

PRENDRE L'AIR



Dassault Mystère IV B-09 codé U - Melun-Villaroche 1955 (© Espace Patrimoine Safran)



*La revue de l'Association
des Amis du Musée Safran*

N°13
Décembre
2024

Contact

Rond Point René Ravaud 77550 Réau
Tél : 01 60 59 72 58 Mail : <https://aams.museum>

Sommaire

<i>Editorial</i>	3
Jacques Daniel	
<i>Le mot du Président</i>	4
Jean Claude Dufloux	
<i>Moteurs d'avion d'hier, d'aujourd'hui et de demain</i>	5
Pierre Mouton	
<i>La régulation du turboréacteur Junkers Jumo 004</i>	13
Pierre Mouton	
<i>Comprendre l'évolution des turboréacteurs</i>	18
Pierre Mouton	
<i>Les Dassault MD-315 Flamant : bancs volants des moteurs Renault 12 S / T (1955 - 1957)</i>	25
Jacques Daniel	
<i>Les De Havilland DH-100 Vampire Mk 5 : bancs d'essais volants de l'inverseur de poussée Bertin (1952 - 1957)</i>	33
Jacques Daniel	
<i>Les Dassault Mystère IV B : bancs volants des Atar 101 F et G (1955 - 1957)</i>	45
Jacques Daniel	
<i>La maintenance, la réparation et les grandes visites des moteurs d'avions commerciaux</i>	55
Albert Grenier	
<i>Le Morbihan Aéro Musée de Vannes-Monterblanc</i>	61
Jacques Daniel	
<i>Notes de lecture</i>	84
Jacques Daniel	

Les articles et illustrations publiées dans cette revue ne peuvent être reproduits sans autorisation écrite préalable.

Editorial

Comme souvent depuis près de sept ans, nous faisons un très grand écart entre les sujets et les périodes proposés.

Une première série de trois nouveaux articles concerne l'évolution des moteurs d'avions. Le premier est consacré à leur évolution depuis 1903, date à laquelle les frères Orville et Wilbur Wright réussirent le premier vol d'un avion " pilotable ", et aujourd'hui, où voler le plus vite possible n'est plus la priorité, ce qui fait que l'hélice réapparait pour redevenir le propulseur de demain.

Le deuxième examine plus spécifiquement les turbomachines. Il décrit suivant quelle logique les perfectionnements continus du turboréacteur se sont réalisés et explique que ce sont essentiellement des paramètres économiques, consommation de carburant et masses des machines, qui furent les facteurs déterminants de ces progrès.

Le troisième présente le dispositif de régulation du turboréacteur allemand de la Seconde guerre mondiale, le Junkers Jumo 004 B. Très avancé pour l'époque, le dispositif a été conçu par Siegfried Décher qui, après avoir rejoint le groupe " O " d'Hermann Oestrich, a été à l'origine de la régulation de l'ATAR, qui contribua grandement au succès de ce moteur.

Dans la rubrique de l'histoire des avions bancs volants de la SNECMA, trois sujets sont consacrés à des appareils emblématiques des années 1950. Pendant trois décennies, le motoriste a utilisé plusieurs aéronefs pour mener à bien les essais de mise au point des propulseurs (moteurs à pistons et réacteurs) mais aussi des bancs volants spéciaux de développement (pulsoréacteur, moteur-fusée, inverseur de poussée, etc).

Deux bimoteurs à hélices de transport Dassault MD-315 " Flamant " (n° 6 et 103) ont expérimenté le moteur à pistons d'origine allemande, le Renault 12 cylindres en ligne de 700 ch, destiné notamment aux avions de transport de l'après-guerre. Pas moins de 3 078 exemplaires, déclinés en deux versions (S et T) et totalisant plus de 2 millions d'heures de fonctionnement, ont été produits jusqu'en 1957. Le Renault 12 est le dernier moteur à pistons fabriqué par la SNECMA.

A la même époque, deux monoréacteurs De Havilland Vampire Mk 5 (n° 10069 et 10119) mis à disposition par l'armée de l'Air ont participé à la mise au point du dispositif de déviation de jet conçu par l'ingénieur français Jean Bertin qui aboutira au cours de la décennie suivante au concept de l'inverseur de poussée. Pendant cinq ans les deux bipoutres ont participé activement à la mise au point de dispositif de déviation de jet en réalisant 285 sorties en 179 heures de vol, sans incident majeur. Le niveau de contre-poussée obtenu (40%) est pratiquement celui des meilleures réalisations des années 70 et 80. Au départ, cette application purement militaire est devenue d'un usage courant à partir des années 1960 dans l'aviation commerciale.

Grâce aux archives du motoriste et à des illustrations souvent rares, voire encore jamais partagées, nous revenons sur cette époque méconnue.

Au début des années 1950, au moment de la guerre de Corée, il a été ressenti le besoin d'obtenir une augmentation rapide mais de courte durée de la poussée du turboréacteur au décollage et dans certaines phases de vol. C'est dans ce cadre que la SNECMA conçoit son premier réacteur supersonique doté de la postcombustion (PC) : tout d'abord avec une version expérimentale, l'Atar 101 F, puis avec une version de série, l'Atar 101 G, produite à 462 exemplaires pour équiper 180 Dassault Mystère B2. Pour en assurer le développement, trois Dassault Mystère IV B seront dédiés à ces essais spécifiques au cours de 275 vols, pendant quatre années (entre 1955 et 1958).

Très en avance sur son temps, la PC est pilotable, c'est-à-dire qu'il est possible en vol de réduire la charge maximum, alors que les réchauffes montées sur les avions britanniques et américains de l'époque fonctionnent en " tout ou rien ".

Avec l'Atar 101 G qui entre dans l'histoire comme le turboréacteur ayant permis à l'aviation militaire française de franchir le seuil du vol supersonique (le SM B2 atteignait $M = 1,4$ en palier), le retard technologique imposé à la France en raison de la Seconde guerre mondiale prend fin.

Dans le domaine de l'aviation commerciale, les opérations de maintenance, de réparation et les grandes visites sont indissociables des aéronefs et de leurs équipements. Les moteurs, évidemment, n'y échappent pas. Toute une industrie, indispensable au bon fonctionnement des avions et à la sécurité des vols, gravite autour de ces activités à caractère plus industriel qu'aéronautique. Elles nous semblent insuffisamment

documentées, hors du " petit monde de la maintenance et de la réparation ", et la revue de l'AAMS vous propose de s'y arrêter pour tenter d'en décrire les grandes lignes.

Pour clore ce numéro voici la présentation d'un musée aéronautique et spatial qui mérite le détour : le Morbihan Aéro Musée. Sis sur l'aérodrome de Vannes, c'est actuellement le plus important conservatoire aéronautique de Bretagne et le seul aménagé dans trois hangars dont l'un classé monument historique, et dans un cadre champêtre. Très dynamique et en perpétuelle évolution, il est implanté sur un terrain d'aviation ayant été abondamment utilisé par les formations de chasse et de bombardement de la Luftwaffe durant la Seconde guerre mondiale.

Nous vous souhaitons une bonne lecture de ce numéro 13 et nous vous remercions d'être toujours plus nombreux à soutenir et apprécier " Prendre l'air ".

Enfin, dans la partie notes de lecture nous vous proposons une sélection d'ouvrages parus récemment dont l'un sur l'histoire cachée de l'aviation qui montre comment les aéronefs ont évolué depuis les origines.

L'équipe de rédaction de *Prendre l'air*

Le mot du Président

Ce n° 13 de " Prendre l'air " vous propose un menu copieux pour cette fin d'année avec des mets de grande qualité qui, j'en suis sûr, raviveront et exciteront vos papilles de lecteur gourmand.

Bonnes fêtes de fin d'année ainsi qu'à vos familles.

Bien cordialement.

Le Président
Jean Claude DUFLoux

Moteurs d'avion d'hier, d'aujourd'hui et de demain

Depuis 1903 et le premier vol motorisé des frères Wright, c'est essentiellement par l'évolution de leurs systèmes propulsifs que les performances des avions se sont améliorées. Les frères Wright avaient construit leur moteur eux-mêmes, un rudimentaire quatre cylindres à explosion de 12 chevaux entraînant deux hélices profilées en bois. Ce moteur avait suffi cependant à maintenir leur " Flyer " en l'air pendant 12 secondes !



Premier vol d'Orville Wright le 17 décembre 1903 (© DR)

Au cours du temps l'objectif visé pour améliorer la performance des avions n'a pas toujours été le même. Jusqu'à la fin des années 60, c'est la possibilité de voler toujours plus vite qui a été recherchée, ce qui a conduit à la réalisation de moteurs toujours plus puissants. Puis ce sont des considérations économiques et écologiques qui ont pris le relais. Le bruit, la pollution chimique, l'émission de gaz à effet de serre et surtout le coût du carburant pour les avions commerciaux ont alors prévalu. Les avions militaires, eux, ont recherché la maniabilité et non plus la vitesse, les missiles supersoniques ayant supplanté le canon. Les moteurs, surtout ceux destinés aux avions civils, sont donc devenus moins bruyants et plus économiques.

La première période, celle où la puissance propulsive devait toujours augmenter, commença par la mise en œuvre de moteurs à explosion entraînant des hélices. Elle fut suivie par le développement de turboréacteurs très gourmands en carburant mais dont les caractéristiques ont permis d'augmenter la vitesse de vol bien au-delà de la vitesse du son.

Les premiers moteurs à hélice étaient des dérivés de moteurs quatre temps pour l'automobile, puis vers 1905 sont apparus des moteurs conçus spécifiquement pour les avions. L'Antoinette de Levavasseur, un 8 cylindres en V, en a été le précurseur. La première guerre mondiale, comme le sera aussi la seconde, a alors donné un formidable élan à l'aviation en perfectionnant les moteurs à pistons et à hélice. Leur puissance de quelques dizaines de chevaux est passée à plusieurs centaines, alors que leur poids spécifique (poids ramené à la puissance) n'a cessé de diminuer. La suralimentation qui a permis d'augmenter l'altitude de vol a été inventée par Auguste Rateau et l'hélice à pas variable, qui a permis d'optimiser le rendement propulsif avec la vitesse de vol, se sont généralisées. Ceci a fait qu'à l'approche de la seconde guerre mondiale, les avions de chasse étaient équipés de moteurs dépassant les 1 000 chevaux et que ces avions atteignaient une vitesse supérieure à 500 km/h.

Les moteurs à pistons sont malgré tout pénalisés par le faible débit d'air que permet leur fonctionnement alternatif et leur cylindrée limitée, ce qui conduit à un rapport puissance/masse très faible. Le poids des avions est un facteur très important influant directement sur leurs performances. Alors que la densité de l'air diminue avec l'altitude, le poids de l'avion, que doit équilibrer la portance des ailes, lui, reste inchangé. Ceci fait que pour voler, l'incidence ou/et la vitesse de l'avion doit augmenter avec l'altitude. Augmenter la vitesse demanderait d'accroître la puissance du moteur, donc son poids, ce qui aggraverait encore le problème. Si augmenter l'incidence fait croître la portance, cela conduit aussi à augmenter la traînée ce qui demanderait également d'augmenter la puissance du moteur. La suralimentation par un compresseur auxiliaire a bien sûr résolu en partie ce problème, n'empêche que la recherche du vol à haute altitude a forcé également à augmenter la puissance des moteurs.

Malgré cette augmentation de puissance, la vitesse des avions a eu alors tendance à plafonner autour de 750 km/h et on constatât alors qu'à haute vitesse c'était la chute du rendement des hélices qui limitait la vitesse des avions. Le calcul de l'écoulement de l'air sur les pales des hélices était resté rudimentaire et se

basait surtout sur des résultats d'essais limités car longs et coûteux. Ce ne sera que vers 1970, avec l'avènement de la méthode numérique dite des " éléments finis ", mise en œuvre par le CFD (Computational Fluid Dynamic), que des profils de pales d'hélice beaucoup plus élaborés pourront être obtenus et que leur vitesse maximum d'emploi pourra être relevée. En effet la combinaison de la vitesse de rotation des hélices et de la vitesse de vol fait que la vitesse du son peut être atteinte sur le profil des pales bien avant que de l'être sur les ailes de l'avion. Il s'en suit des phénomènes de compressibilité générant des ondes de choc venant affecter le rendement propulsif des hélices. Cette limitation en 1940 semblait sans remède et, même avec des moteurs, très lourds de plusieurs milliers de chevaux, condamnait la vitesse des avions à stagner en dessous de 750 km/h. C'est alors que resurgît une vieille idée qui allait révolutionner le développement des avions.

La propulsion des poulpes par expulsion d'un jet d'eau était bien connue, mais il fallut attendre l'utilisation du latex, à la fin du 19^{ème} siècle et l'invention du ballon de baudruche qui, une fois gonflé et lâché se propulsait dans l'air, pour que s'ouvre l'imagination de nouveaux inventeurs. Tous ont tenté de remplacer le ballon par un compresseur volumétrique qui, entraîné par un moteur à explosion, générant un jet alternatif d'air sous pression, analogue au jet d'eau des poulpes. Aucune de ces idées n'a tout de suite été mise en pratique et avant la première guerre mondiale l'hélice demeurait le seul moyen de propulsion des avions.

Il fallut attendre 1910, pour qu'un ingénieur roumain, Henri Coanda, qui venait de terminer ses études à l'Ecole Nationale Supérieure d'Aéronautique de Paris, dépose un brevet sur un nouveau type de propulseur pour avion. Il s'agissait d'un compresseur axio-centrifuge dont la compression de l'air produisait une force de poussée vers l'avant.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

OFFICE NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

BREVET D'INVENTION.

VI. — Marine et navigation.

N° 416.541

2. — MACHINES MARINES ET PROPULSEURS.

Propulseur.

M. HENRI COANDA résidant en France (Seine).

Demandé le 30 mai 1910.

Délivré le 9 août 1910. — Publié le 23 octobre 1910.

Les propulseurs les plus généralement employés pour l'entraînement de mobiles qui se déplacent dans un fluide assurant leur sustentation et dans lequel ils sont tout ou partie 5 plongés, sont des hélices travaillant, en égard à leur position sur lesdits mobiles, soit en traction, soit en poussée. Ces hélices, qui peuvent être de grandes dimensions et tourner lentement ou bien qui peuvent être de dimensions 10 plus réduites et être animées de vitesses circumférentielles élevées, ont un mode d'action peu connu.

Cependant, ces hélices se basent toutes sur la résistance de l'air rencontré par des pales, 15 tournant autour d'un axe, cet air, chassé parallèlement au propulseur, exerçant une pression sur la pale qui agit sur lui de sorte que la somme de toutes ces pressions donne la poussée du propulseur. Ce phénomène étant 20 proportionnel au carré de la vitesse se produira donc surtout à la périphérie de l'hélice, et au centre se produira un vide relatif nommé phénomène de cavitation. Ces propulseurs 25 assimilables aux vis, ils sont donc limités à leur pas qui correspond à 100 p. 100 de rendement. Si donc ces propulseurs se trouvent fixés à un appareil mobile bien compris, l'accélération qui pourrait être communiquée à 30 l'appareil sera freinée par l'hélice qui ne peut se déplacer plus vite que ne lui permet son pas.

La présente invention se rapporte à un nouveau propulseur, susceptible de travailler, comme les hélices, dans tout fluide approprié 35 en transformant le mouvement de rotation autour de son axe qu'il reçoit, en un mouvement de translation parallèlement audit axe.

Ce propulseur se différencie des propulseurs actuels par le fait qu'il est indépendant du déplacement ou de la vitesse du mobile et qu'il 40 agit par réaction. En produisant un vide relatif, en augmentant d'autre part la pression de l'air qu'il utilise, ce propulseur détermine une chute de pression qui suivra le plus court chemin. Si on change brusquement la direction 45 suivie par le fluide en mouvement, sa vitesse s'annule et sa pression devient maximum. En établissant le propulseur de façon que cette pression soit axiale, on obtient, du fait de la 50 sommation des pressions parallèles, une résultante dirigée suivant l'axe dudit propulseur et déterminant la puissance propulsive de ce dernier.

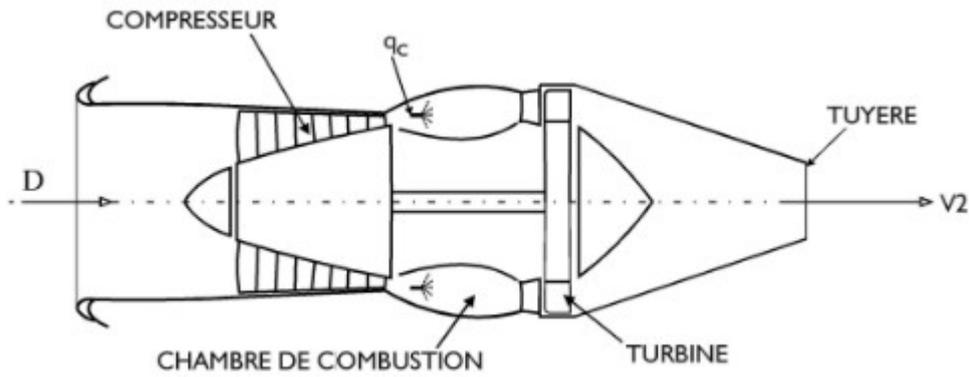
La modification de cette pression axiale permet, en outre, d'obtenir des variations 55 dans la puissance propulsive et, par suite, dans la vitesse de déplacement du mobile actionné par le propulseur. En outre, en faisant agir un propulseur identique de façon à ce que sa pression axiale variable s'oppose, en direction, 60 à celle du propulseur qui détermine l'avancement, on peut obtenir un freinage progressif.

Prix du fascicule : 1 franc.

Brevet d'Henri Coanda sur un propulseur à réaction

En 1912 Henri Coanda construisit un avion équipé d'un compresseur propulsif de ce type qu'il entraînait avec un moteur à explosion mais cet avion, en avance sur son temps, sera accidenté lors de ses essais de roulage, et cette idée fut oubliée jusqu'à la fin des années 1930.

Entre temps, un autre ingénieur français, Maxime Guillaume, breveta en 1921 un nouveau type de propulseur aéronautique où le compresseur d'Henri Coanda, était non plus entraîné par un moteur à pistons, mais par une turbine dont l'air d'alimentation, après avoir été préalablement chauffé dans une chambre de combustion, provenait du même compresseur. L'idée du turboréacteur était née, mais il fallut encore attendre encore plus de 10 ans avant que Frank Whittle, un ingénieur anglais cette fois-ci en construise un premier prototype.



Constitution d'un turboréacteur

Le vol du premier avion à réaction équipé d'un turboréacteur date d'août 1939, la veille du jour du début de la seconde guerre mondiale. Il fut réalisé par Heinkel, un industriel allemand. Puis Junkers produisit le turboréacteur Jumo 004 du célèbre chasseur Messerschmitt Me-262 qui entra en service opérationnel avant la fin du conflit en surclassant en vitesse tous les avions à hélice de l'époque.

Le turboréacteur a une consommation de carburant beaucoup plus importante que celle des moteurs à explosion mais, par contre, possède trois caractéristiques qui en font sa supériorité.

