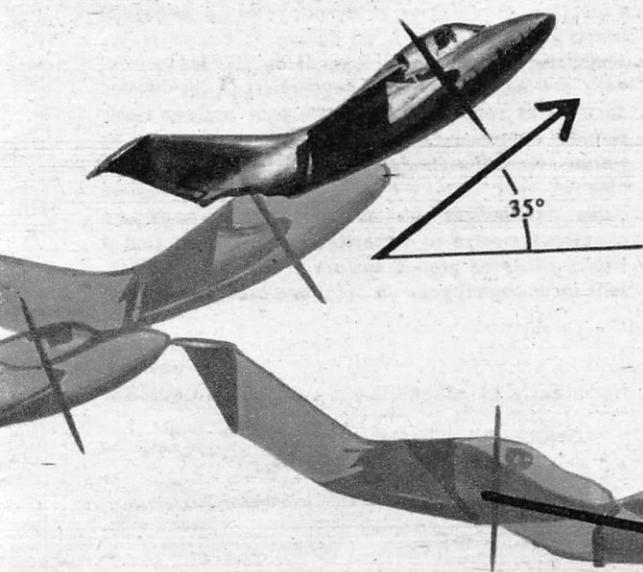
Le premier appareil expérimental Custer, construit avec les éléments d'un Piper Cub, avait été accueilli avec quelque scepticisme et le constructeur n'a jamais reçu d'aide officielle.

Cependant les essais ultérieurs du NACA confirmèrent qu'une part importante de la sustentation était réellement attribuable au principe revendiqué par l'inventeur.

Un deuxième appareil expérimental, le bimoteur Custer C.C.W.-5, fut construit par transformation d'un Baumann « Brigadier ». Il aurait pu voler, parfaitement contrôlable, à la vitesse exceptionnelle de 17,5 km/h.

Le troisième prototype actuellement en

voilure soufflée



La résultante de la traction d'hélice et de l'action de son souffle peut, sur une voilure à hypersustentation très développée, dépasser le poids de l'avion.

construction est prévu en trois versions : avion d'affaires, avion agricole, avion routier (décollant d'une route) à aile repliable.

Le décollage et l'atterrissage, à 8 km/h, sont prévus sur une distance de 5,50 m, inférieure à la longueur de l'appareil; la vitesse maximum serait, avec un moteur de 240 ch, de 320 km/h.

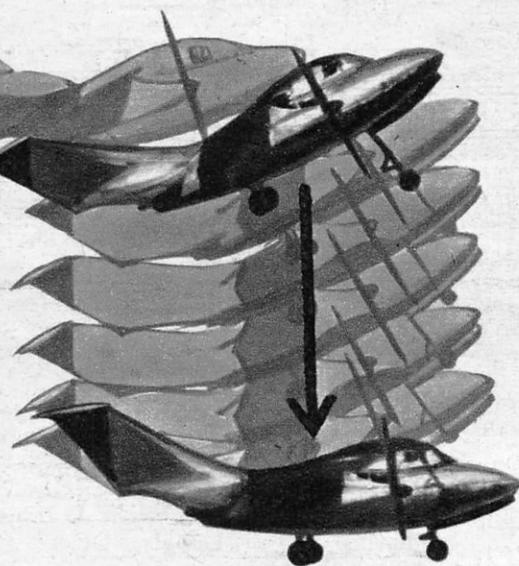
L'aérodyn Lippisch

La marine américaine, qui subventionne les essais que le D^r A. Lippisch, bien connu pour ses travaux sur la voilure en delta, conduit au Collins Aeronautical Research Laboratory, a publié en décembre 1956 une photographie du modèle utilisé pour ses premières expériences.

L'appareil se réduit à un fuselage sans voilure ni empennage, à l'intérieur duquel sont montés les turbopropulseurs et leurs hélices. L'air est aspiré par une valve d'admission dans le nez de l'appareil. Il peut être rejeté soit vers le bas pour le décollage et l'atterrissage, soit vers l'arrière pour la navigation en croisière. Des volets réglables dans la tubulure d'échappement permettent de contrôler l'ascension, la descente et l'orientation du fuselage.

La suppression de l'empennage est à rapprocher de la solution Short du SC-1; les organes qui jouent le rôle de gouvernes assurent également la stabilité dans le vol en croisière, avec commande automatique.

Le D^r Lippisch envisage d'appliquer sa solution aussi bien à l'appareil subsonique qu'à l'appareil supersonique, les hélices pouvant fonctionner avec un rendement acceptable dans de l'air ralenti lors de sa pénétration dans le fuselage.

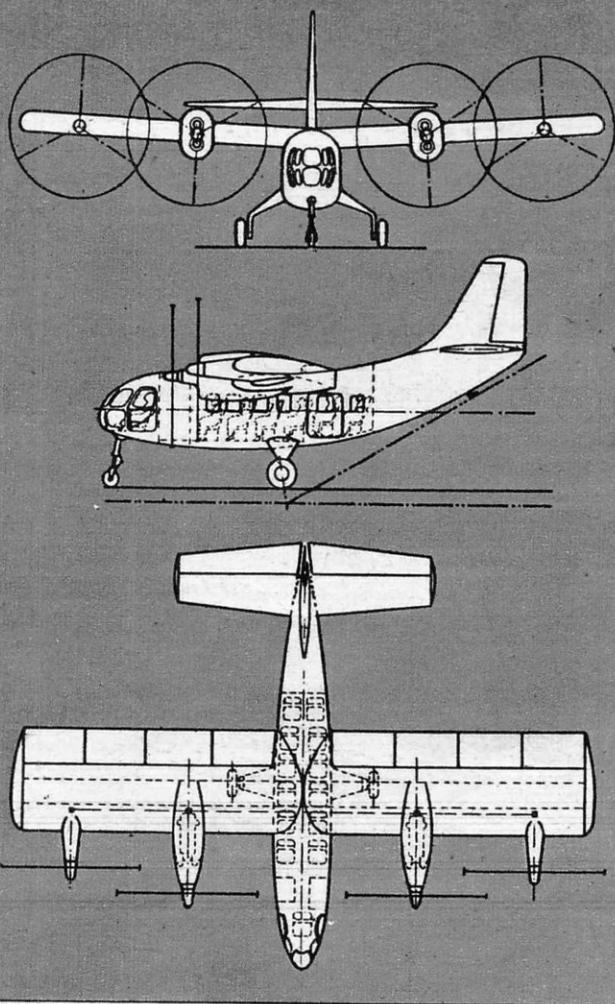


Les applications commerciales et militaires

Le succès du réseau d'hélicoptères de la SABENA, et notamment des lignes telles que Bruxelles-Paris, où la durée totale du voyage par hélicoptère est inférieure à celle du voyage par avion, en raison de la difficulté des transports terrestres, montre tout l'intérêt des appareils à décollage et atterrissage verticaux ou courts.

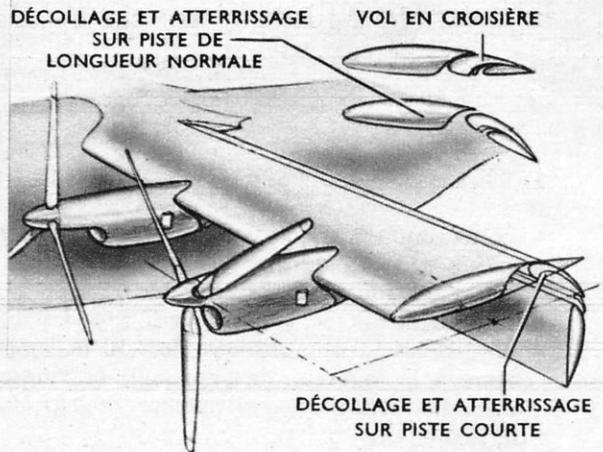
Ils peuvent pratiquement utiliser les mêmes terrains que l'hélicoptère. Leur vitesse de croisière, à en juger par les performances attendues du Breguet « Intégral », sera au moins double de celle de l'hélicoptère; leur charge commerciale et leur rayon d'action sont beaucoup plus élevés; leur entretien, celui d'un avion, sera beaucoup plus économique que celui d'un hélicoptère et de la coûteuse mécanique de son rotor.

Le même avenir attend-il les V.T.O.L., ou plutôt les S.T.O.L. à réaction, qui cherche-



LE BREGUET 940-01 « INTÉGRAL »

L'Intégral, étudié pour le décollage et l'atterrissage courts (60 m et 40 m), est équipé de quatre turbo-propulseurs Turboméca Turmo II de 400 ch, actionnant des hélices de 4 m de diamètre. Ces hélices décalées se recouvrent en partie pour assurer l'uniformité approchée de leur effet de souffle sur la voilure ; l'installation exige en outre un arbre d'accouplement pour éviter l'effet d'une baisse de régime d'une des hélices des quatre moteurs. La figure ci-dessous montre le dispositif d'hypersustentation à triples volets de grande surface et à grande traînée, sans inconvénient pour un décollage presque vertical.



ront à concurrencer l'avion de transport type Boeing 707 et Douglas DC-8? Cette fois, l'écart de rendement s'accroît, car celui des multiréacteurs à voilure en flèche est excellent jusqu'aux vitesses de 900 km/h ; le gain de temps procuré par le départ et l'arrivée au centre des villes ne prend plus la même importance ; le domaine du long-courrier devrait être réservé pour longtemps encore à l'aviation classique.

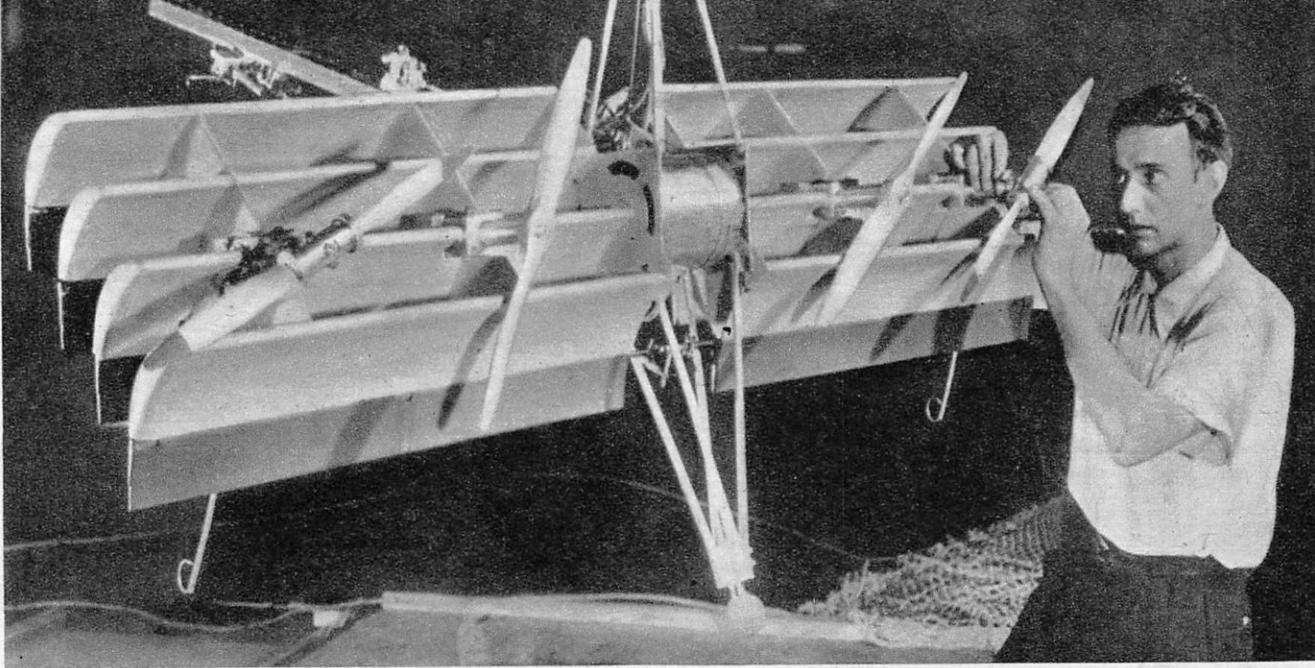
Entre ces deux extrêmes de l'échelle de 200-300 km et de celle de 5 000-6 000 km, il y a évidemment place pour une concurrence entre les deux formules. Mais d'autres facteurs interviendront, et notamment la capacité des « héliports » et des terrains de petites dimensions qu'on peut encore trouver à proximité immédiate des grands centres. Qui songerait à faire évacuer le trafic du Bourget et d'Orly sur le terrain d'Issy ?

C'est plutôt dans une autre voie qu'apparaîtra la supériorité du V.T.O.L. à réaction sur l'avion classique, lorsque l'un et l'autre viseront aux vitesses supersoniques dont les premières études commencent. Un appareil de transport genre Short SC-1, économisant la

plus grande partie de sa voilure par quelques turboréacteurs supplémentaires légers, pourrait offrir un rendement très supérieur à celui d'une adaptation commerciale du Convair B-58 ou du Lockheed « Starfighter ». Mais, là encore, il faudra compter avec les difficultés d'atterrissage, lorsque les V.T.O.L. devront croiser à petite vitesse dans l'attente de leur tour au voisinage d'un aéroport encombré.

Les applications militaires du décollage et de l'atterrissage verticaux ou courts sont beaucoup moins discutables. Le succès de l'hélicoptère en Algérie garantit celui d'un appareil de vitesse, de rayon d'action et de charge utile très supérieurs, et d'exploitation beaucoup plus économique, tel que le serait un Breguet « Intégral ».

Mais l'intérêt du V.T.O.L. et du S.T.O.L. s'étend certainement de la guerre « subversive » à la guerre atomique, où les pistes bétonnées seraient détruites dès le début des hostilités par les explosions simultanées à basse altitude de quelques centaines d'engins balistiques, pendant que les poussières radioactives couvriraient les terrains de fortune qu'on essaierait de leur substituer. Le maintien

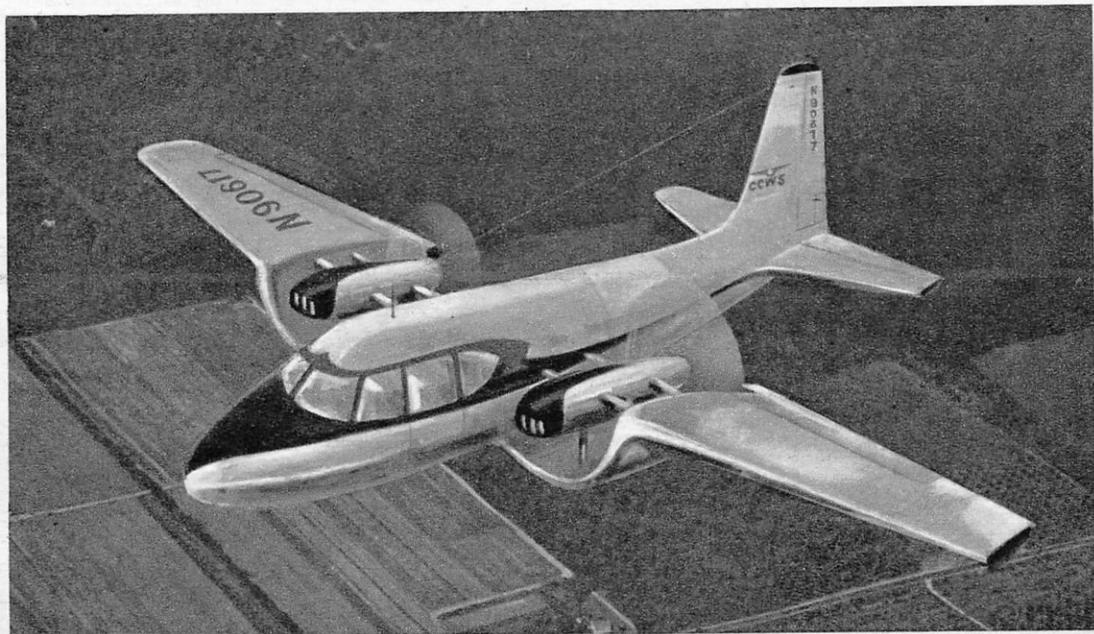


Le « Venetian Blind » ou « persienne », dispositif étudié par le NACA américain et qui doit assurer le décollage vertical des avions, comporte une série de volets de petite profondeur qui peuvent se replier les uns sur les autres et s'encastrent dans l'aile principale au voisinage de son maître-couple pendant le vol de croisière.

en service des innombrables terrains qui devront remplacer des transports de surface interdits par cette même radioactivité ne se conçoit qu'avec des dimensions minimum pour chacun d'eux. Dans la zone la plus proche du front, on découvrira alors que la plateforme volante, atterrissant au fond d'un puits de quelques mètres de diamètre, est le seul moyen de liaison d'un abri souterrain à un

autre. Dans la zone de l'arrière, c'est-à-dire probablement sur toute l'étendue des pays engagés dans le conflit, l'avion capable de décoller ou d'atterrir sur des terrains de quelques dizaines de mètres sera de même l'unique moyen de liaison entre les éléments des populations auxquels la circulation en surface sera interdite.