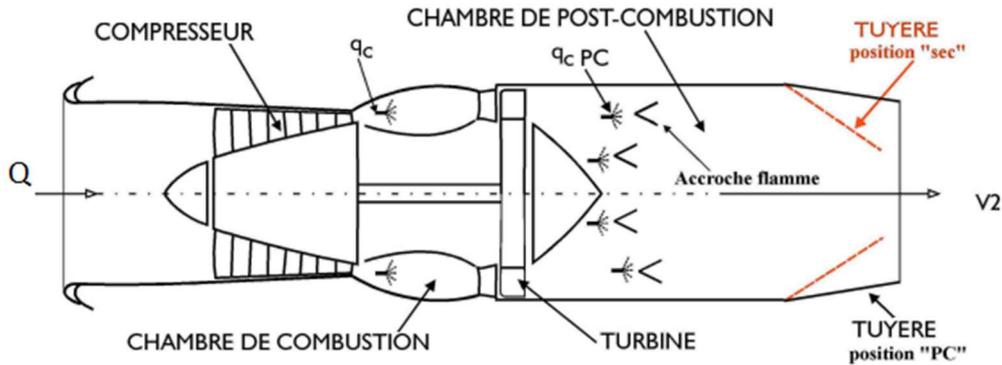
Avant tout, et à la différence de l'hélice, les aubes de compresseur d'un turboréacteur ne tournent pas à l'air libre mais à l'intérieur d'une carène. Cette particularité fait que c'est l'obstruction présente au refoulement du compresseur qui va fixer la vitesse axiale de l'air à son entrée qui ne sera plus la vitesse de vol. Même en vol supersonique les aubes du compresseur sont ainsi partiellement protégées des phénomènes de compressibilité qui limitent les performances de l'hélice et seule la vitesse périphérique des aubes, qui est indépendante de la vitesse de vol, peut devenir critique.

Une masse plus faible est le deuxième avantage qu'a le turboréacteur sur le moteur à explosion. Alors que ce dernier ne peut " traiter " qu'un débit d'air réduit, à cause de son fonctionnement alternatif et de sa cylindrée, qui n'a pas dépassé 60 litres par tour de rotation, le fonctionnement continu du turboréacteur peut facilement " traiter " des débits d'air beaucoup plus importants. A poids égal un turboréacteur est donc à même de délivrer une puissance propulsive bien supérieure à celle d'un moteur à pistons entraînant une hélice.

Enfin, la poussée d'un turboréacteur est relativement constante, voire s'accroît, lorsque la vitesse de vol augmente, alors que dans ce cas la traction de l'hélice diminue. Ceci est la troisième raison qui rend le turboréacteur particulièrement bien adapté au vol à grande vitesse.

Très vite, avant la fin de la deuxième guerre mondiale, Junkers a développé une version modifiée de son turboréacteur Junkers Jumo 004 afin d'en augmenter la poussée. Pour comprendre ce nouveau concept il faut tout d'abord se rappeler comment est produite la poussée. Celle-ci ne résulte pas de la grande vitesse d'éjection, comme certains le pensent, car la vitesse d'éjection n'en est qu'une conséquence, mais la poussée est la somme des forces de pression s'appliquant sur les surfaces contenant la veine d'air. Certaines de ces forces sont des forces de poussée et d'autres de contre-poussée. Le compresseur, comme l'avait compris Mr Coanda génère une forte poussée. La chambre de combustion dont la section de passage est relativement constante ne génère que très peu de force axiale, alors que la turbine et à la tuyère produisent des forces de contre poussée. L'idée de Junkers et a été de réduire la contre-poussée de la tuyère en réduisant sa conicité, la diminution de pression ainsi perdue étant obtenue par un réchauffage de l'air en son amont. Ce

dispositif qu'on appelle " post combustion " s'est ensuite généralisé sur tous les avions rapides, surtout les chasseurs militaires.



Turboréacteur à post-combustion

L'avion Concorde a été l'aboutissement de cette période où seul l'accroissement de la vitesse était recherché, sa durée de vol de New York à Paris était inférieure à trois heures et demie alors que, 50 ans plus tôt, le parcours en paquebot prenait plus d'une semaine. J'ai eu la chance de voler plusieurs fois sur ce merveilleux avion qui offrait à ses passagers des sensations inconnues. En mettant sa main sur un hublot on pouvait sentir un flux de chaleur provenant de l'extérieur, alors que sur un avion classique c'était le froid qui entraînait. A 20 km d'altitude la rotondité de la terre était déjà visible et le bruit en cabine se limitait au bruissement de l'air sur les parois de la cellule, sans que les moteurs ne se fassent entendre.



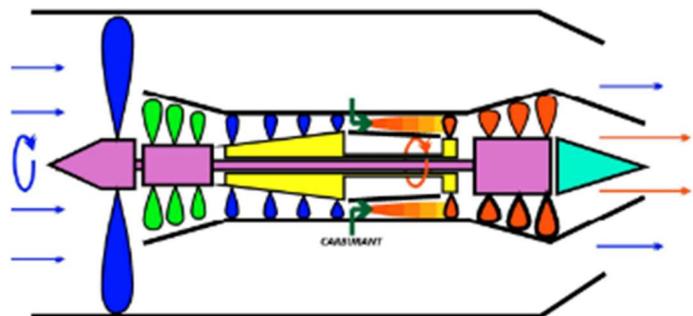
De leur siège les passagers de Concorde pouvaient lire le Mach de vol (photo P. Mouton)

A la fin des années 60, a cessé la course à la vitesse de vol et ce sont des considérations écologiques et surtout la réduction de la consommation de carburant qui sont devenues prioritaires. Les passagers de l'époque, qui le plus souvent partaient en vacances, se sont alors tout à fait contents d'une vitesse de croisière de l'ordre de 800 km/h, bien plus réduite que celle de Concorde. La vitesse d'éjection élevée de la tuyère des turbo-réacteurs, étant responsable à la fois du bruit et de pertes énergétiques importantes, pouvait donc être réduite. Les avions, à l'exemple du Boeing 747 de 1969,

demandant d'accueillir plus de 500 passagers, sont alors devenus beaucoup plus gros et ont demandé des moteurs plus puissants. Cette mutation du besoin a eu un effet déterminant sur la définition des moteurs.

C'est l'obstruction thermique au niveau du distributeur de turbine qui " charge " le compresseur des turbo-réacteurs. La forte élévation de température à l'entrée dans la turbine fait que sa chute de pression est inférieure à l'augmentation de pression du compresseur et c'est la tuyère qui devra encore réduire la pression pour la ramener au niveau de la pression atmosphérique. C'est la conicité de la tuyère réalisant cette chute de pression qui conduit à une vitesse d'éjection très élevée. L'énergie cinétique produite se trouve alors dissipée dans l'atmosphère en pure perte. C'est Frank Whittle, avant même que son turbo-réacteur soit connu du public, qui a eu l'idée de réaliser cette chute de pression, non pas par un convergent, mais en " prolongeant " la détente de la turbine et en utilisant l'excédent de puissance produite pour entraîner un deuxième compresseur à grand débit et à faible taux de compression, donc à faible vitesse d'éjection. Il venait d'inventer le turbo-réacteur à double flux.

Constitution d'un turbo-réacteur à double flux



On appelle " taux de dilution " d'un turboréacteur double flux le rapport existant entre le débit " primaire " traversant le turboréacteur de base et le " débit secondaire " généré par le compresseur, souvent mono-étage, entraîné généralement par une deuxième turbine. On démontre qu'en théorie plus le taux de dilution est important et plus la consommation du moteur et le bruit qu'il produit seront réduits.

Les moteurs " double flux " se sont généralisés dès le début des années 1960, avec de très faibles taux de dilution au début puis, en les augmentant, pour atteindre au début des années 1970 des taux supérieurs à 5, puis à 10. La possibilité de voler à des vitesses supersoniques était perdue car pour produire une poussée la vitesse d'éjection ne peut pas être inférieure à la vitesse de vol et c'est justement la vitesse d'éjection qui se trouve réduite ! Ce concept de moteur a permis de diminuer notablement la consommation de carburant et le bruit. Le CFM56, appartient à la famille de ces nouveaux moteurs, appelés HBPR pour " High By-Pass Ratio ". Ce moteur a connu un très grand succès en équipant aussi bien des avions de transport existants " remotorisés " comme les Douglas DC8-70 et Boeing B-737 commerciaux et les Boeing KC-135 militaires ainsi que les nouveaux avions produits par Airbus.



Sieste en Arabie Saoudite, à l'ombre de la soufflante d'un CFM56-2B (2003) (© DR)

La tendance aurait pu se poursuivre vers des taux de dilution de plus en plus grands mais les limites du concept ont été atteintes. L'augmentation du taux de dilution, c'est à dire du débit d'air secondaire, conduit à augmenter notablement le diamètre d'entrée du moteur. Ceci à deux effets directs, une augmentation de masse et la nécessité de réduire la vitesse de rotation de la soufflante (nom donné au compresseur d'air secondaire) pour éviter une trop grande vitesse périphérique des aubes. Nous avons déjà vu qu'un accroissement de masse de l'avion conduit automatiquement à une augmentation de sa consommation en carburant. D'autre part une faible vitesse de rotation de la soufflante fait que la turbine qui l'entraîne tourne trop lentement pour conserver une bonne efficacité. Il faut donc en augmenter le nombre d'étages où interposer un réducteur entre la turbine et la soufflante. Ces deux méthodes ajoutent un surcroît de complexité et surtout une augmentation de poids du moteur. L'augmentation du taux de dilution a aussi des effets secondaires. L'augmentation de diamètre de la nacelle complique l'installation sur l'avion et augmente sa traînée. Par ailleurs, l'augmentation du débit d'air secondaire ne peut se faire qu'en réduisant son taux de compression. Or la perte de poussée due au frottement de l'air à l'intérieur du conduit secondaire est d'autant plus importante que le taux de compression est faible. Ces quatre phénomènes, augmentation de poids, difficulté d'installation, augmentation de la traînée et poussée plus faible que celle qui serait théoriquement possible, ont fait qu'au-delà d'un taux de dilution d'environ 15, son augmentation n'est plus intéressante. Vers 2020 le concept " by-pass " avait donc atteint ses limites et il ne restait plus qu'à trouver autre chose pour réduire la consommation de carburant. Aujourd'hui la solution n'est pas encore fermement établie mais de nouveaux concepts pour réduire, ou même supprimer, la consommation d'hydrocarbures sont en cours d'étude.

La propulsion des avions se fait en deux phases, la conversion de l'énergie chimique potentielle contenue dans le carburant en énergie mécanique, et l'utilisation de cette énergie pour accélérer l'air ambiant de manière à obtenir, suivant les lois de Newton, une force de réaction propulsive. Améliorer le rendement de la première phase impliquerait une augmentation du taux de compression qui est devenue très difficile car

l'échauffement lié à la compression réduit celle que peut apporter la combustion. En effet, la température admissible à l'entrée des turbines est limitée par la résistance thermique des matériaux réfractaires. Le rétablissement de la puissance mécanique perdue par l'augmentation du taux de compression conduirait automatiquement à un accroissement du poids du moteur. Ne reste alors possible qu'une amélioration du rendement du propulseur qui transforme l'énergie mécanique en énergie propulsive.

Nous avons déjà vu que deux types de propulseur sont envisageables, l'hélice et le compresseur, et nous venons de décrire les limites atteintes par ce dernier. L'hélice, tournant à l'air libre n'a, par contre, pas besoin de canal d'air secondaire ce qui réduit considérablement le poids du moteur ainsi que sa traînée et de plus élimine l'effet des pertes de charge sur la poussée. L'hélice permet ainsi de "brasser" un débit d'air beaucoup plus important que celui des turbosoufflantes, ce qui améliore le rendement propulsif et donc réduit la consommation de carburant. Mais l'hélice a aussi des défauts, bien que n'affectant que peu la consommation. Pour brasser beaucoup d'air elle doit avoir un grand diamètre et cela peut poser des problèmes d'installation. De plus elle doit tourner lentement ce qui, pour conserver un rendement acceptable à sa turbine d'entraînement, impose l'emploi d'un réducteur. De plus l'utilisation de protections acoustiques n'est plus possible et ce sera donc à sa définition aérodynamique de prendre en compte la maîtrise du bruit, ce que la modélisation numérique rend aujourd'hui plus facile. Enfin, et par le même moyen de conception, un rendement propulsif acceptable jusqu'aux vitesses de vol des avions commerciaux peut être obtenu. C'est donc par le retour du turbopropulseur, c'est à dire une hélice entraînée par une turbomachine, que la turbosoufflante pourrait se trouver remplacée pour continuer la course vers une consommation de carburant toujours plus faible.

Deux concepts de moteur à hélice moderne sont aujourd'hui en cours de développement et devraient équiper les avions de la prochaine décennie. Ces concepts sont l'"Open Rotor", aussi appelé "Open Fan", et la propulsion distribuée. L'"Open Rotor" est en fait un turbopropulseur qui a changé son nom pour lui donner un air plus moderne et qui utilise les dernières avancées technologiques des turbosoufflantes. La "propulsion distribuée" quant à elle recherche une réduction de la consommation en ajoutant au très bon rendement propulsif de l'hélice une réduction de la puissance motrice nécessaire à l'avion.

Ces deux types de moteurs fonctionnent toujours en brûlant des hydrocarbures mais ce carburant ne provient plus de la distillation de pétrole brut extrait de la terre, mais est fabriqué industriellement. En effet, et pour faire taire les vociférations des écologistes, une "astuce" a été imaginée démontrant que ce carburant synthétique n'aggrave pas la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Ce carburant, qui se dit "neutre" en carbone, est appelé carburant "vert", carburant "durable" ou SAF (pour "Sustainable Aviation Fuel"). Pour démontrer leur "neutralité" et qu'ils n'aggravent pas l'effet de serre, on montre que les produits végétaux spécifiquement cultivés et utilisés pour leur fabrication ont absorbé pendant leur croissance et par photosynthèse, une quantité de CO₂ au moins égale à celle dégagée par leur combustion. Quelle hypocrisie à une époque où la surpopulation mondiale manque de terrains agricoles pour se nourrir ! mais cette démonstration semble satisfaire nos "verts" et les "politiques" qui recherchent leurs voix lors des élections.

Mais revenons vite à notre sujet et aux "open rotors". L'idée n'est pas nouvelle et, depuis les années 1970, elle est réapparue lors de chaque "choc" pétrolier.

CFM a fait le choix que le successeur de sa dernière turbosoufflante à succès, le LEAP, qui équipe aussi bien les avions d'Airbus que de Boeing, serait un open rotor qu'il a nommé RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines).



Maquette à l'échelle 0,5 de l'Open Rotor "RISE" de CFM (salon du Bourget 2023) (© DR)

Ce moteur sera équipé d'un générateur de gaz (compresseur, chambre de combustion et turbines HP) très performant, avec une turbine de puissance entraînant, par l'intermédiaire d'un réducteur, une hélice de très grand diamètre (4 mètres) à 14 pales. Ce moteur devrait réduire de 20% la consommation carburant des moteurs actuels, alors que cette consommation avait déjà été réduite de 15% par rapport aux moteurs de la génération précédente. Une particularité de ce moteur est que, derrière son hélice, est installé un redresseur équipé d'aubes à calage variable qui augmente encore le rendement propulsif de l'ensemble.

Voyons maintenant ce qu'est la propulsion distribuée qui est la deuxième orientation actuelle pour réduire la consommation de carburant des avions.

L'hélice présente une autre caractéristique que l'unique fourniture d'une force de traction faisant avancer l'avion. En plus de sa légèreté, de son excellent rendement propulsif et des distances de décollage réduites qu'elle permet, l'hélice installée en mode "tractif" devant les ailes permet d'utiliser son "souffle" pour créer une portance. Cette propriété peut être comprise en considérant que la partie de l'aile intéressée par le souffle de l'hélice se comporte comme si elle volait plus vite que les autres parties de l'avion, fuselage inclus. Il en résulte une portance supplémentaire, permettant une légère réduction de l'incidence de l'aile et donc aussi une réduction de son coefficient de traînée (C_x). Mais comme la vitesse de l'écoulement d'air autour de l'aile a augmenté, ce sera le produit de ce coefficient de traînée par le carré de cette vitesse qui déterminera la traînée totale de l'aile. Les calculs montrent que l'effet de "souffle" fait diminuer la traînée totale de l'avion et que la traction du moteur qui devra l'équilibrer devrait donc être plus faible. La consommation sera donc réduite. Cette caractéristique permet aussi de créer une portance à très faible vitesse et même au point fixe, ce qui profite aux avions à décollage court (STOL en anglais). Cet effet sera d'autant plus grand que la surface d'aile "mouillée" par le souffle de l'hélice sera plus grande. Ce concept s'appelle "propulsion distribuée" et consiste en l'installation d'un nombre important de petits moteurs à hélice (6 à 8) le long du bord d'attaque des ailes.

De manière à démontrer le bien-fondé de ce concept, un programme de démonstration, appelé EcoPulse, financé par la France et l'Union Européenne (UE) et utilisant comme plate-forme un avion TBM de Daher vient de réaliser en novembre 2023 ses premiers essais en vol. Il est équipé de 6 moteurs électriques Safran entraînant des hélices.



Avion TBM plate-forme du programme EcoPulse
(© Daher-Safran-Airbus)

La propulsion en est "hybride" (moteur thermique et électrique). Les moteurs électriques sont alimentés par un turbomoteur entraînant une génératrice électrique et par des batteries "tampon", le tout installé dans le fuselage. Le turbopropulseur du TBM de base a été conservé pour des raisons évidentes de sécurité pour de la réalisation des essais. De nombreux constructeurs, dont Airbus, ont déjà divulgué des projets d'avion commerciaux mettant en œuvre ce concept.

Projet d'avion à propulsion distribuée
(© DR)



Mais la pression écologique et le risque posé par un possible défaut d'approvisionnement d'hydrocarbures fossiles ont fait que, dès les années 1990, leur remplacement par des sources d'énergie plus propres et produites localement a été recherché. Et c'est de là que l'idée d'utiliser des batteries électriques ou l'hydrogène est apparue.

L'énergie calorifique du kérosène, rapportée au kilo, est environ 40 fois plus élevée que l'énergie que peut emmagasiner les meilleures batteries actuelles, celles du type " lithium-ion ". Ce rapport qui est très significatif doit cependant être corrigé du rendement énergétique des moteurs qui est plus faible pour une machine thermique que pour un moteur électrique. Après correction on montre qu'il faudrait des batteries 17 fois plus puissantes que celles d'aujourd'hui pour égaler le poids de carburant embarqué nécessaire aux avions d'aujourd'hui. Par ailleurs, une différence fondamentale existe entre l'utilisation d'hydrocarbures et de batteries électriques. Le carburant étant consommé, la diminution du poids de l'avion conduit à réduire la puissance propulsive nécessaire au cours du vol, alors que le poids des batteries reste constant. Une propulsion électrique sera donc toujours très désavantagée sur un vol " long courrier " et cela explique pourquoi son utilisation reste limitée aujourd'hui aux très petits avions à faible autonomie.



L'E-Fan d'Airbus, l'avion électrique de la traversée de la Manche (2015) (© Airbus)

Brûler dans une turbomachine de l'hydrogène au lieu du kérosène ne poserait que peu de problèmes à la conception d'une turbomachine. L'hydrogène peut également alimenter une pile à combustible fournissant de l'énergie à des moteurs électriques entraînant des hélices. L'hydrogène a la caractéristique d'être extrêmement léger. Sous forme de gaz il demanderait à être fortement comprimé (800 bars) pour pouvoir être utilisé comme carburant aéronautique, ce qui n'est pas possible pour, entre autres, des raisons de sécurité des vols. C'est donc seulement sous forme cryogénique, liquéfié à moins 253°C, que son utilisation peut être envisagée. Sous forme liquide sa densité est encore 10 fois moindre que celle du kérosène alors que son pouvoir calorifique, lui, est environ deux fois supérieur. Il résulte de ces caractéristiques que, pour un même rayon d'action et une même charge marchande, un avion à hydrogène ne pourrait plus placer ses réservoirs dans ses ailes mais devrait les installer en " pod " sous les ailes ou dans son fuselage, ce qui rendrait ses formes beaucoup moins aérodynamiques. Son poids cependant serait plus faible et l'utilisation de moteurs moins puissants serait possible. Les problèmes liés à la définition de l'avion ne semblent donc pas insurmontables. Il n'en est pas de même de l'approvisionnement en hydrogène dont la fabrication demandera beaucoup d'énergie électrique (nucléaire ?) et dont le stockage à très basse température imposerait une importante adaptation des aéroports.