ANDRE FOURNIER



L'appareil expérimental Custer CCW - 5 à voilure « canal », qui a volé à 17,5 km/h.



VERTOL H - 21

La silhouette de cet hélicoptère « banane » est bien connue en France depuis qu'il est utilisé sur une grande échelle pour les opérations militaires. Il emporte 21 hommes.



PARIS-BRUXELLES EN 1 H. 45

Le 3 mars dernier, la S.A.B.E.N.A. a procédé à l'inauguration de la ligne Paris-Bruxelles en hélicoptère. Les appareils, des Sikorsky S-58, relient les deux villes en 1 h 45 de vol à la vitesse moyenne de 170 km/h. Il existe actuellement 2 services réguliers par jour, mais devant le succès remporté, la S.A.B.E.N.A. a décidé de porter ce nombre à 5 à partir du 15 avril. Le prix aller et retour est de 10080 francs.



HÉLICOPTÈRES (suite)

Constructeur	Désignation	Nombre de places	Nombre de rotors	Nombre de pales par rotor	Diamètre du rotor	Groupe-Moteur	Poids en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse de croisière (km/h)	Observations
ÉTATS-UNIS										
BELL	47 G	3	1	2	10,68	1 Franklin : 200 ch	1 065	415	143	En service dans l'aviation militaire et la Marine américaine. Toutes missions. Autres versions à moteur Lycoming ou Continental (Turboméca Artouste). Prototype retenu par l'armée américaine.
	204	6	1	2	13,41	1 Lycoming XT 53 : 700 ch	2 450	1 020	190	Prototype retenu par l'armée américaine.
	61	4	2 tandem	2	15,70	1 Pratt et Whitney R 2800 : 1 900 ch			160	Anti-sous-marin. Prototypes en cours de mise au point pour la marine américaine. Observation, sauvetage.
	200 216	2/4 25	2	3	7,62	1 Pratt et Whitney R 985 6 turbines à gaz		2 721	200 220	Prototype Avion convertible. En projet.
BENSEN	B-7 M Gyro-Copter	1	1	2	6,10	1 Nelson 4 cyl. 40 ch	210	106	90	Rotor libre. Hélice propulsive derrière le pilote.
BRANTLY	B 2	2	1	3	7,21	1 Lycoming O 340	703	280	160	2 prototypes.
CESSNA	CH 1	4	1	2	10,66	1 Continental FSO : 270 ch	1 361	450	170	Prototype. Transport, sauvetage.
CONVERTAWINGS	A	1	4		5,91	2 Continental C 90	997			Banc d'essai volant.
	E					4 Wright R 1820	20 000	5 000		Développement du modèle A; en projet.
DE LACKNER	Héli-Vector	1	1			1 moteur 44 ch				Plateforme volante commandée à 12 exemplaires par l'armée américaine.
DOMAN	LZ 5-L	8	1	4	14,63	1 Lycoming SO 580 : 400 ch	2 356	884	148	Versions civiles et militaires.
GOODYEAR	GA-400 R « Gismo »	1	1	2	5,48	1 Marine and Manufacturing Big-Twin : 35 ch	197	45,4	85	Prototype.
GYRODYNE C°	41 Rotorcycle	1	2 coax.	2	4,57	1 Nelson H 59 : 40 ch	226			Prototype. Hélicoptère ultra-léger individuel.
HILLER	12 C	3	1	2	10,67	1 Franklin 6 V4 : 200 ch	1 134	389	132	Applications civiles. En service dans l'armée américaine. Autre modèle 12 D avec moteur Lycoming 250 ch.
	H.J. 1 Hornet	2	1	2	7,21	2 statoréacteurs Hiller en bout de pales	490	242	120	Hélicoptère à réaction. Projet pour la Marine américaine.
	XROE 1	1	1	2	5,40	1 Nelson 4 cyl. 2 temps 42 ch	230	120		Hélicoptère ultra-léger individuel. Plateforme volante. Prototypes en essais.
	Flying-Platform Large Convertiplane	1				2 Nelson : 84 ch				Projet d'appareil à ailes basculantes. Prototype en construction.
HUGHES	Model 269	2	1	3	7,60	1 Lycoming 4 cyl. 170 ch	675	295	155	Hélicoptère ultra-léger. En production.
KAMAN	K 10	2	2 engr.	2	12,50	1 Boeing 502 : 190 ch				Prototype en construction.
	K 240	3	2 engr.	2	12,50	1 Lycoming O435 : 250 ch	1 361	317	120	Entraînement, ambulance. En service.
	K 600	4	2 engr.	2	14,32	1 Pratt et Whitney R 1340 : 600 ch	2 600	541	160	En service pour la Marine américaine.
McDONNELL	XV-1 « Convertiplane »	4	1	3		1 Continental R 975 entraînant une hélice propuls. et un compresseur fournissant l'air éjecté en bout de pales				2 prototypes. Avion convertible.
NAGLER	NH 160	1	2 coax.		6,20	1 McCulloch : 72 ch	340		125	Autre modèle en projet avec moteur 150 ch.
OMEGA	SB-12	5	1	4	11,88	2 Franklin 6A4 : 210 ch	1 950	612	150	Prototype.
SIKORSKY	S 55	12	1	4	16,10	1 Pratt et Whitney R 1340 : 600 ch	3 271	1 094	137	En service sous plusieurs versions dans les forces armées américaines.
	S 56	26	1	5	21,90	2 Pratt et Whitney R2800 Double Wasp : 3 800 ch	13 608		196	En service dans Marine et Armée américaines. Train d'atterrissage éclipseable. Modèles à l'étude avec turbopropulseur Allison.
	S 58	22	1	4	17,06	1 Wright R 1820 Cyclone : 1 525 ch	5 750	2 330	163	En service dans les forces armées américaines et françaises. Version civile en service.
	S 59	4	1	4	10,66	1 Turboméca « Artouste » : 425 ch	1 643	646	200	En service dans l'armée américaine.
	I G « Convertiplane »	1			5,25	1 Lycoming 0290 A, 160 ch	793	136		Avion convertible. Rotors inclinables aux extrémités de l'aile fixe, envergure 6,40 m.
VERTOL	Hup-Retriever	6	2 tandem	3	10,66	1 Continental R 975 : 550 ch ou Wright R 1300 : de 700 ch	2 607	838	145	En service dans armée et marine américaines.
	H 21	21	2 tandem	3	13,41	1 Wright R 1820, 1425 ch	6 033	2 132	196	En service dans l'aviation, la Marine américaine, l'aviation canadienne et en France.
GRANDE-BRETAGNE										
BRISTOL	Sycamore MK 4	5	1	3	14,81	1 Alvis Leonides 525 ch	2 450	654	180	Série : toutes missions civiles, armée, marine.

HÉLICOPTÈRES (suite)

Constructeur	Désignation	Nombre de places	Nombre de rotors	Nombre de pales par rotor	Diamètre du rotor	Groupe-Moteur	Poids en charge (kg)	Charge utile (kg)	Vitesse de croisière (km/h)	Observations
GRANDE-BRETAGNE										
BRISTOL	173	16	2 tandem	4	14,81	2 Alvis Leonides ou Leonides Major ou turbine à gaz Napier « Gazelle »	6 040		180	5 prototypes. Ne sera pas construit en série.
	192	20/25	2 tandem	4	14,86	2 Alvis Leonides Major 3 400 ch ou turbines à gaz Napier Gazelle	7 800	2 700	200	Toutes missions. Sera construit en série par l'aviation militaire et l'armée.
FAIREY	Jet « Gyrodyne »	4	1	2	18,30	1 Alvis Leonides entraînant 2 hélices et 2 compresseurs Merlin alimentant 2 réacteurs en bout de pales				Recherche. Avion convertible.
	Rotodyne	40/50	1	4	27,43	2 Napier Eland entraînant 2 hélices et 1 compresseur alimentant 4 réacteurs en bout de pales	14 969	5 900	235	Prototype Avion convertible. Deux autres versions avec Napier Eland de 4 500 et 3 500 ch, poids en charge 7 700 kg, vitesse 280 km/h, 40 à 50 places.
FAIREY	Ultra-Light	1/2	1	2	7,60	1 Turbocompresseur Blackburn. Turboméca Palouste alimentant 2 réacteurs en bout de pales	680		148	Missions civiles et militaires; 4 prototypes.
SAUNDERS-ROE	« Skeeter » MK 6	2	1	3	9,75	1 De Havilland Gipsy Major 200 ch	975		150	Construit en série.
WESTLAND	« Widgeon »	5	1	3	15	1 Alvis Leonides	2 676	690	148	Missions diverses. Successeur du S-51 « Dragonfly ».
	« Whirlwind » Mk 5	10	1	4	16,15	1 Alvis Leonides Major : 900 ch	3 629		175	Toutes missions. En service
	Wessex	14	1	4		Turbine à gaz Napier « Gazelle »	5 715	2 423	165	Dérive du Sikorsky S-58. En série pour aviation navale. Toutes missions. Lutte anti-sous-marine.
	Westminster	40	1	5		2 Napier « Eland »	15 000	5 900	210	En projet.
ESPAGNE										
AEROTECNICA	AC 14	5	1		9,60	1 Turboméca Artouste II	1 197	648	175	6 prototypes en construction.
JAPON										
TOKIO	Yomiuri Y-1		1		10	1 Hitachi Jinpu III 2 cyl. 150 ch	748	220		
PAYS-BAS										
NEDERLANDSE	Kolibrie H-3	1/2	1	2	10,59	2 Stato-réacteurs en bout de pales	650	370	110	Prototype. Missions diverses.
POLOGNE										
	SM-1									
	B 2-4 «Zuk »	3/5	1	3	14,76	1 AS-21 7 cyl. 575 ch	2 240			Version polonaise du Mi-1 russe. En série. En développement.
TCHÉCOSLOVAQUIE										
	HC-2	2	1	3		1 Praga D : 80 ch		190	148	



FAIREY ULTRA LIGHT

Le prototype, conçu comme appareil d'observation et de liaison pour l'armée britannique, a volé en août 1955. Il offre deux places côte à côte et pèse seulement 680 kg en charge. Un turbocompresseur Turboméca Palouste fournit l'air comprimé aux deux réacteurs en bout de pales du rotor.



BRISTOL SYCAMORE

Construit à plus de 150 exemplaires, le Sycamore est en service en particulier dans la Royal Air Force et l'Armée britannique. Il est apte aux missions les plus diverses.

BELL MODEL 47

Ce type d'hélicoptère, dont il existe plusieurs versions différant par leurs aménagements et leurs moteurs, a été construit à près de 2 000 exemplaires pour les forces armées américaines et de nombreux clients civils dans le monde entier. On voit ci-contre la version « taxi » à 4 places et ci-dessous un Bell équipé pour la prospection minière.





LE BÉBÉ JOEL D-9 est le premier monoplace d'amateur qui ait connu un succès réel et durable. Il peut être équipé soit d'un moteur Volkswagen, soit d'un Dyna-Panhard, d'un Echard-Lutetia 4 C.02 ou encore d'un Sarolea. Très maniable, il décolle en 55 mètres, atterrit à 47 km/h et possède une autonomie de 400 kilomètres.

CHACUN PEUT CONSTRUIRE SON PROPRE AVION

L'ORIGINE de l'aviation d'amateur se trouve dans l'imagination d'un fanatique de l'avion pour tous, Henri Mignet, qui édita en 1930-1932 deux livres fameux : « Comment j'ai construit mon avionnette » et « L'Age de l'Air ». Dans ces ouvrages, il préconisait la construction d'un petit appareil de sa création, le « Pou du Ciel », dont la silhouette était aussi curieuse que son comportement dans les airs.

Plusieurs centaines de ces machines virent le jour, mais quelques accidents retentissants jetèrent le discrédit sur elles. De nos jours encore, on compte pourtant de nombreux et farouches partisans du « Pou du Ciel ».

Au lendemain de la guerre, le Gouvernement commanda en grandes quantités des avions et planeurs qui équipèrent et équipent partiellement encore nos aéroclubs. Cette avalanche de matériel neuf ne tua pourtant pas l'aviation d'amateur. Beaucoup estimaient plus intéressant de créer « son » avion soi-même, ou trouvaient les appareils en service trop lourds ou trop coûteux.

En effet, beaucoup étaient partisans du monoplace léger de faible puissance, c'est-à-dire d'environ 25 à 35 ch, et ils entreprirent de construire la petite avionnette de leur rêve. Ils le firent le plus souvent autour d'un moteur Volkswagen, récupéré et transformé en

PIEL CP. 30 EMERAUDE

Ce biplace qui vient seulement d'être lancé se révèle comme un concurrent du Jodel. Élégant, facile à piloter et confortable, il est construit en série ou individuellement d'après ses plans. Il est équipé d'un moteur Continental de 65 ou 90 ch. Son autonomie est de l'ordre de 750 km.



MAX PLAN PF-204

Cet appareil pour amateurs sportifs est un monoplace d'allure très différente de celle des appareils conventionnels. Equipé d'un moteur Minié de 75 ch, il atteint la vitesse de 270 km/h et possède une autonomie de 4 heures. Le moteur Minié peut être remplacé par un Continental de 90 ch.

C. A. B. GY-20 MINICAB

Plus difficile à construire que le Jodel et d'un pilotage plus délicat et plus sportif, le Minicab à deux places côte à côte existe à une cinquantaine d'exemplaires en France, dont une dizaine seulement ont été construits par des amateurs. Il est équipé d'un moteur Continental de 65 chevaux.



ADAM RA-14 LOISIRS

Ce biplace côte à côte reste fidèle à la formule ancienne du monoplane à aile haute haubannée. Il fut le premier modèle proposé après la guerre pour la construction d'amateur et sa réalisation est particulièrement simple. Un peu plus d'une vingtaine de ces appareils volent actuellement. Le RA-14 peut recevoir divers moteurs allant de 40 à 65 ch.

DRUINE D-61 CONDOR

Ce modèle est en principe seulement un avion pour construction d'amateur. En réalité, son dossier de plans ne sera pas mis en vente et seuls quelques petits artisans construiront l'appareil en série restreinte. Il peut recevoir un Continental de 65 ou 90 ch.



DRUINE D-50 TURBI

Le Turbi biplace en tandem dérive directement du petit monoplane « Le Turbulent » de la page ci-contre, sans considération de confort, avec cockpit en torpédo. Cinq appareils de ce type furent construits dont un équipé d'un moteur type 11 CV Citroën modifié.

moteur d'avion pour les besoins de la cause.

Ainsi naquit le célèbre petit « Bébé Jodel ». Créé par deux jeunes amateurs, Joly et Délémontez (d'où le nom Jodel), il connut des débuts difficiles. Mais, une fois mis au point, il retint l'attention de beaucoup d'enthousiastes, qui en achetèrent les plans et se lancèrent dans sa fabrication.

Cependant, nombreux étaient les amateurs de voyages auxquels le monoplane ne plaisait pas et qui trouvaient trop cher le prix de l'heure de vol dans les aéroclubs. Plusieurs biplaces furent alors créés, appartenant à diverses catégories aérodynamiques : aile haute avec le Roger Adam R.A. 14 « Loisir » ; aile basse avec le « Jodel-Club D 11 » de 45 ch. Il faut citer aussi le « Minicab », appareil de sport assez délicat à fabriquer et à piloter, mais qui a été pourtant construit à de nombreux exemplaires.

C'est le « Jodel-Club » cependant qui a vraiment fait démarrer l'aviation d'amateur. Facile à construire, sûr à piloter, économique et relativement rapide, il s'est attiré les suffrages de la majorité des constructeurs amateurs français. Sa licence de fabrication a aussi été acquise par de nombreux artisans qui le produisent en petite série.

Comment construire un avion d'amateur

Pourvu que l'on dispose d'un local suffisant, d'un petit outillage et de quelques dons manuels, la fabrication d'un avion d'amateur ne présente aucune difficulté.

Il existe dans le commerce des liasses de plans concernant des appareils monoplaces ou biplaces de toutes les formules : aile haute, aile basse, conduite intérieure, torpédo, etc. Le prix de ces liasses varie entre 8 800 et 30 000 francs.