Airbus prépare, dans un avenir proche, l'essai en vol d'un moteur de démonstration à hydrogène construit par Safran. Cependant la mise en service commercial d'un avion à hydrogène reste pour moi encore peu probable, à cause des problèmes logistiques qu'il soulèverait, et je pense que les vols long-courriers de l'avenir continueront à se faire en brûlant des hydrocarbures liquides. Il est aussi possible que d'ici là soit démontré que la cause anthropique, que certains " experts " rendent responsable du réchauffement climatique, ne soit pas aussi importante qu'ils le croient aujourd'hui.

La régulation du turboréacteur Junkers Jumo 004

Le turboréacteur Junkers Jumo 004, équipant le chasseur bombardier Messerschmitt Me 262 a été mis en opération sur le front de l'Ouest, en 1944, par les Allemands. Cet avion à cette époque avait une vitesse surclassant tous les avions américains et anglais engagés dans la guerre.



Me 262 équipé de ses deux turboréacteurs Junkers Jumo 004 B (© DR)

Avant lui, les avions avaient tous été équipés de moteurs à hélice, mais le Me 262 n'en avait pas ! Il fut le premier à être équipé d'un moteur à réaction contre lequel les pilotes alliés se trouvèrent confrontés. Ne pouvant pas rivaliser avec sa vitesse de vol, proche de 900 km/h, ils ne pouvaient l'atteindre que lorsqu'il volait à faible vitesse, prêt à atterrir. Pierre Closterman, dans son livre " Le grand cirque ", relatant ses années de guerre dans la RAF, explique comment cette tactique de combat avait été élaborée et comment les Allemands avaient réussi à la déjouer en installant de véritables " allées " de protection anti-aérienne, la redoutable " flak ", dans lesquelles les Me 262 s'engageaient avant de réduire leur vitesse et atterrir.

Lors de l'invasion de l'Allemagne en 1945, de nombreux Me 262, avec leurs moteurs Jumo 004, sont tombés aux mains des Américains. Ils les ont regroupés sur le terrain français de Melun Villaroche avant de les envoyer aux Etats Unis. Lors de leur passage à Villaroche certains d'entre eux ont alors été " prélevés " par les autorités françaises. Ces moteurs permirent d'équiper le premier avion français à réaction, le SNCASO SO-6000 " Triton ", et d'autres ont été utilisés à des fins pédagogiques. J'ai personnellement été proche de deux de ces moteurs, l'un à l'Ecole Technique Aéronautique de Ville d'Avray et l'autre à l'Ecole des Mécaniciens de l'Armée de l'Air de Rochefort. C'est au musée de l'USAF de Dayton, où l'un de ces moteurs est également exposé, que j'ai pris la photo montrant le mécanisme de commande de la tuyère.

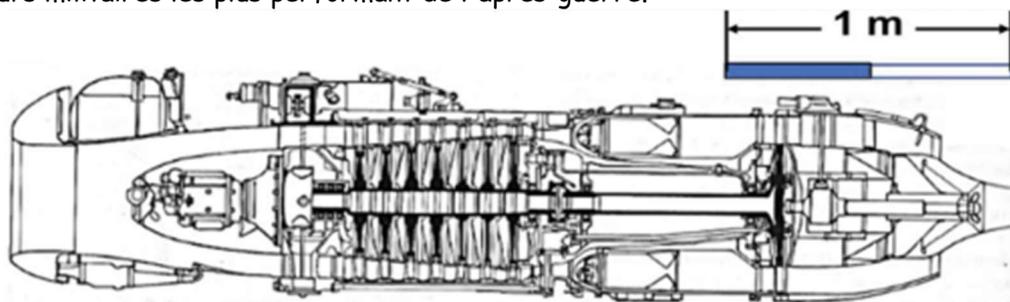
Le Junkers Jumo 004 est un turboréacteur comprenant un compresseur axial à 7 étages, six chambres de combustion, une turbine à un étage et une tuyère d'éjection à section variable. Les conditions de guerre pendant lesquelles ce turboréacteur a été conçu et construit, caractérisées par un manque de temps et de matières premières, n'ont pas favorisées l'obtention de performances exceptionnelles. Cependant, il faut reconnaître l'exceptionnel caractère créatif des ingénieurs de Junkers et des services officiels allemands qui ont supervisé leurs travaux.



Junkers Jumo 004 B (© DR)

La configuration du Jumo 004 est très différente de celle choisie par Frank Whittle pour le turboréacteur anglais contemporain, qui lui était équipé d'un compresseur centrifuge offrant un fonctionnement beaucoup moins " délicat " que celui d'un compresseur axial. Le compresseur axial était cependant un bon choix pour l'avenir, car possédant un avantage indiscutable par rapport au centrifuge, celui d'un maître couple très réduit se conservant lorsque le nombre d'étages est augmenté pour augmenter le

taux de compression. Le turboréacteur ATAR de la SNECMA, dérivé des turboréacteurs allemands de la guerre, bénéficiera de ce même choix qui l'amènera 20 ans plus tard à devenir un, peut être le premier, des turboréacteurs militaires les plus performant de l'après-guerre.



Coupe schématique du Jumo 004 B (© DR)

Le fonctionnement du moteur répondait à deux commandes, le réglage du débit de carburant qui agissait sur le régime de rotation et le réglage de la section de tuyère agissant sur la température des gaz d'éjection. La manette de puissance était le seul moyen de conduite du moteur et agissait simultanément sur ces deux réglages. Le régime de rotation et la température d'éjection étaient indiqués ce qui, en cas de dépassement des limites, permettait un recul de la manette, pour rétablir un fonctionnement normal. Il n'y avait pas de protection automatique protégeant le moteur du pompage et de l'extinction, ce qui imposait au pilote de manœuvrer sa manette avec beaucoup de douceur. Cette limitation est d'ailleurs à l'origine du défaut principal du Me 262, qui avait des accélérations et des décélérations très " molles ", comparées à celle d'un avion équipé d'un moteur à piston et à hélice, ce qui lui faisait perdre toutes ses chances en combat tournoyant (dog fight) contre un " Tempest " ou un " Mustang ".

Le schéma ci-dessous représente le système de dosage du carburant :

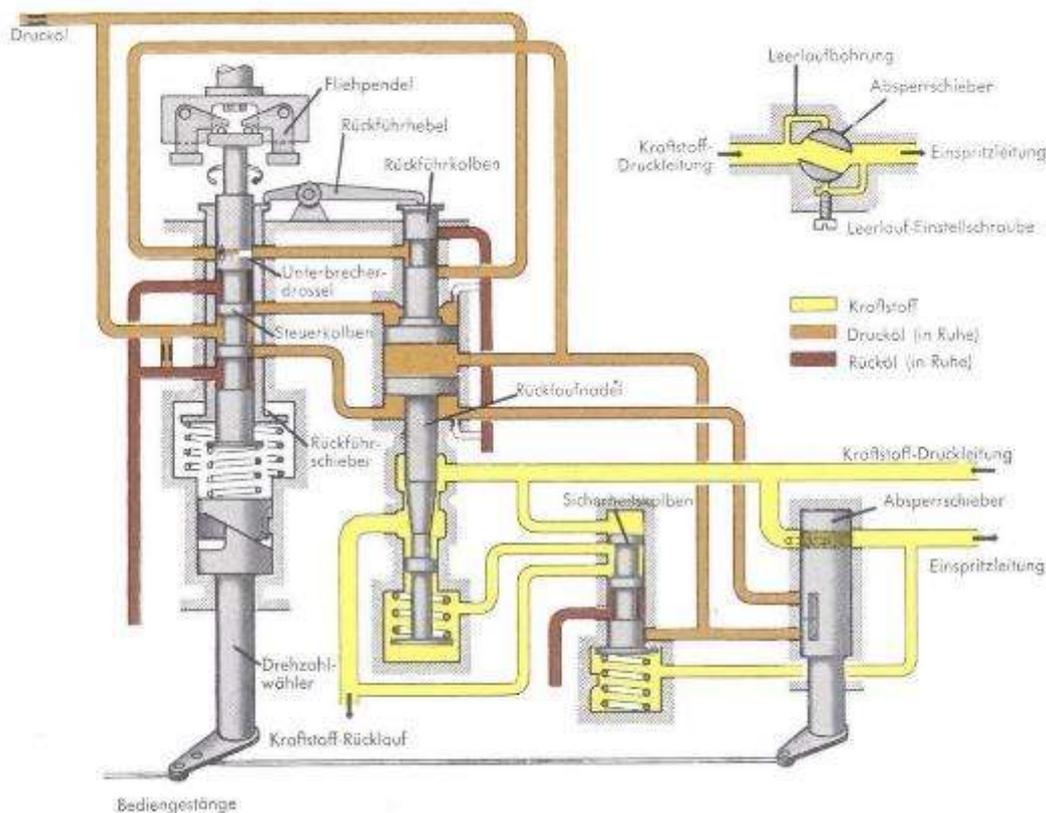


Schéma de la commande de dosage du carburant du Jumo 004 (© DR)

C'est un dispositif hydromécanique alimenté par une pompe à huile qui lui est spécifique.

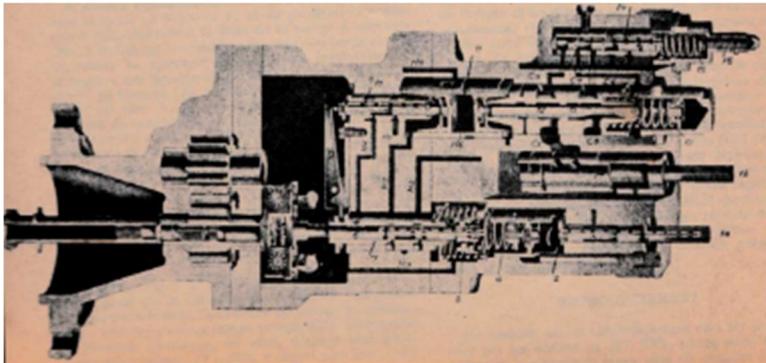
Le débit carburant est dosé par un robinet à boisseau directement lié à la manette de puissance manœuvrée par le pilote, puis vers 70% du régime de rotation, un régulateur tachymétrique, lui aussi commandé par la manette du pilote, entre en action et maintient le régime à la valeur de consigne commandée.

A noter qu'en cas de perte de pression d'huile, le robinet à boisseau permet encore au pilote de conserver la toute pilotabilité du moteur.

Une pompe à carburant à engrenages alimente directement les injecteurs de la chambre de combustion et une vanne " pointeau ", dont l'ouverture est réglée par le régulateur, prélève l'excédent de débit pour le retourner aux réservoirs. Le régulateur tachymétrique semble très compliqué à première vue mais celui-ci, du type " Isodrome ", était bien connu en Allemagne.

Nota : Un régulateur " isodrome ", qualificatif tombé en désuétude aujourd'hui, désigne un asservissement, souvent tachymétrique, où la contre réaction, appelée " flexible feed back " par les anglosaxons, est modifiée par un réseau correcteur destiné à améliorer les caractéristiques dynamiques de la réponse.

De manière à économiser le potentiel industriel de l'Allemagne en ces temps de guerre, le service officiel Reichsluftfahrtministerium ou RLM (Helmut Schelp) imposa à BMW d'utiliser, sur son turboréacteur BMW 003, le même régulateur tachymétrique que celui du Jumo 004, ce qui fait qu'on en retrouvera aussi une copie sur le turboréacteur ATAR de la SNECMA.



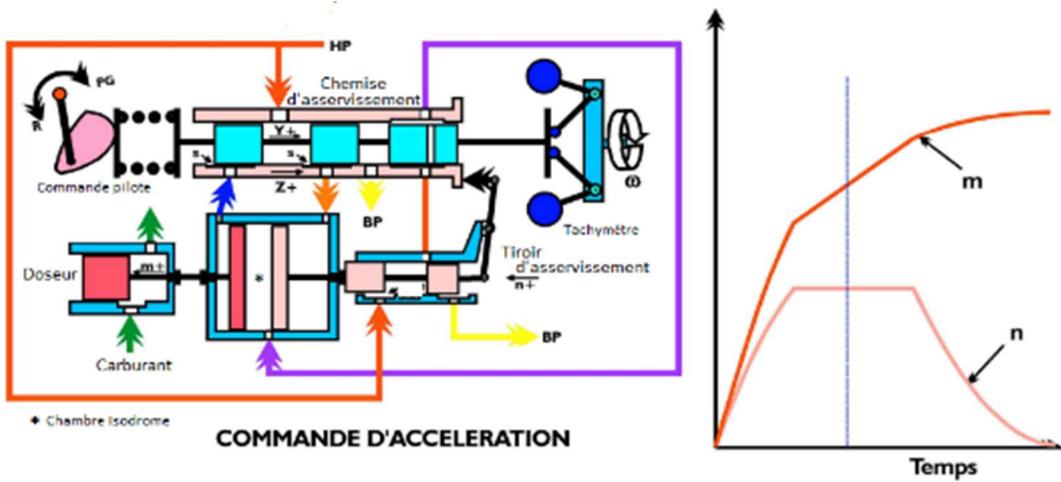
Coupe du régulateur de carburant du Jumo 004 (© DR)

Le régulateur tachymétrique " Isodrome " a deux caractéristiques essentielles :

1 - Celle d'asservir la vitesse de rotation du moteur à la position de la manette par modulation du débit carburant. Le piston (repère " m ") réglant la vanne " pointeau " de " by pass " du carburant est commandé à la fois par l'ouverture des lumières du tiroir pilote permettant le passage de l'huile sous pression et aussi, lorsque l'écart entre la consigne et le régime de rotation réel est important, par un faible débit d'huile à travers un " gicleur tournant ", commandé par un autre piston appelé servo-piston d'asservissement (repère " n ").

2 - Celle de limiter la vitesse de variation du débit carburant lorsque le régime de rotation est encore loin de sa consigne, avec le piston d'asservissement en butée. Ceci permet en particulier d'éviter la surchauffe du moteur et dans une certaine mesure de le protéger du décrochage et de l'extinction.

Le schéma ci-dessous représente la position de ces deux servo-pistons sur un régulateur ATAR 101, qui est du même concept que celui du Jumo 004. La configuration représentée correspond à la séquence où le servo-piston de dosage est en butée et où le gicleur tournant limite la vitesse de variation du débit de carburant.



On retrouve aussi ces deux caractéristiques, appelées " Jump and Rate ", matérialisées dans une technologie différente, sur le régulateur " Woodward " des premières turbosoufflantes CFM56 à régulation hydromécanique.

La commande hydro-mécanique de l'aiguille de la tuyère d'éjection est, elle aussi, particulièrement évoluée, par comparaison avec celle, à moteur électrique et à commande entièrement manuelle, du moteur allemand contemporain, le BMW 003.

L'aiguille de la tuyère, en réglant la section d'éjection du moteur, agit sur le taux de détente de la turbine, le taux de compression du compresseur et la température de sortie de la chambre de combustion. La translation de cette aiguille dans la tuyère est faite par une crémaillère dont le pignon est entraîné par un moteur hydraulique à engrenages alimenté en huile sous pression par le régulateur de tuyère.

La commande du distributeur d'huile du régulateur de tuyère se fait à partir de deux " entrées " indépendantes, la manette de puissance du pilote et les conditions de vol de l'avion.

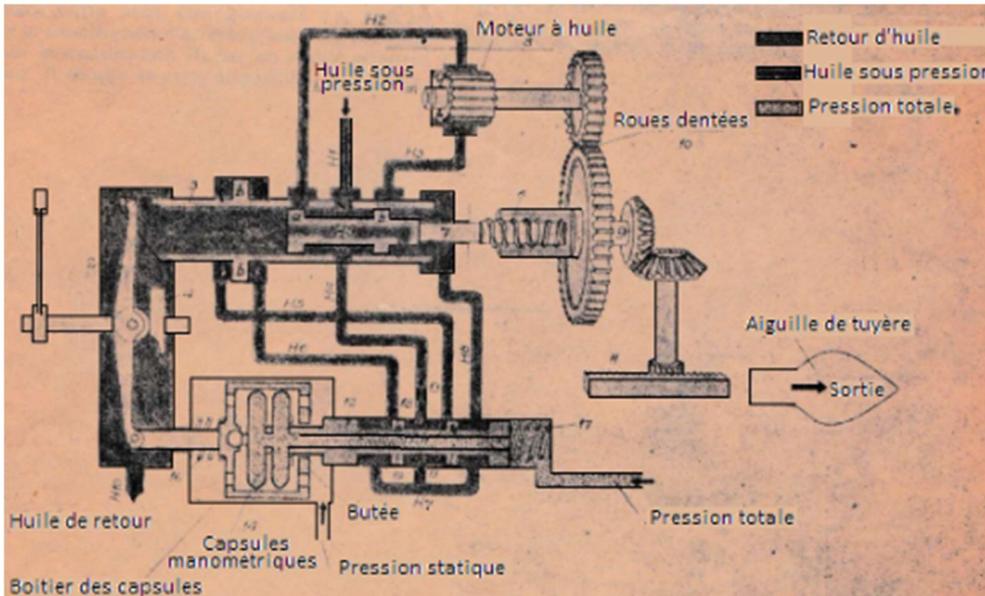


Schéma du régulateur de tuyère du Jumo 004 (© DR)

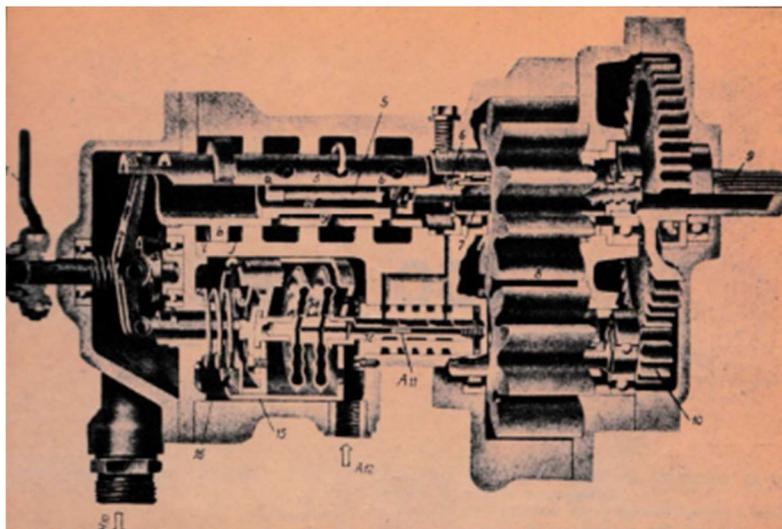


Commande de l'aiguille de tuyère du Jumo 004 (photo P. Mouton - musée de Dayton)

La chemise du distributeur d'huile vers le moteur hydraulique est déplacée, soit par une came liée à la manette de puissance soit par la dilatation d'une capsule soumise à la différence de deux pressions une statique (p_0) prélevée sur la surface extérieure du capot d'admission et l'autre, totale (P_1), à l'entrée du compresseur. Le tiroir du distributeur d'huile est lié à un système vis-écrou entraîné par la rotation du moteur hydraulique, représentative de la position de l'aiguille de tuyère. C'est l'écart de position entre la chemise et le tiroir du distributeur d'huile qui distribue l'huile sous pression au moteur hydraulique pour le faire tourner dans un sens ou dans l'autre.

Il est facile de comprendre l'action de la manette de puissance qui permet au pilote, constatant une surchauffe EGT (Exhaust Gaz Temperature) du moteur, d'à la fois réduire le régime de rotation et ouvrir la tuyère.

Le Jumo 004 a été développé alors que la connaissance des compresseurs axiaux était encore très limitée et que les matériaux réfractaires n'étaient pas disponibles. Il en est résulté un taux de compression plus petit que trois et une température de sortie de chambre de combustion inférieure à 800°C , conditions qui ont fait qu'au décollage la tuyère restait subsonique. Puis, l'avion accélérant et la pression dynamique de vol augmentant, la température de sortie de chambre de combustion va diminuer. Il en résulte que la poussée maximum que le moteur pourrait fournir sans dépasser sa limite EGT ne serait pas obtenue, à moins de refermer la tuyère. C'est ce que fait le régulateur de tuyère, qui " programme " la section de tuyère pour être inversement proportionnelle à la différence entre la pression statique à l'entrée du compresseur et la pression atmosphérique.



Coupe du régulateur de tuyère du Jumo 004 (© DR)

Ce court résumé de la régulation du Jumo 004, le premier turboréacteur à être mis en service, montre toute l'ingéniosité des ingénieurs de chez Junkers. L'un d'entre eux, Siegfried Decher appartenant au groupe " O " de Hermann Oestrich a été l'inventeur en 1950 de la première régulation programmée de la température d'entrée turbine, celle de l'ATAR 101 de la SNECMA.

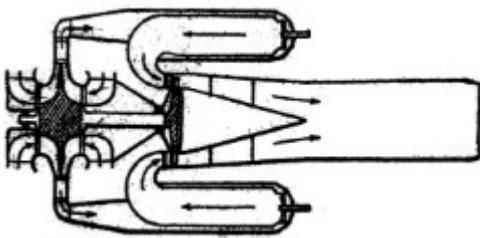
La régulation du Jumo 004 a permis d'obtenir la meilleure poussée possible d'un moteur dont la technologie était limitée par les conditions de guerre qui existaient lorsqu'il a été conçu. On peut malgré tout lui reprocher un grand défaut, celui de n'avoir pas offert aux pilotes du Me 262 un moteur assez nerveux pour concurrencer les chasseurs à moteur à pistons et à hélice de la fin de guerre. Pour cela il aurait fallu que cette régulation comporte des moyens automatiques de protection contre le pompage et l'extinction. Il faudra attendre encore près de 10 ans pour que Siegfried Decher, à la SNECMA cette fois-ci, invente ces dispositifs, créant en cela une " première " mondiale. Les performances de l'ATAR, moteur descendant du Jumo 004 et du BMW 003 ont permis aux avions Marcel Dassault des années 50 et 60, le Super Mystère B2 et surtout les Mirage III et IV, d'être parmi les meilleurs du monde.

Comprendre l'évolution des turboréacteurs

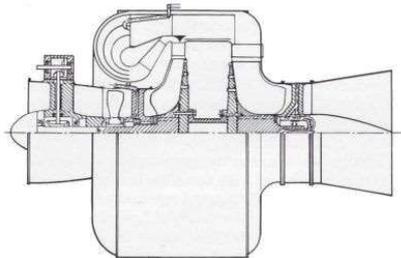
Depuis ses premières réalisations dans les années 1930, les turboréacteurs ont beaucoup évolué avec quatre objectifs :

- corriger ses limitations de fonctionnement,
- augmenter sa poussée,
- réduire sa consommation,
- diminuer son poids.

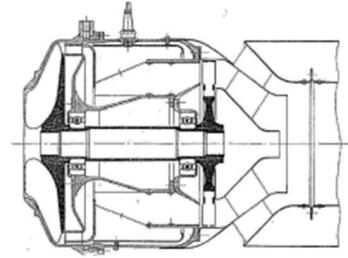
Les tout premiers turboréacteurs, ceux de Frank Whittle, de Hans Von Ohain et de Sensaud de Lavaud, étaient équipés de compresseurs centrifuges, de construction et de mise au point plus simples que celles d'un compresseur axial. Leur turbine était soit axiale (Whittle et Sensaud de Lavaud), soit centripète chez Von Ohain. Leur tuyère était à section fixe.



Frank Whittle (© DR)



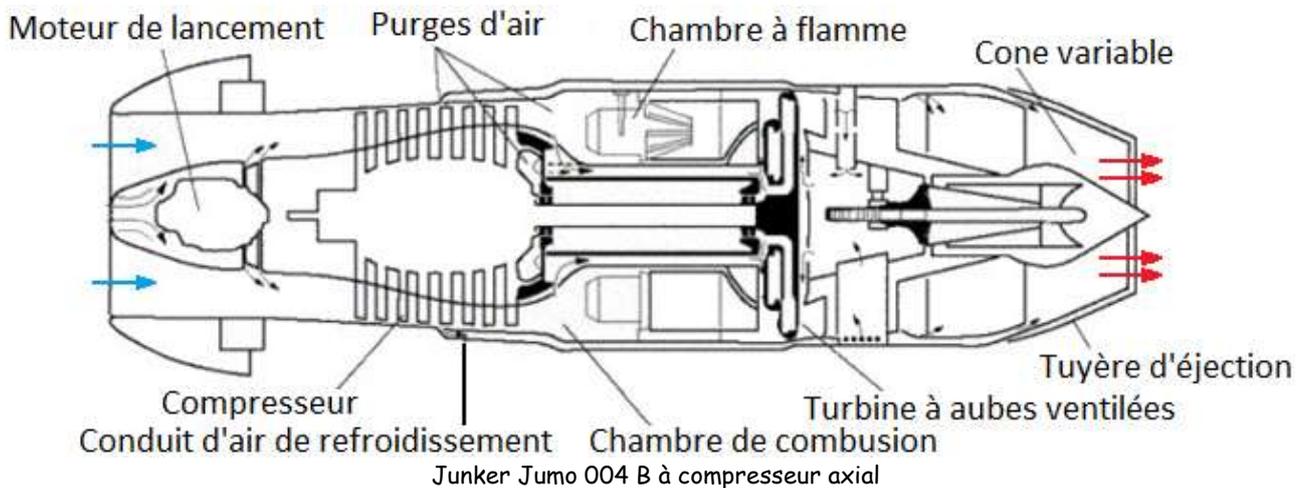
Hans von Ohain (© DR)



Sensaud de Lavaud (© DR)

La première difficulté rencontrée par ces trois pionniers a été de contenir la combustion du carburant dans un volume réduit en amont de la turbine. Ceci fut réalisé par deux méthodes très différentes, des accroche-flammes en " V " par les Allemands et un tourbillon torique en fond de chambre par les Anglais. Ce sera finalement la solution anglaise qui sera généralisée.

La guerre approchant, le ministère allemand de l'armement imposa à ses motoristes de remplacer le compresseur centrifuge par un compresseur axial dont le maître couple plus réduit était mieux adapté à son installation sur avion. Les premiers turboréacteurs à compresseur axial furent produits par Junkers, puis BMW.



Junker Jumo 004 B à compresseur axial

Un des principaux défauts des premiers turboréacteurs allemands, entrés en opération pendant la guerre, était leur mauvais rendement de combustion, surtout à bas régime et à haute altitude, qui faisait que la flamme traversait la turbine, à la manière d'une post-combustion. Ce phénomène était causé le choix d'accroche-flammes qui contenaient mal la flamme à l'intérieur de la chambre de combustion. Il fut corrigé par l'installation d'une tuyère à section variable s'ouvrant à bas régime et/ou à haute altitude. Le taux de compression relativement faible de ces moteurs et le rendement médiocre de leurs composants, faisaient aussi que leur tuyère restait subsonique à basse vitesse de vol. Ceci réduisait la température d'entrée dans la turbine lorsque la vitesse de vol augmentait. Une re fermeture de la tuyère, soit automatique chez Junker, soit manuelle chez BMW, a permis de rétablir cette température et d'obtenir la poussée maximum possible

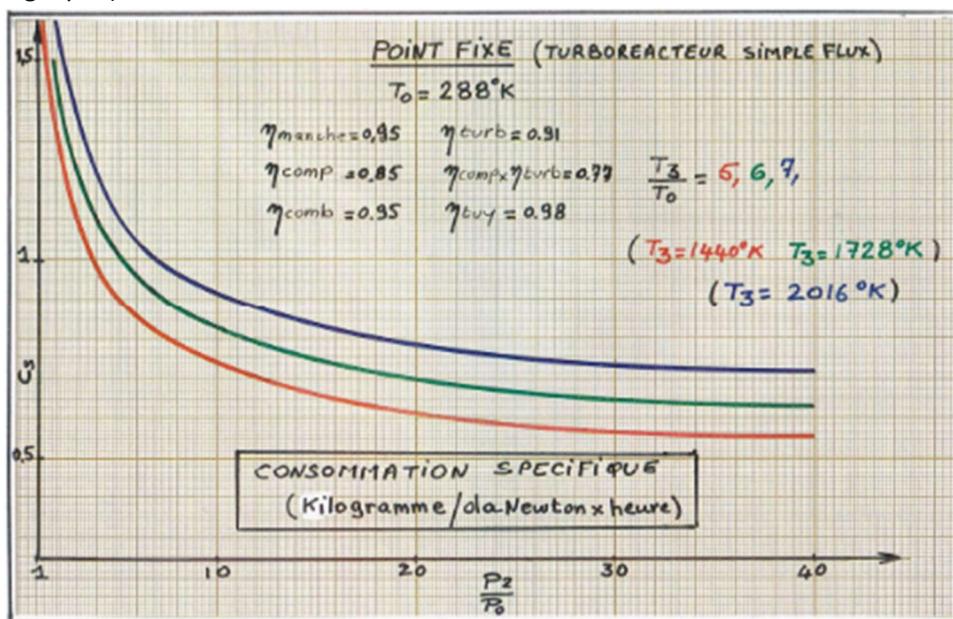
turbine et la tuyère dont la convergence est plus faible lorsque la chambre de combustion est allumée. La post combustion augmente la vitesse d'éjection de l'air, donc son énergie cinétique qui est dissipée en pure perte dans l'atmosphère. La réduction de la contre-poussée de la tuyère se fait donc au prix d'un accroissement notable de la consommation de carburant, ce qui fait que ce ne peut être que pour des utilisations de faible durée que ce dispositif est intéressant.

Depuis des décennies, réduire le coût d'exploitation des avions a constitué l'activité première des ingénieurs de conception. Le coût opérationnel d'exploitation d'un avion dépend de nombreux paramètres et les deux principaux concernant le moteur sont :

- sa consommation spécifique (rapport de la consommation à la poussée),
- son poids spécifique (rapport du poids à la poussée).

Agir sur la consommation spécifique est l'action la plus bénéfique car en plus de réduire le coût du carburant consommé, elle a un effet " boule de neige " en limitant le poids de carburant à embarquer, donc aussi la poussée que doit fournir le moteur. Le poids du moteur est une composante du poids de l'avion qui doit être équilibré par la portance des ailes. Plus ce poids est élevé, plus grande doit être l'incidence des ailes et plus grande sera la traînée, donc la poussée nécessaire et la consommation.

La consommation spécifique d'un turboréacteur diminue lorsque son taux de compression augmente, mais croît légèrement avec la température d'entrée dans la turbine, comme représenté à titre d'exemple sur le graphique ci-dessous.



Consommation spécifique (Cs) au point fixe d'un turbo réacteur simple flux fonction de son taux de compression et de sa température entrée turbine

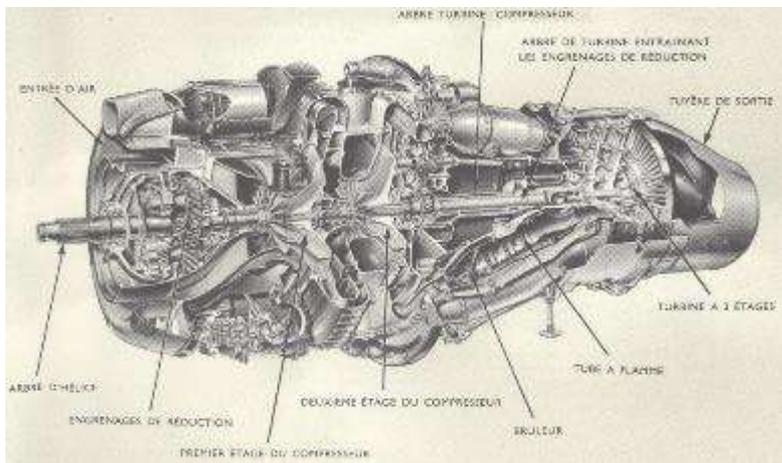
Le poids spécifique, pour sa part, diminue fortement lorsqu'on augmente la température d'entrée dans la turbine. La raison en est que le taux de détente de la turbine diminuant, sa contre poussée diminue également. Cependant, la contre-poussée de la tuyère convergente qui devra être plus fermée augmentera, mais moins que la réduction de contre poussée de la turbine.

Pour améliorer les performances opérationnelles d'un avion équipé d'un ou de plusieurs turboréacteurs il faudra donc augmenter le taux de compression et la température d'entrée dans la turbine. On notera qu'une partie importante des pertes énergétiques d'un turboréacteur provient de la dissipation dans l'atmosphère de l'énergie cinétique contenue dans son jet d'éjection. Cette perte est inhérente au principe même de fonctionnement du turboréacteur et ne pourra être réduite, comme nous le verrons plus loin, qu'en changeant ce principe.

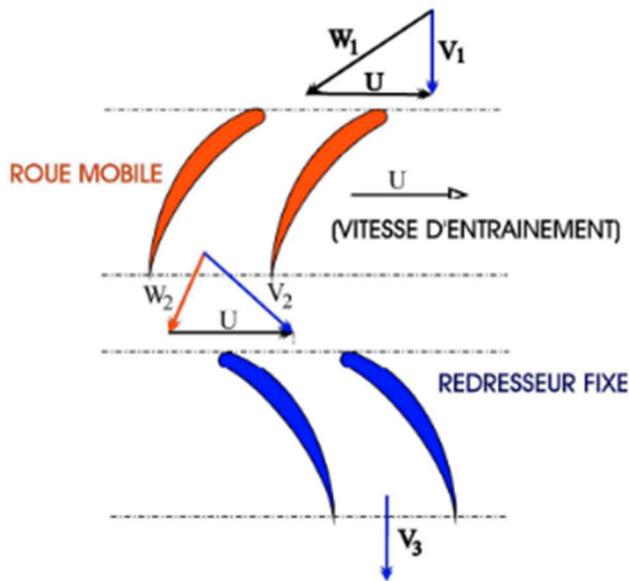
Les premiers turboréacteurs avaient un taux de compression et une température d'entrée turbine relativement faibles, respectivement de 2,85 et de 770 °C pour le Junkers Jumo 004 B de 1944, alors qu'aujourd'hui il est courant d'atteindre un taux de 30 et une température supérieure à celle de fusion du fer. Que de chemin parcouru !!

L'augmentation du taux de compression était très difficile avec les compresseurs centrifuges que l'on aurait dû installer en série, les uns derrière les autres, ce qui aurait occasionné beaucoup de pertes. Ce fût

pourtant réalisé en 1946 sur le turbopropulseur Dart de Rolls Royce qui avait deux compresseurs centrifuges installés sur le même arbre. Les compresseurs centrifuges ont donc disparu, sauf sur les moteurs de très faible poussée où un compresseur axial aurait été trop fragile. Le compresseur axial semble se prêter beaucoup mieux à l'augmentation de son taux de compression. Pour cela on pense qu'il suffirait d'empiler ses étages comme une pile d'assiettes.



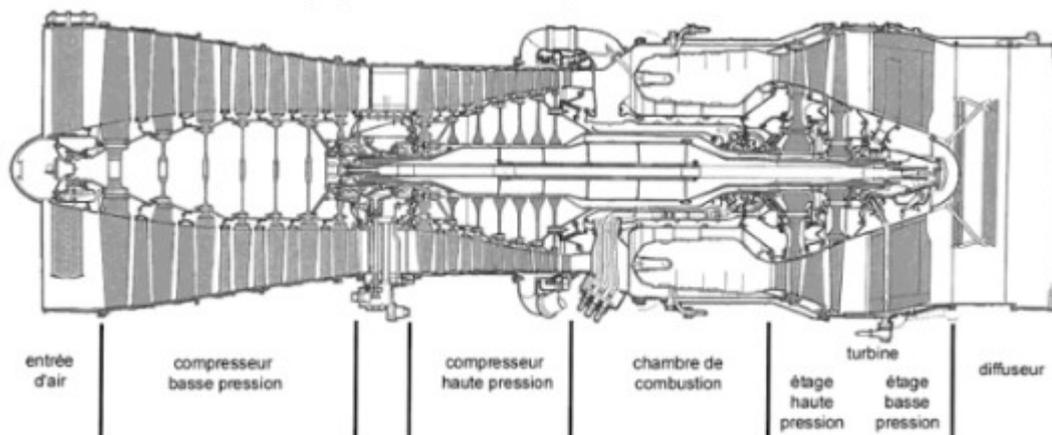
Turbopropulseur Rolls RB-53 Royce Dart (© Rolls-Royce)



Écoulement dans un étage de compresseur axial

La réalité n'est pas aussi simple car, pour éviter le décrochage, une plage limitée d'incidence de l'air avec le profil des aubes doit être respectée et cette incidence varie avec le régime de rotation et la vitesse de l'écoulement. C'est donc pour un régime de rotation bien précis que le calage optimal des aubes pourrait être réalisé, quel que soit le nombre d'étages, mais, comme le compresseur doit fonctionner depuis le régime du ralenti jusqu'à celui du plein gaz, son nombre d'étages doit être limité, ce qui limite également le taux de compression maximum qui peut être obtenu. Ce taux de compression maximum ne dépasserait pas cinq si des solutions pour retarder cette limitation n'avaient pas été trouvées.

Le premier moyen d'augmenter le taux de compression a été d'installer deux compresseurs multi-étages indépendants, l'un derrière l'autre et pouvant tourner à des vitesses différentes, ce qui permet d'obtenir un taux de compression total qui est le produit du taux de compression de chacun d'eux. Le turboréacteur simple corps est alors devenu un turboréacteur double corps et des taux de compression approchant vingt ont alors pu être obtenus. C'est Bristol Engines, en Angleterre, qui, après la guerre, commença le développement du premier turboréacteur "double corps". C'est l'Olympus, qui aura une longue carrière puisque, 60 ans après, il volera encore sur Concorde !



Turboréacteur double corps Bristol Olympus 593 de Concorde (© DR)

Le deuxième moyen de repousser la limite du nombre d'étages d'un compresseur axial a été d'y installer des vanes de décharge, pour, à bas régime, soutirer de l'air de la veine après les premiers étages et le rejeter à l'atmosphère. Par ce moyen, lorsque la décharge est ouverte, le débit d'air entrant dans le

compresseur est plus grand que celui qui en sort, augmentant ainsi la vitesse axiale de l'air en amont du point de décharge. Ceci réduit l'incidence sur les aubes d'entrée qui, à bas régime, sont les plus sensibles au décrochage. C'est Rolls Royce qui, sur son turboréacteur Avon, a installé les premières vannes de décharge.