Une fois les plans en mains, il ne reste qu'à se procurer le matériel, en majeure partie du bois brut ou travaillé, comme le contreplaqué. N'importe quel débitant de bois peut fournir la matière première nécessaire : okoumé, spruce ou peuplier ; mais certains constructeurs livrent aussi l'échantillonnage complet, débité, et éventuellement estampillé par le Bureau Veritas si le constructeur souhaite faire homologuer son appareil avec le Certificat de Navigabilité normal.

En général, un constructeur amateur travaillant le bois s'associe avec un spécialiste de métal qui réalisera ferrures, bâti-moteur, atterrisseur, etc.

Ceux qui disposent de certaines ressources

DRUINE LE TURBULENT

Monoplace populaire d'une fabrication simple, Le Turbulent de Roger Druine, doté d'une aile à fente, est le plus sûr que l'on puisse souhaiter. 25 exemplaires sont actuellement immatriculés. Un moteur Ardem de 30 chevaux remplace le Volkswagen modifié air qui était utilisé à l'origine.



financières et veulent abréger la durée du travail peuvent aussi acheter, chez des spécialistes, l'ensemble des éléments métalliques terminés, prêts au montage sur la cellule.

Une solution, plus onéreuse encore, mais aussi beaucoup plus rapide, consiste à acquérir les éléments en bois préfabriqués : longerons, nervures et autres sous-ensembles étant livrés pratiquement terminés, il ne reste plus qu'à les finir et à les assembler.

En partant de zéro, c'est-à-dire sans aucune pièce préfabriquée, la construction d'un biplace exige environ 2 200 heures de travail. Ce chiffre est une moyenne. En fait, il dépend de nombreux facteurs : outillage, dextérité et expérience du constructeur, temps disponible, conditions atmosphériques (influençant les collages), etc. Pour un monoplace, ce chiffre peut être réduit d'un tiers environ.

La construction doit évidemment être soumise à certaines règles. Un contrôle sérieux par des spécialistes du Bureau Veritas est exigé. Avant l'entoilage, un montage complet de la carcasse, dit « montage en blanc », doit être effectué. Une autre visite a lieu, autant que possible, avant le premier vol.

Ensuite, avant de se voir attribuer le Certificat de Navigabilité Restreint d'Aéronefs (C.N.R.A.) par les services officiels, l'appareil doit effectuer un certain nombre de vols et d'atterrissages et satisfaire à des performances minimum. Il reçoit ensuite son immatriculation définitive, qui, pour le distinguer d'un appareil à C.D.N. normal, immatriculé F.B..., aura son « B » remplacé par un « P », soit F. P...

Prix de revient

Etant donné qu'une assez grande liberté est laissée aux constructeurs amateurs dans le choix de leurs matériaux et de leur moteur, le prix de revient d'un avion d'amateur est difficile à fixer exactement. Il oscille entre 800 000 fr et un million et demi au total moteur compris. Cependant de réelles occasions dans ce domaine permettent parfois d'abaisser le prix de revient d'environ 30 %. Pour un moteur Continental de 65 ch, importé d'Amérique, il faut compter un minimum de 400 000 fr.

Regardons d'un peu plus près comment s'établit le cahier des charges d'un biplace, le Piel « Emerald », par exemple, les chiffres étant donnés ici à titre d'indicatif et n'ayant rien d'absolu :

Liasse de plans	15 000 fr
Longerons d'ailes terminés	60 000 fr
Débit de spruce	30 000 fr
Débit de contreplaqué	40 000 fr
Éléments métalliques (bâti-moteur, roulette queue) bruts ..	100 000 fr
terminés, prêts au montage ..	380 000 fr
Plexiglas	10 000 fr
Rhodoïd	5 000 fr
Toile, enduit, peinture	60 000 fr
Roues	30 000 fr
Vernis, colle, clous	10 000 fr

Autrement dit, le prix de la cellule varie entre 350 000 et 700 000 sans moteur et sans équipement de bord. Les amateurs se procurent d'ailleurs le plus souvent ces derniers au « marché aux puces » pour une bouchée de

pain ; plus d'un avion d'amateur groupe sur son tableau de bord des instruments français, anglais, américains, allemands et même... japonais.

Du prix global de l'appareil terminé il faut soustraire les primes accordées par l'Etat et qui, de l'ordre de 425 000 fr, peuvent couvrir plus de 40 % de la somme totale. L'avion d'amateur se trouve ainsi à la portée de tous.

Il n'est pas rare de voir un métallo, un receveur d'autobus, un petit artisan voler le dimanche sur « son » avion, sorti de ses mains. Près de mille avions d'amateurs volent actuellement en France et, en moyenne, cette grande famille s'accroît d'un nouveau membre un dimanche sur deux.

Ces mille appareils ont été en majorité construits d'après les liasses commerciales. Les Jodel dominent de très loin par le nombre. Cependant le nouvel « Emeraude » gagne du terrain et s'avère comme l'un des grands espoirs des années à venir.

La reproduction d'un avion d'après sa liasse ne présentant aucune difficulté, il y a des fanatiques qui poussent l'amour de l'art jusqu'à s'improviser ingénieurs. Avec des éléments théoriques, souvent très limités, ils conçoivent entièrement leur avion. Et, si l'on assiste ainsi parfois à la naissance d'affreuses « caisses à savon », de gracieux appareils apparaissent aussi, ayant une personnalité très

marquée et de très sérieuses qualités de vol.

Le bagage technique nécessaire à l'étude d'un tel appareil n'est pas considérable et beaucoup de ces ingénieurs d'occasion possèdent tout juste leur certificat d'études.

Evidemment, on pourrait craindre que la législation ne soit très dure vis-à-vis de ces appareils inédits. Il n'en est rien. Ils sont soumis aux mêmes contrôles et aux mêmes épreuves de qualification que les appareils construits d'après liasse. C'est dire combien la réglementation française est débonnaire. Et il n'y a pas d'exemple qu'un de ces prototypes d'amateur se soit cassé en vol.

Les constructeurs amateurs français sont groupés en une association amicale, le Réseau du Sport de l'Air (R.S.A.), qui organise chaque année, vers le 15 août, son rassemblement annuel. Le nombre des adhérents du R.S.A. s'accroît chaque année et il est une des bases les plus solides du développement de l'aviation légère française..

Beaucoup de pays qui ne croyaient pas en cette « Aviation de bonne volonté » se joignent peu à peu au mouvement français. La Suisse, l'Allemagne, l'Amérique, l'Angleterre possèdent maintenant l'équivalent de notre R.S.A. Une fois de plus, en matière d'aviation, l'idée est née en France.

R. de NARBONNE.

LE BIPLACE JODEL D-II est une version extrapolée du Bébé Jodel. C'est l'appareil le plus utilisé dans les aéro-clubs. Les amateurs français en ont construit plus d'une centaine et près de 100 autres ont été mis sur pied par des artisans ou des industriels. On utilise des moteurs de 65 à 90 ch. Son autonomie est de 600 km.



à deux pas du métro "PLACE BALARD"



5 liaisons quotidiennes

un hélicoptère S-58 12 places vous attend pour vous conduire à Bruxelles.

de l'Héliport PARIS-ISSY

8 h 10 h 12 h 14 h 15 17 h 50

Correspondances à Bruxelles pour le monde entier.

Votre Agent de voyage, ou

SABENA

19, rue de la Paix
PARIS
RIC. 47-47

Lignes Aériennes Belges

RÉSERVOIRS
LARGABLES

TUYÈRES DE
RÉACTEURS

SECAN

CHAUDRONNERIE
EMBOUTISSAGE
TOUTES SOUDURES
RADIOGRAPHIE
INDUSTRIELLE

B.P. 23

40, RUE HENRI-BARBUSSE GENNEVILLIERS GRÉ. 58-20

Vous avez acheté ce numéro
hors série AVIATION 1957

MAIS
Avez-vous lu
le numéro
de MAI de



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.

AÉRODYNAMISME

COURS D'AÉRONAUTIQUE, AÉRODYNAMIQUE. (Allard E.). Notions de mathématiques utiles en aérodynamique. Cinématique des fluides, des fluides incompressibles. Dynamique des fluides. Etude de l'écoulement autour d'un corps cylindrique d'envergure infinie. Ecoulement d'un fluide parfait autour des ailes d'envergure finie. Viscosité et turbulence. Compressibilité. 328 p. 21 x 27, 248 fig., et un album de 6 grilles, 1947..... 3.150 »

ÉCOULEMENTS DES FLUIDES COMPRESSIBLES. (Sauer R.). Théorie linéaire des écoulements stationnaires et non stationnaires. Théorie rigoureuse des écoulements supersoniques stationnaires et des ondes de pression continues de grande intensité. Mode d'emploi de la théorie des caractéristiques. Théorie exacte des écoulements subsoniques stationnaires. Lois fondamentales de l'onde de choc. Les ondes de choc dans les écoulements stationnaires et non stationnaires. 324 p. 16 x 25, 150 fig., 1951, relié..... 3.740 »

AÉRODYNAMIQUE EXPERIMENTALE. (Rebuffet P.). (Cours professé à l'Ecole Nationale supérieure de l'Aéronautique). 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., 45 pl., 2^e édit. revue et augm., 1950, relié..... 4.220 »

CONSTRUCTION - MOTEURS

ELEMENTS DE CALCUL DE CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE. (Guillenmidt P.). Tables. Formules. Technologie. Renseignement généraux : mécanique, technologie des matériaux employés dans la construction. Courbes de flambage établies d'après les formules Johnson-Euler. Résistance des matériaux appliquée à la construction aéronautique. Flambage. Cisaillement. Calcul des nœuds. Flexion. Poutres continues. Centres de cisaillement et centre élastique. 620 p. 13 x 21, 331 fig. et tabl., relié toile, 2^e édit. revue et mise à jour, 1952..... 3.100 »

COURS D'AÉROTECHNIQUE. (Serane G.R.). Fluides au repos. Fluides en mouvement. Résistance de l'air. Essais. Etude des corps simples dans le vent. L'aile. L'avion. La maquette. Les propulseurs. Mécanique du vol de l'avion. Equilibre de l'avion autour du centre de gravité. Performances d'un avion. Hydravion. Principaux instruments de bord. 300 p. 14 x 22, 354 fig., 2^e édition 1957..... 1.950 »

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX APPLIQUÉS A 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. »... 3.950 »

MOTEURS D'AVIONS (Marchal R.) Historique. Le fonctionnement thermo-dynamique 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 matières de 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 19 x 28, 678 pages cart. 1 vol. de planches 21 x 27, 73 planches sous portefeuille cartonné, 2^e édit., 1953..... 14.000 »

TECHNOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DES MOTEURS D'AVIATION. (Lorris M. de.) Notions de Thermodynamique. Fonctionnement du moteur d'aviation. Technologie des divers organes. Description de quelques moteurs typiques. Autres systèmes de moteurs d'aviation. 333 p. 16,5 x 25, 170 fig., 6 pl., 3^e édit., 1949. 1.820 »

MÉCANIQUE DE L'AVIATION. (Valroger P.). Propulsion et performances. Profil d'aile et sustentation. L'aile et l'avion dans les domaines transonique et supersonique. Caractéristiques des avions. Régimes de vol permanents et symétriques. Le vol sans moteur. Les diagrammes logarithmiques du planeur. Méthodes d'étude du vol en palier. Etude générale du plafond et de la montée. Machines thermiques et moteurs. La propulsion par fusée, par statoréacteur. Influence des conditions atmosphériques sur les moteurs et les réacteurs. La propulsion par soufflante, par hélice. Equilibre longitudinal. Stabilité et maniabilité. Le problème de l'aérodynamisme, étude et performances. Le décollage et l'envol de l'avion. L'atterrissage. L'adaptation du groupe motopropulseur et le régime optimum. Utilisation du groupe motopropulseur, etc. 390 p. 21 x 27, nombr. fig., 1950.. 2.690 »

LA MÉCANIQUE DU VOL. (Kermode A. C.). Traduit et adapté de l'anglais par Masloff M. et Faure F. Principes de la mécanique. L'air et son écoulement. Les surfaces portantes. La traction ou poussée. Vol en palier. Plané et atterrissage. Performances. Manœuvres. Stabilité et contrôle du vol à grande vitesse. Premier vol. Appendices. Problèmes et réponses aux problèmes. 245 p. 21 x 27, 185 fig., 50 pl. et diff. tabl., 1952, relié..... 2.400 »

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. Energie 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. 148 p. 16 x 25, 130 fig., 1957..... 1.800 »

THERMOPROPULSION DES AVIONS, TURBINES A GAZ ET COMPRESSEURS AXIAUX. (Bidart R.). Propulsion. Thermodynamique. Description de quelques machines caractéristiques. Cycles avec machines parfaites et imparfaites. Grilles d'aubes. Compresseurs. Turbines axiales. Combustion dans les turbomachines d'aviation. Régulation et adaptation des turbomachines. 338 p. 21 x 27, nombr. fig., 2^e édit., 1953, revue et augmentée.. 3.900 »

PROPULSION PAR RÉACTION. (Smith G.-G.). Poussée et performances. Propulsion par réaction ou par hélice. Éléments de la turbine à gaz. Système de combustion, alimentation en carburant. Problèmes posés par la métallurgie. Avions propulsés par réaction. Problèmes aérodynamiques. Avions sans queue et ailes volantes. Moteurs compound. Stator et pulso-réacteurs. Propulsion par fusée. Turbines à gaz à pression constante fonctionnant en cycle fermé : milieux actifs gazeux et liquides. Turbines pour véhicules routiers. Adoption officielle des avions à réaction. Point de vue des techniciens sur la propulsion par turbines à gaz. Productions françaises récentes : turbo-réacteurs. Pulsoréacteurs. Avions. Hélicoptères. 440 p. 14x22, nombr. fig., 2^e édit., 1952, relié 2.780 »

LE MOTEUR A RÉACTION. (Kalnin A. et Laborie M.). Principe de la réaction. Moteurs à réaction sans compresseur d'air. Turbo-réacteur. Essais. Poussée et puissance des turbo-réacteurs. Installations des turbo-réacteurs sur avions. Entretien, pannes. Moteurs à réaction avec compresseur autres que les turbo-réacteurs. Caractéristiques de quelques turbo-réacteurs. 251 p. 13,5x21, nombr. fig., 1952... 1.390 »

MOTEURS A RÉACTION. (Lavoisier G.). Principe de la réaction. Réalisation des turbo-machines. Quelques propulseurs modernes à réaction. Perfectionnements et évolution des réacteurs et de la turbine. L'entretien des réacteurs. 233 p., 13x21, 53 fig., 1952..... 1.150 »

TURBINES A GAZ ET RÉACTEURS. (Lefort P.). Compoundage du moteur à pistons. Turbine à gaz, étude théorique. Turbine à gaz, problème du carburant. Pulsoréacteur, statoréacteur et fusée. Turbine à gaz, problèmes pratiques de fonctionnement. Réalisations de turbines à gaz et de réacteurs. Applications pratiques. Perspectives d'avenir. Propulsion atomique. 203 p. 13x19,5, 59 fig., 24 pl. hors-texte, 1953..... 690 »

LES AVIONS MODERNES. (Lanoy O.). Tome I : La Cellule : Aéro-dynamique. Construction des avions. L'hélice d'avion. L'avion en vol. 264 p. 13,5x21, 211 fig., 2^e édit., 1956 1.600 »

Tome II : Les Moteurs : Caractéristiques de quelques avions récents. Montage, réglage et entretien des avions. Les planeurs. Les moteurs d'avion (étude théorique et pratique). Les moteurs à réaction et turbines à gaz. 328 p. 13,5x21, 206 fig., 2^e édit., 1956..... 1.600 »

L'HÉLICOPTÈRE. (Moine J.). Le pilotage : Caractéristiques et principes. Manœuvres et évolutions. Vol de nuit, vol aux instruments, vol par mauvais temps. Procédures d'urgence. Vol d'essai et de réception d'un appareil. Enseignement du pilotage. Pilotage des hélicoptères à réaction. Exploitation : Prix de revient, entretien, utilisations. Caractéristiques des principaux appareils français et étrangers. 208 p., 89 fig., nombr. photos, 14,5x23, 1953..... 1.250 »

THÉORIE ET PRATIQUE DE L'HÉLICOPTÈRE. (Lefort P.). Principes des voilures tournantes. Etude aérodynamique des hélicoptères. Vibrations. Stabilité. Calcul des performances. Principe des hélicoptères mécaniques, à réaction. Commandes, sécurité, pilotage. Description des principaux hélicoptères français et étrangers. 150 p. 15,5x24, 57 fig..... 660 »