" Ecorché " du turboréacteur Rolls Royce Avon avec vue de ses vannes de décharge (© DR)

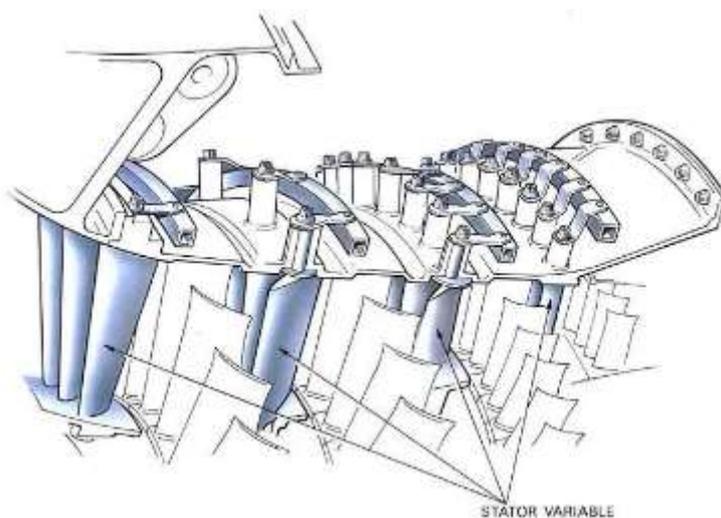
Le troisième moyen employé a été breveté aux USA en 1948, par Gerhard Neumann, un ingénieur allemand qui a fait partie des " Tigres volants " de Claire Lee Chennault et qui deviendra plus tard le directeur de la General Electric Aircraft Engines. Cette fois, ce n'est plus en doublant les compresseurs et limitant le nombre d'étages de chacun, ni en augmentant la vitesse de l'écoulement par des décharges, que l'incidence maximum permise aux aubes d'entrée est respectée, mais en jouant sur l'inclinaison de la vitesse en amont de ces aubes. Les distributeurs des premiers étages, qui étaient fixes, sont maintenant à angle de calage variable grâce à l'asservissement mécanique de leur commande. Ce dispositif qui est aujourd'hui généralisé, permet de réaliser avec un seul compresseur un taux de compression supérieur à 13/1. Le turboréacteur J-79 de General Electric a été le premier turboréacteur de production à bénéficier de ce perfectionnement.



Stator à calage variable fermé



Stator à calage variable ouvert



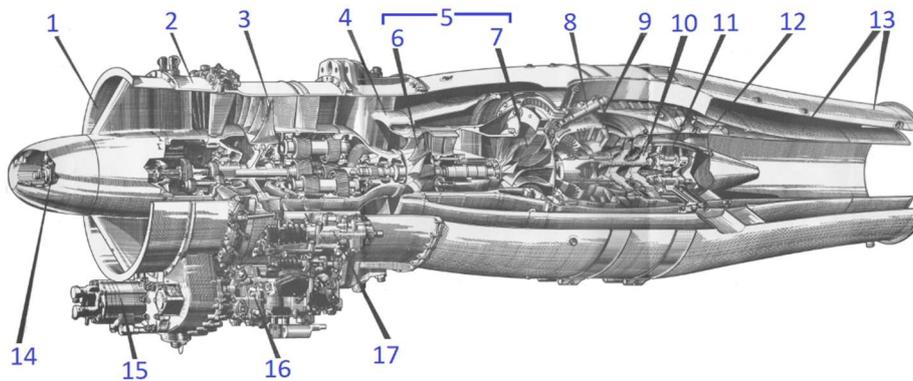
Stator à calage variable (VSV) - (Photo prises au Musée de General Electric à Evendale) (© GE)

Aujourd'hui, sur beaucoup de moteurs, on retrouve combinées ensemble ces trois configurations qui ont permis d'augmenter le taux de compression des compresseurs axiaux. L'augmentation de la température d'entrée turbine a essentiellement été permise par le refroidissement des composants exposés aux hautes températures et par l'utilisation de matériaux réfractaires. Les aubes de turbine en particulier sont

devenues de véritables échangeurs de chaleur, moulées dans un monocristal percé de canaux dans lesquels circule de l'air " frais " (plus de 600°C quand même) prélevé au compresseur. Aujourd'hui l'air sortant de la chambre de combustion est à une température supérieure à celle de fusion du fer !

Avec ces perfectionnements, le modèle de turboréacteur, directement dérivé de ceux des pionniers de 1940, avait atteint son meilleur niveau de développement. Restait encore à tenter de réduire la perte très importante d'énergie cinétique que l'air éjecté dissipait dans l'atmosphère.

Pour produire une poussée un compresseur a besoin d'être " chargé ", c'est à dire que son refoulement soit restreint. Pour le turboréacteur la restriction est réalisée par la section réduite du distributeur de turbine à l'aval de la chambre de combustion. De par l'élévation de température dans cette chambre, le taux de détente dans la turbine est inférieur au taux de compression du compresseur et la surpression résiduelle en aval de la turbine doit être annulée avec le minimum de pertes. C'est ce que fait la détente dans la tuyère convergente où cette surpression est transformée en vitesse et où se crée aussi une contre-poussée. Il existe par contre deux autres manières de détendre à la pression atmosphérique la pression derrière la turbine, ce peut être, comme nous l'avons déjà vu, en réchauffant l'écoulement, mais cette approche, bien que réduisant la contre-poussée, n'est pas intéressante car elle accroît la consommation. L'autre façon est de faire cette détente dans une turbine qui, bien que produisant aussi une contre-poussée, à l'avantage de fournir une énergie mécanique. Cette approche a été mise en œuvre dès la fin de la guerre pour la réalisation de turbopropulseurs, mais qui, à cause de leur hélice, perdaient l'avantage de la haute vitesse de vol permise par les turboréacteurs. La solution intermédiaire a été de partir du turboréacteur classique et de partager le débit d'air fourni par le compresseur en deux parts sensiblement égales. La première part continue d'alimenter le compresseur HP et l'autre est directement éjectée par une tuyère. Deux versions de ce concept ont été construites, celle dite à " flux séparés " où l'air dérivé est éjecté directement dans sa propre tuyère, et celle dite à " flux mélangés " où l'air secondaire est réinjecté dans le flux primaire à l'aval des turbines puis éjecté dans une tuyère commune. Cette deuxième version qui permet la post-combustion se retrouve actuellement sur la plupart des moteurs pour avions de combat.



1. Buse d'entrée d'air
2. Carter d'entrée
3. Compresseur basse pression
4. Carter double flux
5. Compresseur haute pression
6. Etage axial
7. Etage centrifuge
8. Allumeurs-torches
9. Chambre de combustion
10. Turbine à deux étages
11. Palier arrière
12. Diffuseur de sortie
13. Tuyères
14. Dynamo-démarrreur

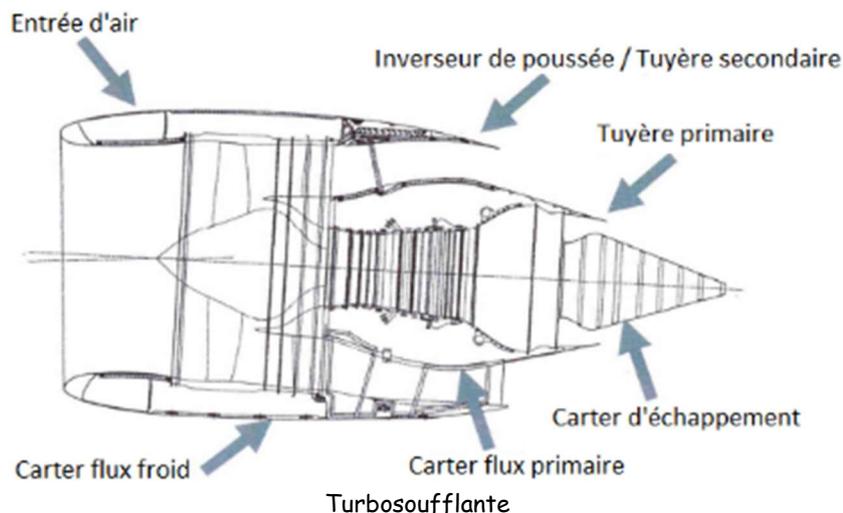
Turboréacteur GTF double flux séparés " Aubisque " I A de Turboméca
 15. Pompes à huile 16. Bloc pompes régulateur 17. Vérin de commande des volets d'entrée d'air

La réduction de consommation spécifique (C_s) des moteurs " double flux " provient qu'à poussée égale ils réduisent le niveau d'énergie cinétique dissipée en pure perte à l'atmosphère. L'amélioration de la C_s est d'autant plus importante que le rapport des débits secondaire et primaire est grand. Dès que ce rapport, appelé " taux de dilution " dépasse environ deux, le nom de " turboréacteur double flux " a changé pour celui de

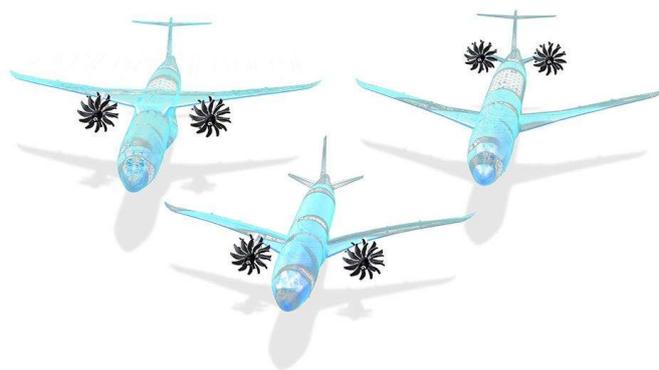
" turbosoufflante " qui illustre mieux l'importance prise par le débit secondaire.

Pour réduire encore plus la consommation spécifique, la voie évidente était donc d'augmenter le taux de dilution. La puissance délivrée par la turbine de puissance étant limitée, cette voie implique que l'augmentation du débit d'air de la soufflante soit accompagnée d'une réduction de son taux de compression, ce qui permet une réduction de sa vitesse d'éjection. Celle-ci, comme vue par le pilote, peut rapidement devenir proche de la vitesse de vol et, dans ce cas, la contre-poussée due au ralentissement de l'air dans la manche d'entrée va tendre à annuler la poussée produite par la soufflante. L'accroissement du taux de dilution des turbosoufflantes limite donc la vitesse de vol, qui était l'un des avantages premiers du turboréacteur. L'augmentation du taux de dilution va également augmenter le diamètre du canal secondaire,

donc sa traînée externe et sa perte de charge interne ainsi que son poids. Ces différents paramètres contradictoires, font qu'à poussée donnée, le taux de dilution passera par un optimum d'environ douze. Augmenter le taux de dilution au-delà deviendrait défavorable.



Se débarrasser de ces paramètres défavorables à la consommation spécifique a ouvert une nouvelle voie. L'augmentation du taux de dilution s'accompagnant d'une réduction du taux de compression de la soufflante, fait que sa contribution à la poussée devenait très faible, alors que la pénalité de la carène qu'il imposait devenait de plus en plus grande. L'idée est alors venue de supprimer cette carène et de revenir au turbopropulseur. C'est ainsi qu'est apparu le projet RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines).



Maquette de l'Open Fan " RISE " de CFM (© SAE)

Configurations

Le propulseur RISE est un turbopropulseur en cours de développement chez le motoriste franco-américain CFM et est du type " open rotor ". Il se compose d'un générateur de gaz, d'une turbine de puissance, d'un réducteur et d'une hélice à 12 pales et à pas variable. Cette hélice est suivie d'un redresseur également à pas variable. La proximité des pales fait que si l'écoulement d'air à leur contact s'approche de celui sur une aile, il devient comparable à celui dans les canaux inter-aubes d'un compresseur dès que l'on s'éloigne de ce contact, d'où la complexité de définition du profil des pales et des redresseurs. Heureusement qu'aujourd'hui la modélisation numérique (CFD ou computational fluid dynamics) permet de surmonter facilement cette difficulté. Le grand nombre de pales permet d'en réduire le diamètre ce qui devrait permettre de conserver l'installation conventionnelle, en " pod " sous l'aile, de ce moteur.

Le turboréacteur a également évolué, au-delà de la fourniture de poussée, pour apporter un concours à l'utilisation de l'avion. Les avions d'aujourd'hui sont équipés d'inverseurs de poussée pour faciliter leur freinage et de tuyères orientables pour améliorer leurs évolutions à faible vitesse de vol. Je me rappelle qu'en 1959, une de mes premières activités à la SNECMA a été la mise au point d'un régulateur d'approche destiné à moduler la poussée du turboréacteur ATAR 9B et maintenir constante la vitesse du Mirage III en phase finale d'atterrissage.

Que de chemin parcouru depuis 1935 ! Le turboréacteur a été le propulseur qui a permis aux avions d'accéder au vol supersonique, alors qu'aujourd'hui, pour réduire la consommation de carburant, ce propulseur a retrouvé la bonne vieille hélice qui équipait déjà l'avion des frères Wright en 1903 !

Les Dassault MD-315 Flamant : bancs volants des moteurs à pistons Renault 12 S / T (1955 - 1957)



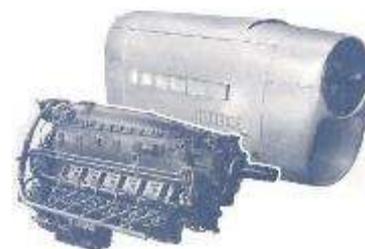
Dans le cadre de la mise au point du moteur à pistons 12 cylindres Renault 12 deux exemplaires du bimoteur polyvalent Marcel Dassault MD-315 " Flamant " ont été employés par la Snecma au cours des années cinquante : le MD-315 " Flamant " n° 6, pour la version basique 12 S, et le MD-315 " Flamant " n° 103 pour la version améliorée 12 T.

Dérivé de l'Argus AS-411 allemand (1), équipant les avions Siebel 204 D et Arado 96 pendant la guerre, ce moteur " consommable " développant initialement 457 ch puis 575 ch et utilisé à des fins militaires devient le Renault 12 S, la guerre terminée. Le 12 S subira sa première campagne de mise au point sur les bimoteurs de transport à hélices NC-701 " Martinet " n° 133 et n° 281 puis sur le NC-702 n° 325 qui en achèvera la mise au point. Le développement du Renault 12 S sera réalisé en parallèle avec le MD-315 " Flamant " n° 6 de février 1951 à décembre 1952. L'histoire du propulseur sera étroitement liée à celle du bimoteur Dassault qui fut l'un des premiers avions de liaison d'après-guerre construit en série.

Le moteur 12 cylindres en ligne Renault 12

Version 12 S

La fabrication du Renault 12 S est reprise par la Snecma en 1946 et les matériaux allemands qui entrent dans sa composition - son potentiel n'était à l'époque que de 50 heures avant révision générale -, sont progressivement remplacés par des matériaux français. Après de nombreux essais effectués tant à la Snecma que chez les utilisateurs civils et militaires, plus de 1 400 modifications ont été appliquées ce qui a permis de porter progressivement à 700 heures le potentiel avant révision générale.



Description. Le moteur Snecma 12 S est un douze cylindres à deux rangées inversées en V, formant un angle de 60° (2), refroidis par air. Il est équipé d'un carburateur entièrement automatique, avec limiteur d'admission, réchauffage et dispositif de dégivrage, d'un compresseur centrifuge, à deux renvois, muni d'un accouplement élastique complémentaire à l'arbre de torsion, entraînant un rouet d'un étage, dont l'arbre est équipé d'un dispositif amortisseur de vibrations dash-pot, d'un réducteur épicycloïdal avec amortisseurs de couple incorporé. Le démarrage du moteur s'effectue à l'aide d'un démarreur à prise directe, fonctionnant électriquement mais pouvant être actionné également à la main.

Pour sa construction le moteur utilise principalement : alliage d'aluminium et de magnésium (carters), acier nitruré (vilebrequin et cylindres), acier (bielles), alliage d'aluminium (pistons), fonte (segments).

Les opérations de montage et de démontage du moteur s'effectuent par hissage à l'aide de quatre anneaux de levage vissés sur le couvercle du carter moteur (2 à l'avant, 2 à l'arrière).

Équipé en groupe moto-propulseur (GMP) (3), le moteur comprend outre les accessoires nécessaires à son fonctionnement, son contrôle, sa commande et sa sécurité, un ensemble d'équipements standards avion.



Dassault MD-315 Flamant I - Ecole de Rochefort-sur-mer (1953). Sa vitesse de croisière est de 260 km/h avec un maximum de 310 km/h et une autonomie moyenne de 4 h 15 min. Ses dimensions : envergure 20.21 m, longueur 12.58 m, hauteur 4.50 m.

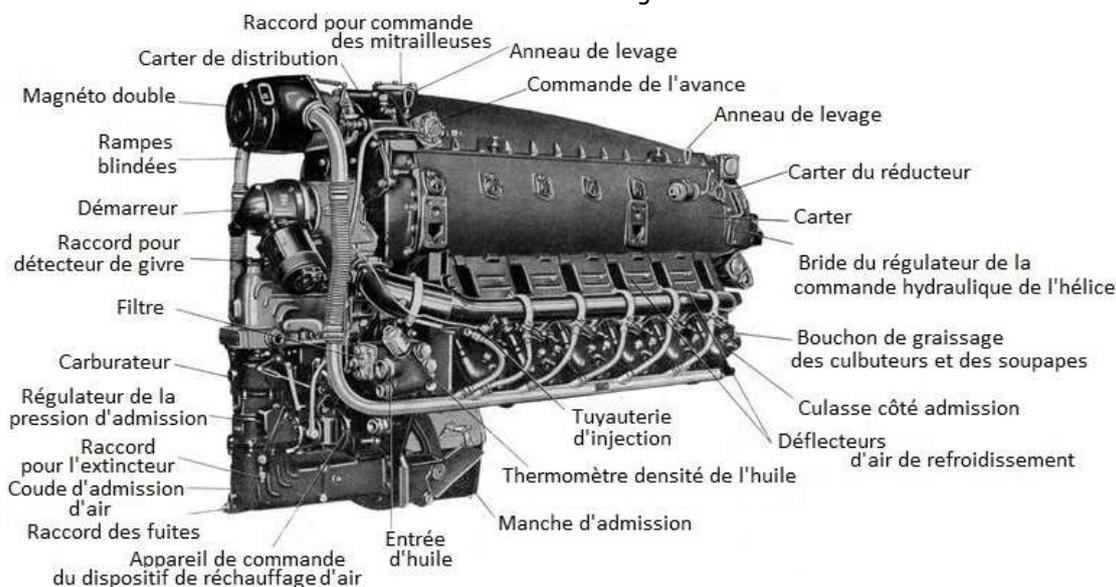
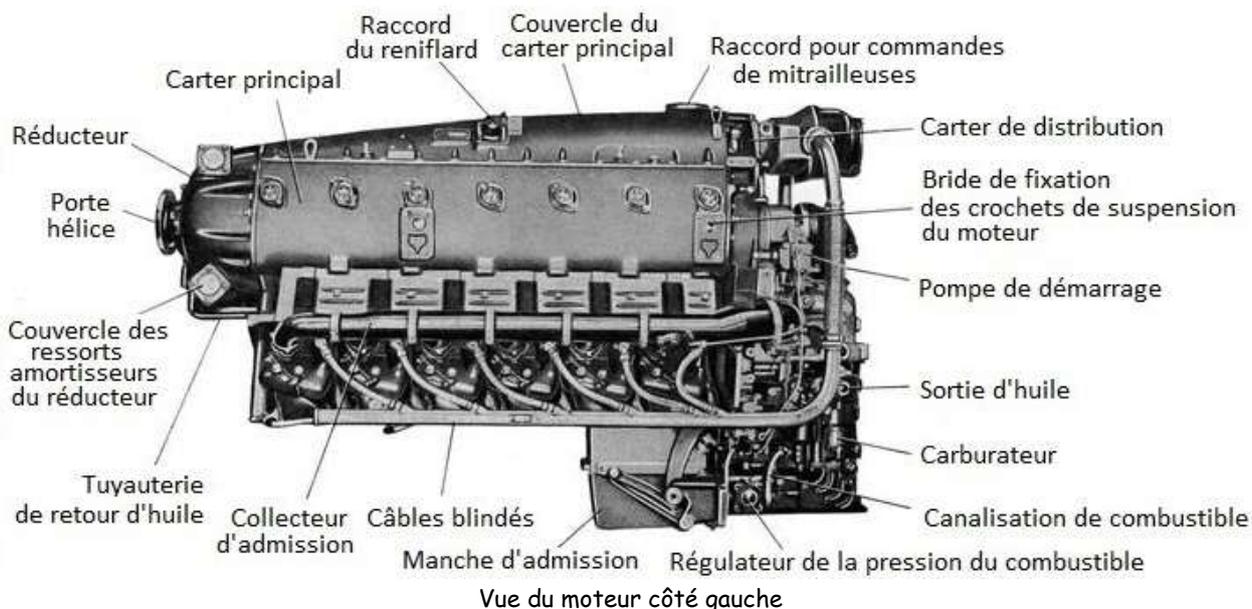
Cet ensemble GMP est capoté et équipé d'un bâti-moteur, permettant un échange du moteur ultra-rapide, par simple désaccouplement des tuyauteries, commandes, fiches électriques, et quatre rotules du bâti le reliant au fuselage.