ENGINS TÉLÉGUIDÉS, AVIONS ROBOTS. (Weyl A.R.). Principes et éléments des engins téléguidés. Genèse des engins téléguidés. Le développement de l'avion robot. Développement des projectiles fusées à longue portée. Le V 2. Engins téléguidés de dimensions restreintes. 174 p. 14x22, 54 fig., 8 tabl., 1952..... 1.100 »

CIEL DES HOMMES. (Léonard J.-N.). Traduit de l'anglais par Héliard P. L'homme pourra-t-il bientôt quitter la terre pour gagner d'autres planètes? Une mise au point de tous les problèmes soulevés par le vol interplanétaire. 280 p. 16x21, 32 photos hors texte, 1955..... 960 »

LES FUSÉES, VÉHICULES DE L'AVENIR. (Kaiser H.-K.). Traduit de l'allemand par Rodier R. Bref historique de la fusée de l'antiquité à nos jours. Comment fonctionne une fusée. Le début de la recherche scientifique sur les fusées. L'évolution moderne de la technique des fusées. Le présent et l'avenir. 176 p. 16x21, 21 photos hors texte, 1954 720 »

VERS LA CONQUÊTE DES MONDES. (Ley W.). Traduit de l'américain par Saimand C. Le rêve intersidéral. Ancêtres et précurseurs. Naissance de l'astronautique. Les engins de guerre à réaction. Les grandes fusées modernes. La navigation interplanétaire. 292 p. 15,5x21,5, 11 photos hors texte, 30 fig., 1955..... 980 »

LES HOMMES DANS L'ESPACE. Des satellites artificiels aux planètes habitables. (Obert H.). Traduit de l'allemand par Mengin-Lecreulx L. L'évolution de l'homme de l'espace. Fusée satellites. Equipement de l'astronaute. La station extérieure de l'espace. Le miroir de l'espace. Astro-nômes électriques. L'automobile lunaire. L'avenir de la technique astronautique. 224 p. 16x21, 60 fig., 4 photos hors texte, 1955 850 »

RADIO - RADAR

TRAITE DE RADIOGUIDAGE. (Ostrovidow S.). A l'usage des agents techniques et ingénieurs, des étudiants et des utilisateurs. 230 p. 16x25, 134 fig., 1950... 1.300 »

LA RADIO DANS LA NAVIGATION. (Reynes X.). Radiotélégraphie. Radiogonométrie. Radiophares. Radio-atterrissage. Radars-sondeurs U. S. et radioélectriques. 342 p. 16x25, 230 fig., 3^e édit., 1951..... 1.390 »

NOTIONS DE CONTROLE, INFRASTRUCTURE ET GUIDAGE RADIO-RADAR, à l'usage du personnel navigant. (Colin A.T.). 171 p. 15,5x21. Tr. nombreuses fig., 1953..... 1.250 »

LES STATIONS RADIOÉLECTRIQUES DE BORD MARINE ET AVIATION. (Reynes X.). Règles de services. Description. Schémas. Exploitation. Réglages. Code Q. 210 p. 13,5x21, 105 fig., 1951..... 960 »

CE QUE LE TECHNICIEN DOIT SAVOIR DU RADAR. (Chrétien L.). Les lampes pour ondes courtes. Lignes coaxiales. Lignes de transmission. Guides d'ondes. Radiateurs d'ondes. Les circuits modulateurs. Le récepteur du radar. I.F.F. ou dispositifs d'identification. 248 p. 14x22,5 236 fig., 2^e édit., 1955..... 960 »

LE RADAR. (Leprêtre R.). Théorie des ondes électromagnétiques. L'équation du radar dans l'espace libre et la propagation des ondes très courtes et ultra-courtes dans la troposphère. Caractéristiques des émissions radar, choix des paramètres fondamentaux. Les organes essentiels des appareils radar. Différentes utilisations et applications du radar. 295 p. 16,5x25, nombr. fig., 1951..... 2.000 »

BALISES RADAR. (Roberts A.). L'emploi des balises. Exigences des systèmes comportant des balises. Codage et communications. Trafic et construction. Projets de balises : circuits HF. Récepteurs de balises. Émetteurs de balises : les magnétons. Émetteurs à triode. Source d'énergie et vérification des performances. Synthèse d'un système de balise. Etude des radars pour le fonctionnement avec balise. Projet d'un interrogateur-répondeur. Dispositifs classiques de balises. Installation, mise en fonction et entretien. 630 p. 16x24, 236 fig., nbr. photos, 1950, relié 3.200 »

AÉRO-ÉLECTRONIQUE. A.E.R.A. (Ouvrage publié par l'Association pour l'encouragement à la recherche aéronautique). Premier Congrès International, Paris 1953-54. Télécommunications. Navigation. Atterrissage. Radar. Equipement de bord et au sol. Automatismes et télécommande. Mesures électroniques. Contrôles électroniques. Machines à calculer électroniques. Matériaux. 846 p. 19x28, 565 fig., relié toile, 1955..... 7.500 »

MÉTÉO - PILOTAGE - NAVIGATION

MÉTÉOROLOGIE POUR AVIATEURS. (Sutcliffe R.C.). Traduit, développé et mis à jour par Lecomte R. et Godart O. Organisation météorologique. Météorologie générale et prévision du temps. Le climat. 366 p. 15x21,5, 114 fig., 1954. Annexe : Cartes synoptiques. Transmission. 40 p. 15x21,5, 6 tabl., 1954. Les 2 vol..... 3.200 »

LA MÉTÉOROLOGIE DU NAVIGANT. (Viaut A.). Données premières du problème météorologique. Les mouvements de l'atmosphère. Masses 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. 248 p. 16x24, 40 pl. nuages (3 en couleurs), 150 illustr., 7 pl. en couleurs. Nouvelle édit., 1956..... 1.950 »

MANUEL DE MÉTÉOROLOGIE DU VOL A VOILE. (Bessemoulin J. et Viaut A.). L'atmosphère et les principaux éléments météorologiques. Stabilité. Instabilité. La convection thermique. Formation et évolution des cumulus. Le vol à voile thermique. Action du relief sur l'écoulement de l'air. Le vol à voile dans les ascendances de relief. La circulation générale de l'atmosphère et les fronts. Le vol à voile devant un front froid. Le vol à voile en France. 222 p. 16x24, 165 fig., 2^e édit. revues et mise à jour, 1956..... 1.400 »

LA NAVIGATION DU PILOTE ET DU CO-PILOTE. (Feuvert C. et Compeca). Les méthodes de navigation du pilote et du co-pilote. Navigation à vue radio-guidée. La pratique de la navigation du pilote et du co-pilote : journal de bord et lecture de la carte, utilisation du matériel et des instruments. 147 p. 21,5x27, 252 fig., 3^e édit., 1953. 1.950 »

NAVIGATION AÉRIENNE ASTRONOMIQUE. (Dévé M. et Faure R.). Éléments d'astronomie : Le mouvement diurne. La sphère céleste. Les astres errants. Mesure du temps. La Terre. Relations fondamentales. Heures et dates. Navigation astronomique. Détermination des éléments du triangle de position. Le problème du point. Le sextant de marine. Les sextants à bulle. Démonstration de formules utilisées dans les 1^{re} et 2^e parties. Procédés divers de calcul dans la méthode Marq. Compléments. 267 p. 16,5x25, 120 fig., 1952. 2.300 »

TRAITÉ PRATIQUE DE NAVIGATION AÉRIENNE. (Duval A. B. et Hébrard L.). Règles générales de navigation aérienne. Compas. Navigation estimée. Point observé. Instruments de bord et de navigation. Pratique de la navigation. 214 p. 16,5x25, 124 fig., 10 pl., 5^e édit., revue et aug., 1950. 960 »

PILOTAGES (Stabi.). 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. 16,5x25, nombre fig., 1951. 1.150 »

LE PILOTAGE DES AVIONS CLASSIQUES ET A RÉACTION. (Lamy F.). Le personnel. Le matériel. La préparation du vol. Les éléments du vol simple. Décollages et atterrissages. Les manœuvres de sécurité. La voltige. Le vol de groupe. Le vol de nuit. Les transmissions du pilotage. 260 p. 15,5x23, nombre fig., 1951. 550 »

L'ESSENTIEL DE L'ART DU PILOTAGE. (Monville A. P. et Costa A.). Le pilotage. P.S.V. Sécurité. Vol à voile. Avions modernes. Conseils pratiques. 166 p. 16x24, nombre photos et fig., 7^e édit., 1955. 620 »