Le moteur peut être équipé d'une hélice bipale ou tripale - de 2,70 m de diamètre - à pas variable en vol, à commande électrique, Ratier (type 1972 ou 2200), ou d'une hélice tripale à pas variable en vol, à commande électrique, réversible Dassault (type 304).

Des essais d'endurance (500 heures), au banc, satisfaisant aux épreuves d'homologation OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) sanctionnent la fabrication en série en 1951.

Moteur 12 S				
Cylindrée (l)	Alésage (mm)	Course (mm)	Rapport de pression	Largeur/Hauteur (mm)
12	105	115	6,4	730 / 995

Conditions de décollage		
Puissance (ch)	Vitesse de rotation (tr/mn)	Consommation carburant (l/h)
575	3300	278



Variantes. Produit à 1 650 exemplaires, le moteur 12 S est décliné en deux variantes (S-04 et S-06) et quatre types de GMP, utilisés sur les avions suivants :

- type 101 A, masse 545 kg, équipent les avions bimoteurs de transport NC-701 et NC-702 " Martinet " (371 exemplaires) et monomoteurs SIPA S 111 (54 exemplaires).
- type 201 A, masse 543 kg, équipent les bimoteurs de transport SO-94 et SO-95 " Corse " (60 exemplaires).
- type 303, masse 555 kg, équipent les bimoteurs polyvalents MD 311, 312 315 " Flamant " (325 exemplaires).
- type 312 A, masse 555 kg, équipent les avions monomoteurs SIPA 12 et 121 (98 exemplaires).

Le moteur 12 S équipe également les prototypes : Fouga CM-100 (planeur motorisé de transport bimoteur), Bréguet 892 S " Mercure " (avion de transport quadrimoteur), SNCAC NC 2001 " Abeille " (hélicoptère expérimental), Arsenal O-101 (monomoteur banc d'essai volant).

Incidents. Sa carrière opérationnelle sur les monomoteurs et bimoteurs légers est émaillée de très nombreux incidents affectant les pistons, les cylindres, le compresseur, le circuit d'huile, le carburateur et les régimes de rotation. Cela se traduit par des grippages, extinctions voire explosions. Sur le SIPA S 111A, le 12 S est peu adapté aux opérations sous climat chaud, en Afrique du Nord : les pilotes doivent parfois interrompre leur reconnaissance à vue (RAV) et monter en altitude pour refroidir le circuit d'huile... Sur le SIPA S 12 le propulseur est sujet à deux pannes graves : perforation d'un piston à la suite d'un trop grand échauffement et rupture de l'axe du compresseur (placé en porte à faux à l'avant du moteur) du fait des écarts de régime importants et répétés qu'exigent les évolutions de l'appareil dans les djebels.

En service en Outre-Mer, entre 1950 et 1963, l'utilisation intensive des Dassault " Flamant " révèle les mêmes problèmes. Les moteurs Snecma 12S font l'objet de nombreux incidents voire des accidents graves à la suite de grippage, coups de feu aux pistons, perte de pipes d'échappement. Le phénomène de coup de feu au piston se traduit par un perçage de la tête du piston, à cause d'une élévation importante de la température qui atteint celle de fusion de l'alliage employé pour le piston. Cela peut être dû à un mauvais mélange carburé, mais le plus souvent à un mauvais refroidissement par l'huile qui circule mal.

En Afrique, plusieurs dizaines de vols se terminent en monomoteur, le moteur restant ne pouvant soutenir le vol, l'avion perdait de l'altitude, et la mission s'achève par un atterrissage forcé.



MD-315 " Flamant " n° 6 immatriculé F-ZABR propulsé par une paire de Renault 12 T - CEV Juin 1965
(© Coll. G Millas)

Version 12 T

En 1955, une nouvelle version 12 T est commandée par l'État pour la poursuite de l'équipement des NC-701 " Martinet ", SIPA 111, Dassault 311/312/315 " Flamant ", SO-94 et SO-95 " Corse ". Par rapport au 12 S, le 12 T comprend de nombreuses améliorations pour augmenter son endurance : compresseur à double renvoi à accouplement élastique équilibrant les efforts sur l'arbre rotor, montage de pistons forgés munis d'une nouvelle segmentation, installation d'une pompe à huile à haut débit qui assure la lubrification automatique des culbuteurs, réchauffage et dégivrage de la manche d'aspiration du carburateur, remplacement des cylindres tout acier par des modèles avec fût acier allongé et équipé d'ailettes de refroidissement en aluminium. De plus, le 12 T comporte un dispositif assurant une progressivité complète de la manette pilote sans " zone morte ", permettant d'utiliser à toutes les positions de la manette des gaz.

Des essais d'endurance (400 heures), au banc, satisfaisant aux épreuves d'homologation OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) sanctionnent la fabrication en série en avril 1957.

Le 12 T présente les mêmes caractéristiques que le 12 S mais son circuit d'huile a été modifié. En effet, le 12 T dispose d'un circuit d'arrosage des pistons qui permet d'abaisser de 40°C la température de fonctionnement des pistons. Grâce aux modifications du motoriste, la puissance est portée à 605 Ch (au décollage) et le potentiel avant révision à 1 000 heures.

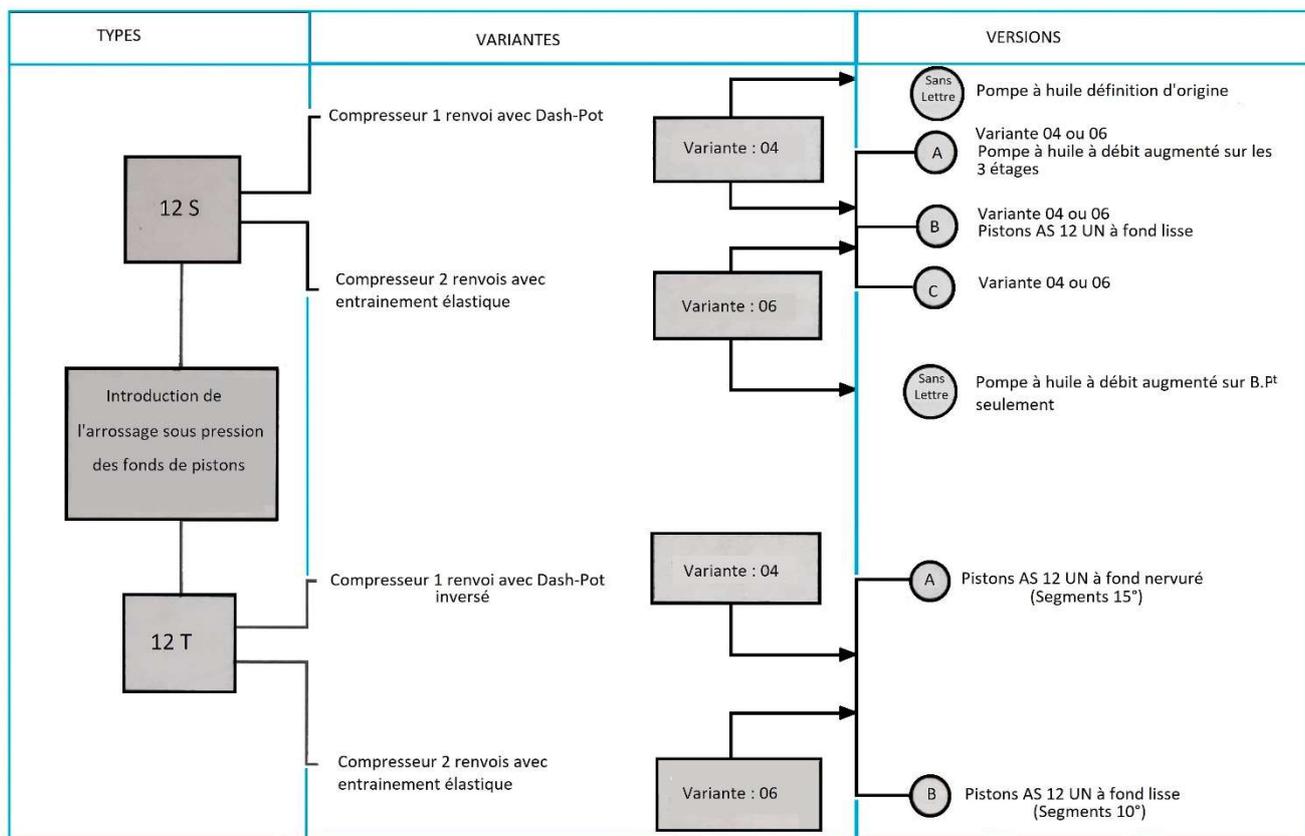
Totalement interchangeable (physiquement et fonctionnellement) avec la version 12 S, sa masse est d'environ 549 kg.

Moteur 12 T				
Cylindrée (l)	Alésage (mm)	Course (mm)	Rapport de pression	Largeur/Hauteur (mm)
12	105	115	6,5	730 / 995

Conditions de décollage		
Puissance (ch)	Vitesse de rotation (tr/mn)	Consommation carburant (l/h)
605	3300	278

Produit à 1 428 exemplaires, la version 12 T est déclinée en deux sous-versions (T-04 et T-06) et deux variantes GMP équipées d'une hélice à pas variable : 12 T 303 Dassault type 304 et 12 T 312 avec une hélice Ratier.

Produit au total à 3 078 exemplaires en deux versions (S et T) ayant effectués plus de 2 millions d'heures de fonctionnement, le Renault 12 est le dernier moteur à pistons fabriqué par la SNECMA.



Moteurs Renault 12 S et 12 T : tableau des variantes et versions

Les SNCAC NC-701 et NC-702 "Martinet"

Construit par la Société Nationale des Constructions Aéronautiques du Centre (SNCAC), le NC-701 est une version d'entraînement à face avant ronde et vitrée, dérivée du Siebel Si-204 D comportant 5 places, élèves et un formateur radio. Le NC-702 au nez pointu et allongé est une version de transport passagers offrant une capacité de 8 places.

Parmi les 371 "Martinet" construits en France, en huit versions différentes, pour les unités de l'armée de l'Air, mais aussi celles de l'Aéronautique Navale jusque dans les années soixante, notamment en Algérie et en Indochine, plus d'une soixantaine d'exemplaires sera exploitée soit par des organismes d'état, tel le Centre d'Essai en Vol (CEV) ou l'Institut Géographique National (IGN), soit par des compagnies aériennes civiles dont Air France et quelques compagnies étrangères.



SNCAC NC-701 "Martinet" version d'entraînement à face avant ronde et vitrée (© DR).



SNCAC NC-702 "Martinet" version d'entraînement au nez pointu et allongé (© DR).

Appareil difficile à piloter, il a un défaut rédhibitoire : il est sujet à la "surcompensation". Lorsqu'il y a une panne de moteur, si le pilote tente de maintenir la trajectoire en poussant à fond sur le palonnier opposé au moteur en panne, il se retrouve avec ce palonnier bloqué en butée, avec impossibilité de retour au neutre.

Ceci est dû aux " cornes " situées en haut des gouvernes de direction qui, dans les conditions du contre (braquage maximal de la direction), sont le siège de forces aérodynamiques telles qu'elles empêchent le retour au neutre des gouvernes. La seule solution, pour en sortir c'est ... d'incliner à fond l'avion du côté du blocage. Solution loin d'être évidente, surtout près du sol après le décollage.

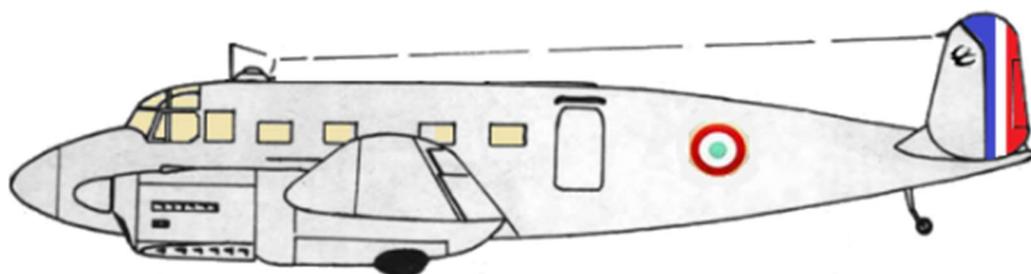
Un avion a été perdu avec tous ses passagers à la suite d'une panne moteur.

Le moteur 12 S réalise sa première campagne de mise au point, aux mains des pilotes de la Snecma, sur le bimoteur à hélices NC-701 " Martinet " n° 133 (F-BBFH), de janvier 1947 à mars 1950 avec un total de 227 vols, correspondant à 342 heures de vol. Le NC-702 " n° 281 (F-BDLR) le rejoint de mars à juillet 1948 mais l'appareil est perdu dans un accident dramatique entraînant la mort de ses quatre membres d'équipage peu après le décollage, le 28 juillet, au-dessus du terrain de Villaroche. Il totalisait 253 heures de vol. Le NC-702 n° 325 (F-BDLT) qui vole entre mars 1949 et mai 1952 en achève la mise au point en accumulant 283 vols soit 644 heures de vol. Par la suite le NC-702 n° 325 effectue les essais du 12 T.

Chronologie des vols du SNCAC NC-702 " Martinet " n° 325 (F-BDLT) (Mars 1949 - Mai 1952)

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1949	131 vols (n° 1 à 131)	353 h 25	Renault 12 S : Endurance, encrassement bougies	G. Claisse E. Brihaye L. Gouel
1950	135 vols (n° 132 à 266)	262 h 30	Renault 12 S : Endurance, clapet Snecma, soupape Chausson, bougies, régulateurs	G. Claisse E. Brihaye L. Gouel
1951	15 vols (n° 267 à 281)	26 h 50	Renault 12 S : Très variés, accessoires	E. Brihaye L. Gouel
1952	2 vols (n° 284 à 285)	1 h 10	Renault 12 S : bougies	L. Gouel G. Muselli

Très variés, les essais portent sur les points suivants : essais températures, refroidissement, hélice Dassault, endurance, encrassement bougies, clapet Snecma, soupapes Chausson, régulateurs et accessoires.



SNCAC NC-702 " Martinet " (© Auteur)

Les Dassault MD-311, -312 et -315 " Flamant "

Premier appareil construit après la seconde guerre mondiale par Marcel Dassault, ce bimoteur à aile mi-basse de faible tonnage se caractérise pour ses missions multiples : liaison, entraînement et transport.

Prototypes inclus, 325 exemplaires de trois modèles différents sont construits entre 1949 et 1954 :

- MD-311, 40 exemplaires, caractérisé par son nez vitré, pour l'entraînement à la navigation et au bombardement,
- MD-312, 118 exemplaires, avion de liaison et d'école de pilotage à double commandes, une version MD-312 M existe pour la Marine nationale, 25 exemplaires,
- MD-315, 137 exemplaires, appareil destiné aux missions d'outre-mer et à usage sanitaire.

En France, les principaux utilisateurs sont : le Centre d'essais en vol (CEV), l'armée de l'Air et à l'Aéronautique navale. En 1956, après un audit mené par le Centre d'Essais en Vol (CEV), 131 MD-315 de l'Armée de l'Air sont renvoyés chez l'avionneur pour être modifiés. Désignés MD-315 R (" R " pour Renforcé), ces Flamant reçoivent un nouvel équipement de radionavigation et voient leur cadre principal de fuselage

(cadre 10 qui délimite la partie avant) renforcé, une opération ayant pour but de prolonger la durée de vie de ces avions.

Au sein de l'Armée de l'Air les appareils furent affectés aux unités stationnées en Afrique Occidentale Française, et par la suite en Afrique du Nord (AFN). Chaque formation volante a compté au moins un Flamant dans son inventaire. Ces avions robustes servirent aussi dans l'Aéronavale jusqu'à la fin des années 60. Dans le cadre de l'aide militaire française, plusieurs avions ex-Armée de l'air sont cédés à Madagascar (6), à la Tunisie (une douzaine), au Cameroun (5) et au Cambodge, mais l'utilisateur principal du bimoteur sera le Sud-Viêt Nam avec 50 exemplaires.



MD-315 "Flamant" (Mai 1955). (© DR). Comme tous les avions à hélices, le bimoteur dispose d'un pas d'hélice variable : petit pas pour les phases nécessitant une grande puissance (décollage, montée, atterrissage - pour une éventuelle remise des gaz), grand pas en croisière, et pas réversible qui permet, après l'atterrissage, de ralentir l'avion au sol par une poussée négative.

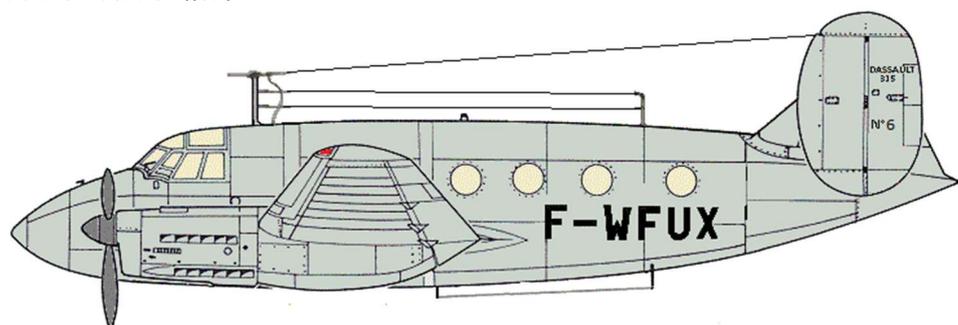
Mis en service en 1949, l'appareil est retiré du service actif en mai 1986. Depuis cette date une trentaine de bimoteurs sont préservés en France dont une douzaine qui volent encore au sein d'associations de préservation du patrimoine aéronautique.

En vol, le bimoteur se caractérise par le bruit et les vibrations que les moteurs 12 cylindres communiquent à la carlingue mais l'appareil est sain et fiable mis à part les pannes de son circuit hydraulique dont le liquide malodorant a tendance à se répandre inopinément dans le poste de pilotage.

Le Dassault MD-315 "Flamant" n° 6 codé C

Le MD-315 n° 6 réalise son premier vol le 23 décembre 1949. Réceptionné par l'armée de l'Air en fin janvier 1950, il est tout d'abord affecté au Centre 'Expériences Aériennes Militaires (CEAM) de Mont-de-Marsan puis à la 33^{ème} Escadre de Reconnaissance de Cognac-Châteaubernard à compter du mois de juillet. Il est mis en œuvre dans une escadrille, de l'ER 1/33 "Belfort", chargée de la transformation des équipages et des mécaniciens destinés à servir en outre-mer.

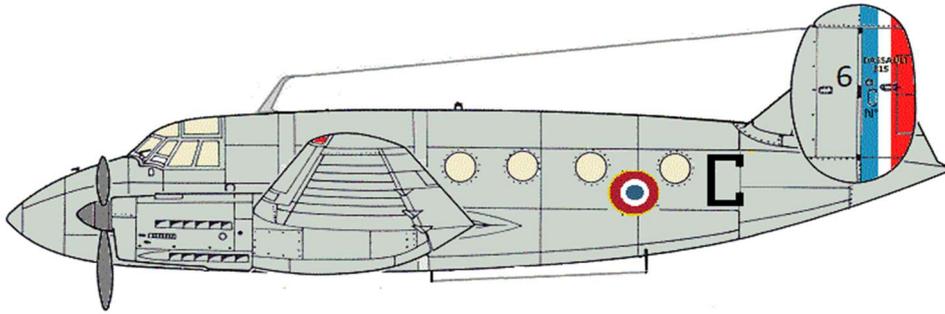
MD-315 "Flamant" n° 6
propulsé par une paire de
Renault 12 S avec son
immatriculation provisoire F-
WFUX (Auteur).



En février 1951, il est pris en compte par la Snecma, à Melun-Villaroche, pour assurer la mise au point du moteur Renault 12 S ; il totalise 25 vols en 29 heures 05 jusqu'en décembre 1952. Pendant ces deux années il est victime d'un accident : il se pose sur le ventre à Villaroche à la suite d'une fuite hydraulique empêchant la descente du train d'atterrissage.

Détaché ensuite au CEV à la mi-mai 1954 (avec l'immatriculation F-ZABR) il est accidenté le 20 janvier 1956 : rentrée du train trop tôt au décollage.

Réceptionné par l'armée de l'Air après sa transformation en MD-315 R en fin mai 1957, il est très vite détaché au CEV puis cédé en mai 1965. Sa réforme intervient le 17 juin 1974.



MD-315 " Flamant " n° 6 (Auteur). Durant ses essais chez le motoriste il porte le code C peint à l'arrière du fuselage. Les 12 pipes d'échappement dont la forme permet un effet de réaction important améliorent le rendement de propulsion.

Caractéristiques du MD-315

Flamant I

Motorisation : deux Renault 12S de 590 ch entraînant des hélices tripales de 2.70 m de diamètre à pas variable

Envergure : 20.70 m

Longueur : 12.50 m

Masse à vide : 4 250 kg

Masse au décollage : 5 800 kg

Surface alaire : 47.2 m²

Vitesse maxi : 380 km/h

Plafond : 4 350 mètres

Chronologie des vols du Dassault MD-315 " Flamant " n° 6 codé C (Février 1951 - Décembre 1952)

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1951	20 vols (n° 1 à 20)	25 h 10	Renault 12 S : carburation, températures, génératrices	E. Brihaye L. Gouel
1952	5 vols (n° 23 à 27)	3 h 55	Renault 12 S : bougies	E. Brihaye L. Gouel A. Morel



MD-315 " Flamant " n° 6 saisi peu après son

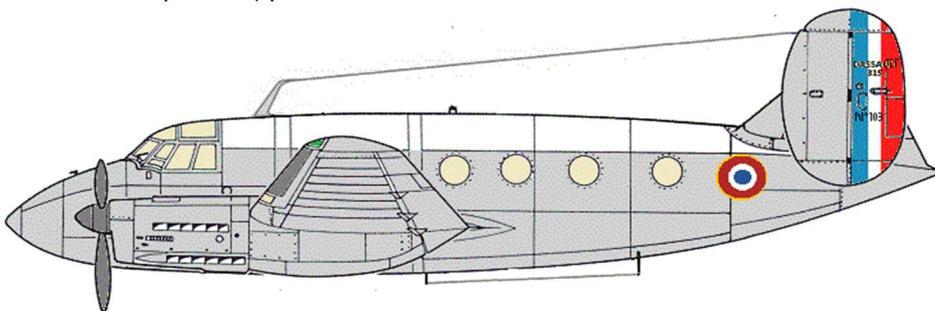


atterrissage train rentré (© Coll. G Millas)

Le Dassault MD-315 " Flamant " n° 103

Sorti d'usine début septembre 1951, le MD-315 n° 6 est réceptionné par l'armée de l'Air quelques jours plus tard, le 13 septembre. Il est affecté au Groupe Aérien Mixte GAM 50 " Madagascar " le 2 juillet 1952 (indicatif F-UIFG) ; basé sur l'île éponyme il rejoint Ivato après un convoi à travers tout le continent africain.

Quatre ans et demi plus tard, il retourne chez l'avionneur, à Bordeaux-Mérignac, le 24 janvier 1957 pour un chantier de transformation en MD-315 R puis est réceptionné par l'armée de l'Air, le 19 avril 1957. Versé à l'Entrepôt de l'armée de l'Air EAA 601 de Châteaudun, il est transféré à la Snecma pour assurer la mise au point du moteur 12 T. Au total, entre avril et septembre 1957, 25 vols représentant environ 40 heures sont effectués par cinq pilotes du motoriste.



MD-315 R " Flamant " n° 103 propulsé par une paire de Renault 12 T (Auteur).

La décoration de l'avion est sobre : il porte les drapeaux de dérives. Les MD-315 se caractérisent par l'absence de dispositifs de dégivrage - pneumatique ou électrique - sur les bords d'attaque de la voilure et des empennages et la limite de facteur de charge la plus élevée : + 3,5 g au lieu de + 2,5 g.

Le MD-315 R " Flamant " n° 103 est par la suite affecté au Groupe d'Outre-Mer 86 " Grands Ergs " (GOM 86) stationné sur la base aérienne 140 de Blida en Algérie, le 4 septembre 1958 (F-UIGV). Avion d'arme à part entière - il dispose de deux mitrailleuses de 12,7 mm -, il participe aux opérations de maintien de l'ordre en Afrique du Nord (AFN) et mène principalement ses missions dans le sud algérien ; il est accidenté à deux reprises, le 17/02/1961 à Menerville puis le 25 février 1961 à Negrine.

Rapatrié en Métropole, en décembre 1961, il effectue un séjour d'environ cinq mois chez le constructeur Morane-Saulnier, entre le 15 décembre 1961 et le 4 mai 1962, puis est versé à l'EAA 601 de Châteaudun. Début juillet 1962, il est affecté au Groupe Aérien Mixte d'Outre-Mer 83 " Béthune " stationné à Bangui, en République Centrafricaine, puis prêté au Cameroun du 5 juin au 17 octobre 1963. L'appareil est réformé le 5 mars 1964.

Chronologie des vols du Dassault MD-315 n° 103 (Avril à septembre 1957)

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1957	25 vols (n° 1 à 25)	40 h 05	Renault 12 T : ventilation, billage pistons	M. d'Oliveira F. Bourhis R. Daney E. Brihaye L. Gouel



MD-315 " Flamant " n° 6 au CEV (© Coll. J C Fayer)

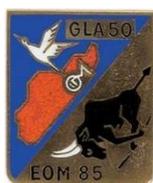
Insignes d'unités.



CEAM



ER 1/33 " Belfort "



GAM 50 " Madagascar "



GAMOM 86 " Grands Ergs "



GAMOM 83 " Béthune "

Notes de fin :

- (1) La société Argus a été fondée en 1904 par Henri Jeannin, Français émigré en Allemagne. Les moteurs Argus, de puissance moyenne, refroidis par air, n'équipèrent des avions de chasse allemands que de manière exceptionnelle avant la seconde guerre mondiale.
- (2) Les moteurs en ligne en V inversé ont été choisis en Allemagne dans la seconde moitié des années 1920 parce qu'ils offraient une meilleure visibilité vers l'avant et vers le bas. A l'époque, ces moteurs ne comportaient guère d'accessoires et leur capot les enveloppait parfaitement. Le V inversé a offert un autre avantage : il éloignait les échappements de l'habitacle, en y réduisant les infiltrations de gaz carbonique et de bruit.
- (3) Groupe moto-propulseur (GMP) : les principales différences entre les types de GMP concernent les câblages électriques avec leurs prises de raccordement sur la cloison pare-feu et les accessoires. De nombreux éléments sont cependant communs aux différents types de GMP, en particulier tous les capotages, à l'exception du plastron avant, les pipes d'échappement et le bâti-moteur.

Remerciements : Mr Daniel François, Régis Ligonnet, Gilbert Millas, Christian Ravel, Jean-Claude Fayer

Ouvrages et documents consultés : Brochures, Notes techniques Snecma

Les De Havilland DH-100 Vampire Mk 5 : bancs d'essais volants de l'inverseur de poussée Bertin (1952 - 1957)

"Le déviateur de jet n'est pas un destructeur de poussée, c'est un inverseur de poussée. Il est au réacteur ce que l'hélice à pas réversible est au moteur à pistons."

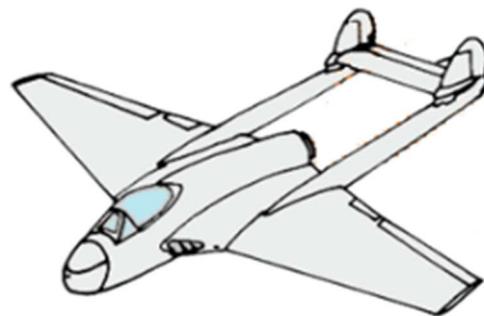
La SNECMA

Inventé par l'ingénieur français Jean Bertin, en 1948, le premier déviateur de jet est essayé l'année suivante au banc à Melun-Villaroche sur un réacteur BMW-003, puis expérimenté en vol sur deux monoplaces De Havilland " Vampire " Mk 5 propulsés par un moteur Goblin II de 13,8 kN, entre 1952 et 1956. Au moment de l'arrêt du programme, les deux appareils avaient totalisé 285 sorties en 179 heures de vol sans incident majeur.

Entre 1950 et 1970, la SNECMA a utilisé pour mener des essais spéciaux de développement (pulsoréacteur, moteur-fusée, inverseur de poussée, etc) une douzaine d'aéronefs : les deux " Vampire " mis à disposition par l'armée de l'Air font partie des bancs volants particuliers.

Le De Havilland DH-100 Vampire

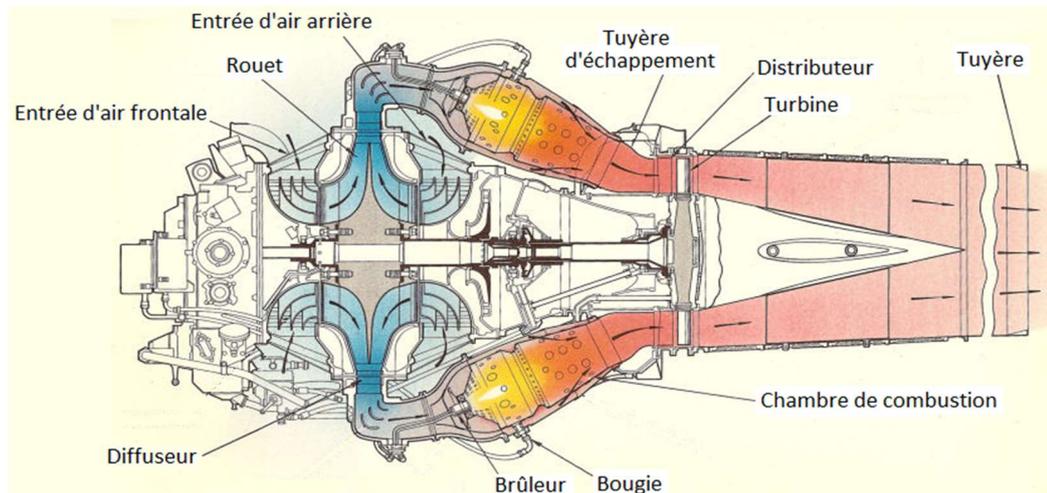
Baptisé initialement " Spider Crab " (araignée de mer), le monoréacteur De Havilland Vampire DH-100 est de construction mixte bois / métal et doté d'une formule bipoutre originale. Mis en service juste après la seconde guerre mondiale, c'est le premier avion à réaction militaire à traverser l'Atlantique et le premier également à pouvoir être utilisé à partir d'un porte avion. Il fut produit à 4500 exemplaires en une trentaine de versions dont une partie sous licence, notamment par la Société Nationale de Construction Aéronautique du Sud-Est (SNCASE), à Marignane. L'armée de l'Air française en utilisa 322 exemplaires dont 292 Mk 5 jusqu'en 1961.



L'avion est équipé d'un réacteur à flux centrifuge Goblin II développant 1 405 kgp conçu et produit par De Havilland. Le compresseur centrifuge comprime l'air absorbé à l'extérieur et canalisé dans les manches internes de l'avion. Cet air est mélangé au carburant injecté par des pompes dans les 16 chambres de combustion. Une fois enflammé, le mélange se détend au travers des aubes de la turbine.

La France reçoit d'abord 30 Vampire F.1 prêtés par la Royal Air Force et 90 Vampire Mk 5 d'occasion, livrés à partir de décembre 1948, auxquels s'ajoutent 67 FB.51 assemblés localement par la SNCASE à partir de pièces fournies par le Royaume-Uni, et 120 autres entièrement construits localement avec des réacteurs Goblin II fabriqués par Hispano-Suiza. Ces 187 avions (numérotés de 10 000 à 10 187) sont fabriqués entre 1950 et 1954, le premier vol d'un Vampire 100 % français ayant lieu le 21 décembre 1950.

Pendant huit ans, entre 1949 et 1957, le Vampire équipa 7 escadres de l'Armée de l'Air. Une quinzaine d'appareils terminent leur carrière comme avions sans pilote téléguidés, utilisés comme cibles ou avions de prélèvement dans le cadre des essais nucléaires, sur la base d'Hammaguir, dans le Sahara algérien.



De Havilland Goblin II
- Coupe longitudinale

Le réacteur De Havilland Goblin II

Désigné à l'origine Halford H-1, le Goblin (Lutin en français) est le second réacteur britannique conçu pendant la seconde guerre mondiale. Tournant pour la première fois au banc en avril 1942, il est du type simple corps. Il comporte un compresseur centrifuge simple face, suivi de 16 chambres de combustion cannulaires, avec une turbine monoétagé travaillant à une température de 790°C.

Au régime maximum de 10 200 tr/mn, le Goblin II absorbe 27 kg d'air par seconde, fournissant une poussée de 13,3 kN, au sol. La consommation s'élève à 1 687 kg/h. Sa masse est de l'ordre de 703 kg.

Comme tous les autres turboréacteurs de première génération, sa conduite est délicate et le pilote doit garder un œil sur le régime moteur et la température tuyère. Sous peine d'éteindre le réacteur, la manette des gaz doit accompagner l'accélération ou la décélération. Le pilote doit anticiper, car dix secondes environ séparent les positions : ralenti - plein gaz, et la course de la manette est longue (presque 30 cm). Mis à part sa conduite, le moteur est l'un des plus fiables au monde, avec un temps entre les révisions de 1 000 heures.

Caractéristiques techniques du De Havilland Goblin II

Poussée : 13,3 kN à 10 200 tr/min

Consommation spécifique : 1,6 kg/kgp/h

Vitesse de rotation : 15 245 tr/mn

Débit d'air : 27 kg/s

Taux de compression : 3.3 : 1

Température entrée turbine (TET) : 790 °C

Masse : 703 kg

Composants :

Compresseur : 1 étage centrifuge

Combustion : 16 chambres

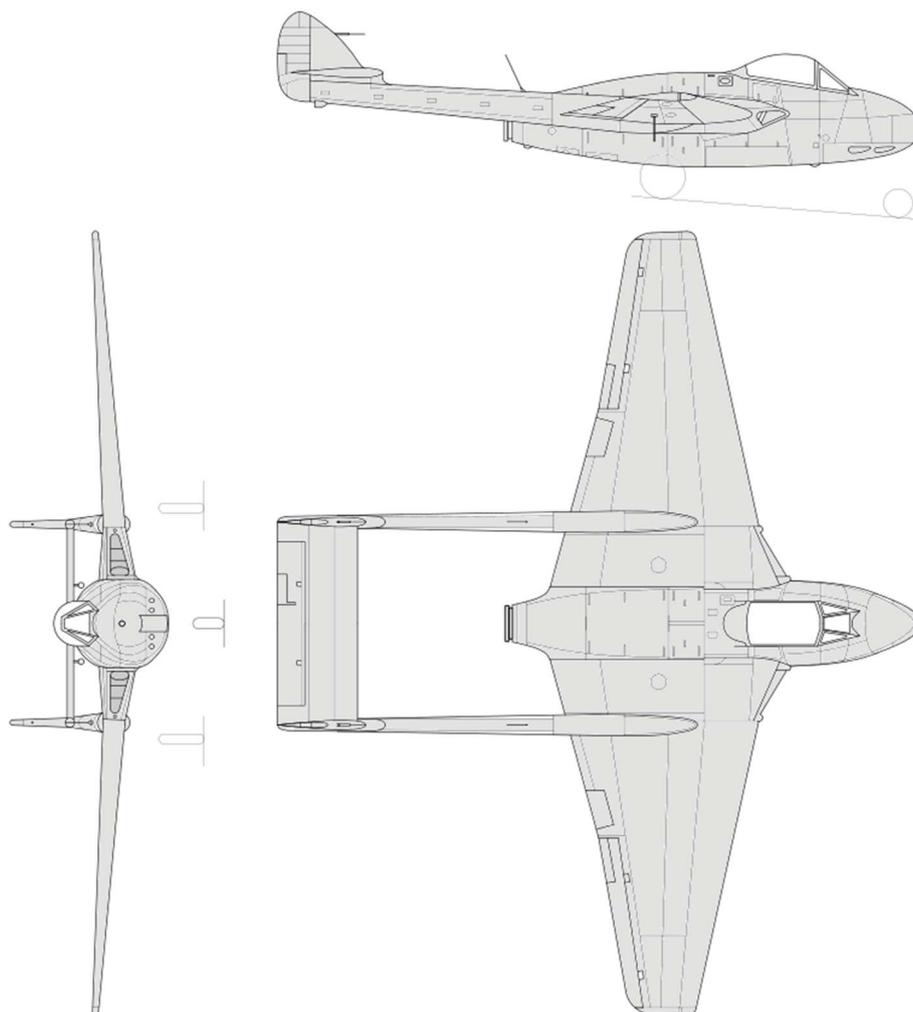
Turbine : 1 étage

Encombrement :

Diamètre maxi : 1 270 mm

Longueur totale : 2 718 mm

Caractéristiques du De Havilland Vampire Mk5



DH Vampire Mk 5 - Plan trois vues. La construction du fuselage fait appel au contreplaqué et au balsa pour compenser la faible puissance du réacteur Goblin.