COMMENT APPRENDRE A PILOTER UN HÉLICOPTÈRE. (Busson G. et Lefort P.). Les voilures tournantes de l'antiquité à nos jours. Aérotechnique. Classification des giravions actuels. Commandes et pilotage de l'hélicoptère. Comparaison entre la manœuvre de l'avion et celle de l'hélicoptère. Ecole. Brevet, licences. Circulation aérienne. 152 p. 14x22, nombre fig., 1951. 960 »

LE VOL A VOILE. (Kronfeld R.). Le Brevet « B ». Le cours de vol à voile. Vois de performance, vols de distance. Le vol dans les nuages et devant les fronts d'orage. Le remorquage. Le temps. Le vent et les nuages. 152 p. 15,6x21, 36 fig., 12 pl. h. t. nouv. tir., 1947. 385 »

LE VOL A VOILE. (Siretta R.). L'aile et le vent. Construction des appareils. Emploi. Entretien. Les champions et leurs performances. 213 p. 14x20, 83 fig., 4 pl. hors-texte, 1948. 525 »

HISTORIQUE - VULGARISATION

HISTOIRE DE L'AVIATION. (Chambre R.). 395 p. 22x28, 800 héliogr., puisées dans toutes les archives du monde. 12 pl. en coul., 1948, cart. toile. 2.900 »

DÉCOUVERTE AÉRIENNE DU MONDE. (Publiée sous la direction de Chombard de Lauwe P.). La vision aérienne du monde. L'exploration aérienne. La Terre et la vie. L'homme et le milieu naturel. La marque des civilisations. Conclusion. Notes techniques. 416 p. 22x29, 300 photos aériennes saisissantes, broché. 2.400 »

L'AVIATION DES TEMPS MODERNES. (Blanc E.). Aérodynamique. Construction. Pilotage et acrobaties. Sécurité des avions modernes. Sécurité du voyage. Le parachutisme. Machines volantes. Aviation militaire. Aviation civile et commerciale. Les métiers de l'air. L'aviation et la jeunesse. Vers l'avenir. Annexe. 560 p. 13,5x19,5, 265 fig., 4 cartes, 28 pl. hors-texte, 1953. 1.590 »

L'ÂGE DE L'AIR COMMENCE. (Holmes Alexander.). Traduit de l'américain par Saimand C. et Brécard. Prédiction et prévisions. L'homme de demain. Médecine et aéronautique. La vitesse et le mur du son. Du réacteur à la fusée atomique. Les problèmes de la construction. Le Comet et l'avion de ligne à réaction. Les cinquante années à venir. Le temps et la météorologie. L'énergie et la conquête de l'air. 176 p. 16x21, 1955. 540 »

LA CONQUÊTE DE L'AIR. (Karlson P.). Traduit de l'allemand par Roth M. Les hommes. La théorie. La pratique. 280 p. 14x22,5, 120 fig., 20 pl. photos hors-texte. Sous jaquette couleur, 1956. 1.170 »

DEVENIR AVIATEUR. (Jullian M.). L'aviation militaire. L'aviation civile. L'aviation commerciale. L'aviation d'essai. Les activités aériennes diverses. Les mécaniciens. 212 p. 15,5x21,5, 8 planches photos hors-texte, 1955. 740 »

CE CIEL OU NOUS NAVIGUONS (« Song of the sky »). (Murchie G.). Traduit de l'américain par Garrane R. L'avion trouve la route. A travers le vent et les nuages. Sur les ailes du mystère. 330 p. 16x21, 1955. 920 »

GÉOGRAPHIE DE LA CIRCULATION AÉRIENNE. (Pépin E.). Les grandes étapes du développement de la circulation aérienne. Liberté et sécurité de la circulation aérienne. Circulation aérienne et facteurs géographiques. Contribution de la circulation aérienne au développement des relations humaines et à la mise en valeur du globe. 344 p. 14x22, 28 fig., cartes et schémas, 16 pl. photos hors-texte, 1956. 1.200 »

GEIGER, PILOTE DES GLACIERS. (Guex A.). Naissance d'une vocation. Largages. Atterrissage. Technique 1954. Première action de secours. Une inauguration mouvementée. Voler à leur secours. Des souvenirs. Avenir. 152 p. 15,5x21, 48 photos hors-texte, 12 dessins et croquis, 1 carte, 1955. 960 »

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES. (Chombard de Lauwe P.). Méthode. Procédés. Interprétation. Etudes locales, vues commentées. L'étude de l'homme sur la terre. 138 p. 18x23, 118 fig., 1951. 865 »

VICTOIRE SUR LE CIEL. (Duke N.). Traduit de l'anglais par Fayon A.-E. 182 p. 15,5x21,5, 12 illustr. fotogr. hors-texte, 1953. 580 »

AVIATION ENGLISH. (Humbert S.). Méthode d'anglais à l'usage des personnels de l'Aéronautique militaire et civile des exploitants des Transmissions :
Tome I. 223 p. 16x25, 1955. 850 »
Tome II. 223 p. 16x25, 1955. 850 »

DICTIONNAIRE AÉRO-TECHNIQUE ANGLAIS-FRANÇAIS. (Henry L.). Avec tables de conversion des mesures anglaises et américaines. 507 p. 12x18, 1952, relié. 1.400 »

DICTIONNAIRE TECHNIQUE ANGLAIS-FRANÇAIS DE L'AVIATION. Avec mémento des jauges, tables de conversion des mesures, code des couleurs. Boitard A. 99 p. 13,5x21, 2^e édit., 1948. 440 »

MÉDECINE DE L'AVIATION. (Malméjac.). Bases physiologiques et physiopathologiques. 330 p. 19x28, 79 fig., 1948. 1.535 »

UNE DOCUMENTATION INDISPENSABLE

Notre catalogue général (5^e édit.), 5.000 titres d'ouvrages techniques et scientifiques sélectionnés, 425 pages, 13,5x21. Franco : 200 fr.

Ajoutez 10 % du montant total de votre commande pour frais d'expédition.
C. C. P. Paris 4192-26. — Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS-9^e

Le directeur de la publication : Jacques DUPUY

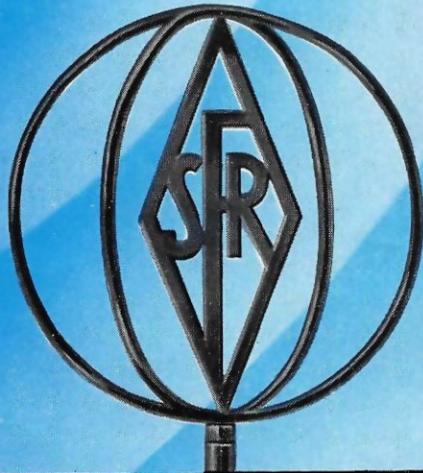
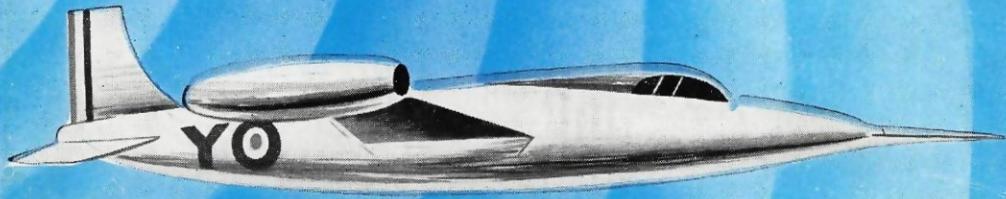
Imp. GEORGES LANG - Paris



Entre " Ciel " et " Mer ", l'Aéronautique Navale vous offre une carrière passionnante, la possibilité de vous perfectionner dans des techniques modernes fort appréciées dans l'Industrie Civile.

DEVENEZ PILOTE, NAVIGATEUR, MÉCANICIEN ou RADARISTE DE L'ÉRONAUTIQUE NAVALE

Renseignements : **MINISTÈRE DE LA MARINE EMG/AERO**
2, rue Royale, Paris-8^e



CSTF

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TSF • SOCIÉTÉ FRANÇAISE RADIO-ELECTRIQUE • PARIS, FRANCE
SPÉCIALISTES EN ÉLECTRONIQUE AÉRONAUTIQUE 79 BOULEVARD HAUSSMANN, PARIS VIII^e - ANJOU 84-60

PUBL. ROPY