Caractéristiques générales :

- Envergure : 12,20 m
- Longueur : 9,40 m
- Hauteur : 2,10 m
- Surface alaire : 24,34 m²

Masses :

- A vide : 2 900 kg
- Carburant interne : 1 450 litres
- Maximale (plein interne complet) : 4 750 kg

Performances :

- Vitesse maximale : 455 kt (810 km/h)
- Nombre de Mach critique : 0.72 en palier
- Plafond : 13 410 m (44 000 ft)
- Vitesse de décollage : 90 kt (160 km/h)
- Vitesse d'atterrissage : 105 kt (190 km/h)
- Temps de montée à 8 000 m : 9 min 25

Autonomie :

- 1 heure sur plein interne
- 1 h 30 avec deux réservoirs extérieurs de 450 litres

Commandes et contrôles moteur

Typique des avions anglais de la génération de la fin des années 1940, le poste de pilotage est doté d'instruments de pilotage, de navigation, de contrôle du réacteur et des servitudes hydrauliques et électriques. On dénombre des commandes tels qu'interrupteurs, manipulateurs, inverseurs, boutons, palettes, rhéostats et indicateurs comme les cadrans, " pendules " et voyants lumineux.

Les commandes et contrôles du réacteur sont dispersées sur la banquette gauche, la planche de bord et le pylône central.

Dans le cas des deux Vampire expérimentaux, le pilote dispose : en mode normal, d'une commande d'activation / désactivation en fait un basculeur placé sur la manette des gaz et en mode secours d'une commande d'escamotage.

Le temps déploiement du déviateur de jet est de 1,4 seconde et celui d'escamotage de 3 secondes.

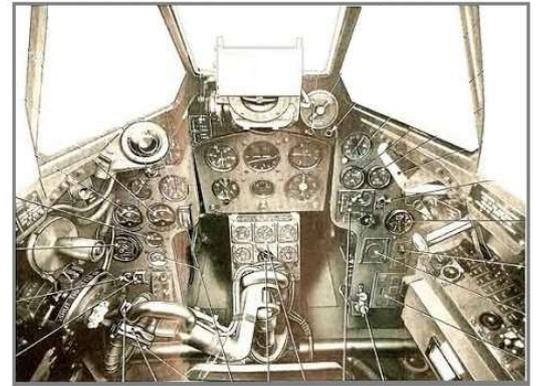


Planche de bord du DH-100 Vampire Mk 5

Le déviateur de jet

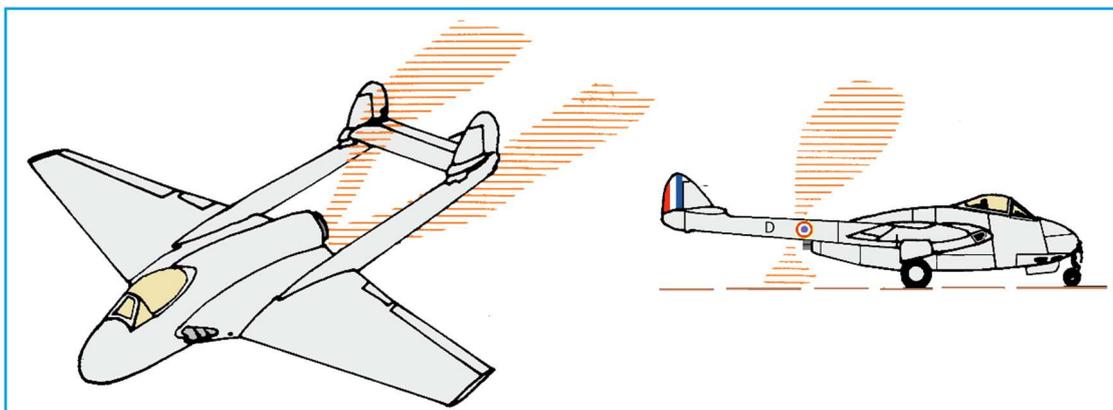
Introduction

Avec l'inverseur de poussée, ou déviateur de jet, la SNECMA a été la première à apporter une réelle solution au problème du freinage des avions à réaction.

Ces derniers, progressivement devenus lourds et rapides, nécessitaient des pistes de plus en plus longues. La mise en service de ce procédé, a permis de freiner la vitesse de ces appareils sur des distances beaucoup plus courtes, et cela même sur des pistes verglacées.

Grâce à l'inverseur de poussée, le freinage des avions devient possible aussi bien au sol qu'en vol.

Au sol, il assure dès le touché des roues un freinage efficace sans faire encaisser la totalité des efforts au train d'atterrissage. En vol, il assiste les aérofreins, voire les remplace (Douglas DC-8, Concorde mais sur les moteurs internes des deux prototypes 001 et 002). Il assure également des taux de descente accentués qui permettent : de diminuer le temps de vol, de réduire la consommation de carburant, d'augmenter la précision d'atterrissage.



Pour éviter de chauffer les deux poutres, le jet est dévié en deux nappes symétriques par rapport au plan horizontal et qui sont parfaitement équilibrées pour que la contre-poussée passe par l'axe du réacteur sans introduire de

moment perturbateur tendant à faire piquer ou cabrer l'avion lors de l'usage de la déviation de jet.

Principe

L'inversion de poussée est obtenue en déviant pneumatiquement ou mécaniquement les gaz d'éjection du réacteur vers une grille d'aubes circulaire, fixe ou rétractable. Celle-ci est placée juste en amont de la tuyère d'éjection.

Projetés dans cette grille, les gaz sont déviés d'un angle tel, qu'ils sont finalement rejetés vers l'avant provoquant un freinage aérodynamique.

Procédé retenu

Le procédé retenu par la SNECMA est du type mécanique. Il est installé à la partie arrière du réacteur pour en contrôler le jet de sortie. Il est composé de deux lames verticales et de grilles d'aubes circulaires.

En jet direct, le dispositif est en position d'attente, lames dirigées dans le sens de l'écoulement. L'inversion de poussée est obtenue en faisant pivoter les lames à 90° pour leur faire face au jet. Elles forment alors un blocage central, et une partie des gaz est projetée vers les grilles d'aubes circulaires qui par leur calage angulaire renvoient les gaz vers l'avant provoquant ainsi l'inversions de poussée.

Entre 1952 et 1956, deux types de tuyères de déviation sont successivement expérimentées : celle à grille détachable (Type D) ou fixe et celle à grille rétractable (Type R).

Grille détachable. Solution la plus simple et ne nécessitant pas de prélèvement spécial d'air sur le compresseur, le déviateur à grille détachable comporte : un cône d'éjection, une tuyère, une couronne support de grille et une grille détachable de 14 aubes (diamètre intérieur 508 mm, largeur 24 mm et pas de 16 mm).

L'intercepteur placé dans l'axe de la tuyère comprend deux fentes horizontales qui laissent passer le jet de soufflage. Celui-ci dévie les gaz d'éjection du réacteur vers les bords, supérieur et inférieur, de la tuyère. Les aubes directrices de la grille rapportée à la suite de la tuyère dévient à leur tour mécaniquement le jet en deux nappes n'atteignant pas les poutres du Vampire. Lorsque le jet intercepteur interne n'est pas en action, les gaz suivent leur ligne normale, sans toucher aux aubes extérieures.

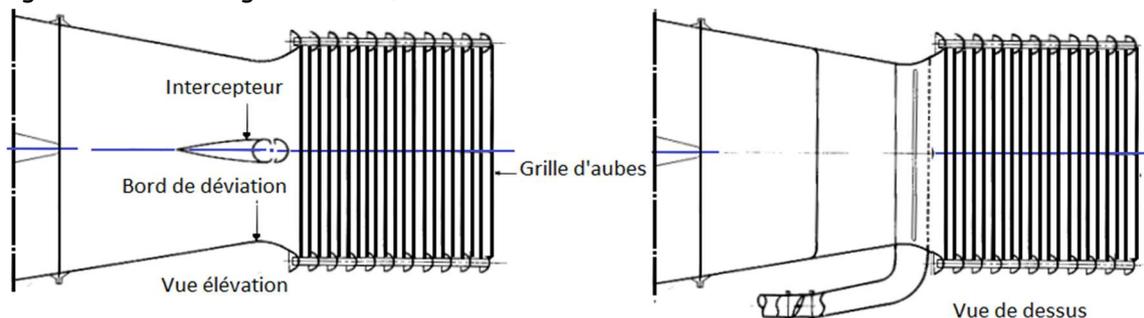


Schéma du déviateur de jet à grille détachable (Type D) étudié pour le réacteur De Havilland Goblin II propulsant le Vampire expérimental. Le jet, dévié par soufflage, s'échappe par deux fentes supérieure et inférieure.

Caractéristiques du déviateur à grille détachable (Type D) ou fixe :

Contre-poussée : 20 %

Pertes en régime direct : 4 %

Supplément de masse : 3 à 4 %.

Grille rétractable. De plus grande efficacité, la grille de déviation escamotable comporte une glissière constituée d'un chemin de roulement à billes. Elle rentre sous capot par une translation parallèle à l'axe du réacteur.

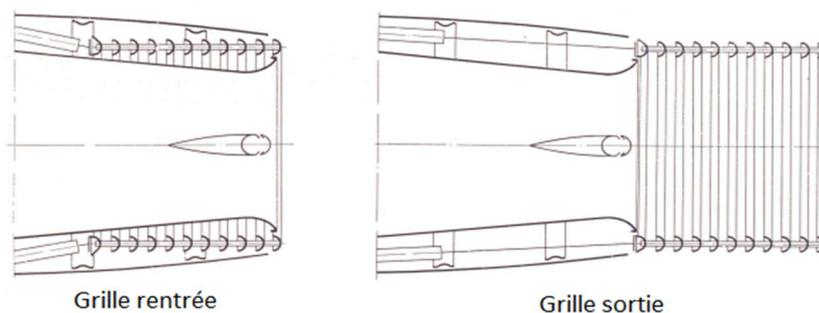


Schéma du déviateur de jet à grille rétractable (Type R) étudié pour le réacteur De Havilland Goblin II propulsant le Vampire expérimental. L'avion peut voler avec la grille sortie, mais alors la perte de poussée, bien que légère, est accrue.

Caractéristiques du déviateur à grille rétractable (Type R) :

Contre-poussée : 20 %

Pertes en régime direct (grille rentrée) : 2 %

Supplément de masse : 5 à 6 %.

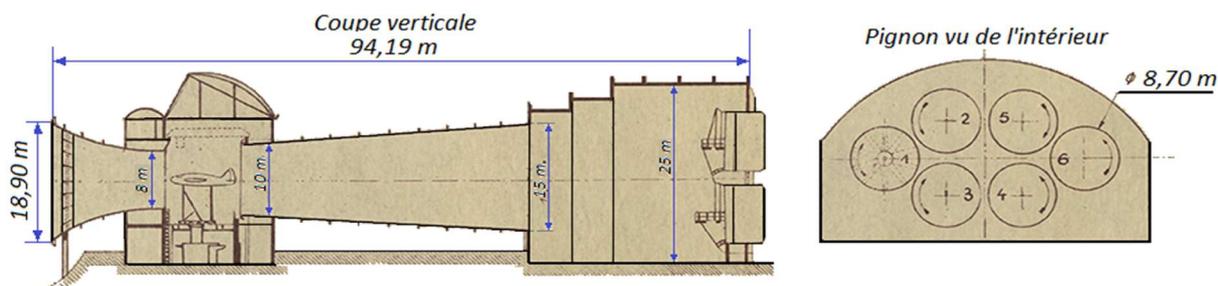
Le Vampire n° 10119 Code "D" F-ZWSD (Février 1952 à 1957)

Construit en novembre 1951, le De Havilland Vampire Mk 5 n° 10 119 est mis à la disposition de la SNECMA où il va effectuer la quasi-totalité de sa carrière.

Essais au banc et en soufflerie. La mesure des performances au banc du réacteur Goblin 2 permet de quantifier les pertes dues à la présence du déviateur de jet qui s'élèvent à 1,3 %, le taux de contre-poussée de 20 % sans limitation de vitesse de rotation et les temps de réponse du déviateur (de l'ordre de 2 secondes). De même, sont étudiés : l'influence du nombre d'aubes de la grille, le rapport du diamètre de sortie de la tuyère au diamètre intérieur des grilles d'aubes, le pas et la hauteur des aubes.

En général, la vitesse du jet est de l'ordre de 500 m/s et sa température de 700 °C. En vol, la vitesse du jet est encore plus grande, mais la déviation reste efficace.

En parallèle de ces essais au banc, durant l'hiver 1951 -1952, un De Havilland Vampire Mk 5 complètement équipé (n° 10050) est testé dans la grande soufflerie S3Ch de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) à Chalais-Meudon afin d'étudier la sécurité d'emploi et la manœuvrabilité à l'atterrissage mais surtout les interférences éventuelles entre le jet sortant de la tuyère du réacteur et l'empennage voire altère le revêtement des poutres. La soufflerie permet d'étudier précisément les vitesses correspondant à l'approche et à l'atterrissage. C'était la première fois qu'en France que l'on essayait en soufflerie avec réacteur en marche.



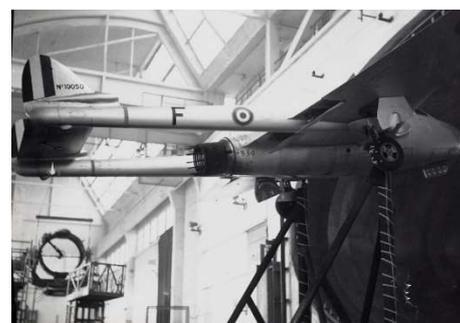
Grande soufflerie S3Ch de l'ONERA à Chalais-Meudon. L'expérimentation porte essentiellement sur les basses vitesses.



De Havilland Vampire Mk 5 n° 10050



codé F dans la grande soufflerie



de l'ONERA à Chalais-Meudon

Chantier de modifications. En fin février 1952, l'appareil est livré au service des essais en vol à Villaroche puis, pendant environ quatre mois, il est en chantier pour adapter le déviateur de jet à grille détachable sur le moteur Goblin II et intégrer l'installation d'essai (IE).

Les principales modifications portent sur : le montage d'un cône de tuyère, le remplacement du capot arrière par un capot de section de sortie augmentée, le montage des moteurs électriques de manœuvre des obstacles avec leur câblage, la commande au poste pilote et le répéteur de position, l'application d'une peinture résistant aux hautes températures sur les deux capots centraux et l'adjonction d'un lest pour rétablir le centrage. Quelques modifications annexes, pour les premiers vols, concernent le montage de poulies de commandes de vol, l'étanchéité au passage des commandes et le montage de sabots de queue de 230 mm (70 mm en série). Au final, aucun renforcement de la cellule n'est nécessaire.

L'installation d'essai assure le contrôle du refroidissement dans les compartiments réacteur (avant et arrière) et la soute armement, le contrôle des pressions de l'écoulement sous fuselage, l'enregistrement

permanent des paramètres (base de temps, pressions statique et totale, températures, position du manche, régime réacteur, position des obstacles, consommation carburant, tops pilote).

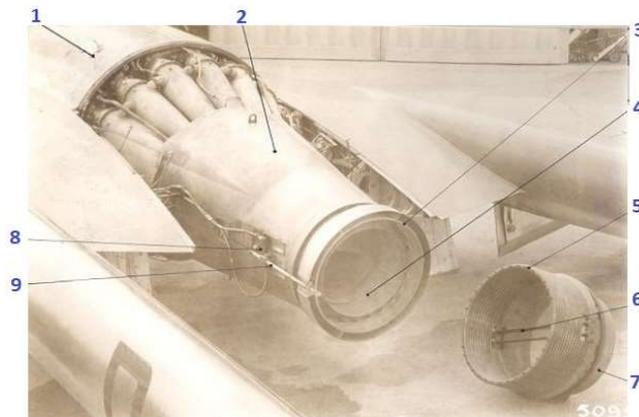
Avec l'intégration du déviateur de jet (28 kg), du lest (27,4 kg) placé dans le nez de l'avion, du grossissement de la partie arrière du fuselage et de l'installation des équipements de mesure (enregistreur Hussenot-Beaudoin HB de type A-15), la masse totale de l'avion croit de 185 kg. Ultérieurement elle sera réduite à 73 kg. En ligne de vol, l'avion a une masse de 4 718 kg avec un centre de gravité (CG) à 182 mm en arrière du point de référence.

De Havilland Vampire Mk 5 n° 10119 -

Vue intérieure grille démontée (obstacles en direct).

1. Ouïe supérieure gauche
2. Corset de refroidissement
3. Anneau support de grille
4. Trompe
5. Grille
6. Obstacle
7. Bord de déviation
8. Commandes des obstacles : Normal / Secours

La grille peut être déposée ou remontée en moins de 3 minutes, même réacteur chaud. (© Espace Patrimoine Safran)



Roulages au sol. Au début du mois de juillet il débute des essais de freinage sur piste puis exécute son premier vol, mais sans son système de déviation de jet. Le début du programme comporte des essais de roulement au sol à des vitesses croissantes, avec freinage par le déviateur. Mais le 15 juillet, lors d'un test réalisé au voisinage de la vitesse d'envol, une rafale de vent soulève l'avion à 3 ou 4 mètres du sol. Le pilote, Léon Gouel voyant arriver le bout de la piste pressent qu'il ne pourra pas s'arrêter en temps utile par le freinage normal. Plutôt que de tenter un tour de piste dans des conditions limites, il choisit l'arrêt du Vampire avec le déviateur au maximum... et l'avion reprend contact sans dommage avec le sol et s'arrête un peu plus loin.

Essais en vol. Léon Gouel effectue le véritable premier vol d'essai qui se déroule le 26 juillet 1952 : pour la première fois dans le monde un avion à réaction effectue un vol complet terminé par un atterrissage freiné par déviation de jet. Sans user des freins, le Vampire s'arrête en 300 m au lieu des 800 à 1 000 m habituels avec une inversion de 12 à 15 % seulement de la poussée.

Ce vol inaugural signe le début de la campagne d'expérimentation menée avec le déploiement en vol du déviateur avec un réacteur fonctionnant à plein régime (décélération fut de 0.3 g), de freinages en piqué jusqu'au Mach limite (0.78 à 30 000 ft), d'approches de terrains avec des pentes de descente trois à quatre fois supérieures à la normale et d'atterrissages avec déviateur.

Afin de démontrer la sécurité d'emploi et l'efficacité de la déviation aux hautes vitesses, une campagne d'essais de qualification est menée avec l'appareil au cours de l'hiver 1952 - 1953 dans la veine de la soufflerie subsonique S1MA de l'Onéra à Modane-Avrieux. Tout se déroule correctement, excepté au cours d'une séance où le déviateur de jet fonctionne trop longtemps et le Vampire commence à prendre feu.

Un an plus tard, le 4 juillet 1953, le Vampire Mk 5 n° 10119 est présenté pour la première fois au public lors du salon de l'aéronautique du Bourget avec notamment une démonstration de recul de l'avion, en marche arrière. Cette démonstration est l'un des clous de la journée de clôture du Salon et, pour marquer les performances de l'appareil, est faite en parallèle avec un second Vampire Mk 5 au standard de série.



De Havilland Vampire Mk 5 n° 10119 codé D - Melun-Villaroche (1953) en configuration volets sortis. Le monoréacteur est dépourvu de siège éjectable et de dispositif de rallumage vol. La mise en œuvre du déviateur est réalisée avec une commande électrique et la visualisation est assurée avec un indicateur de position gradué de 0 à 10. (© Espace Patrimoine Safran)

A l'été 1954, le programme franchi le cap des 300 atterrissages avec déviation de jet, sans incident grave. Tous ces atterrissages ont été effectués avec une seule série de pneumatiques. Ceci correspond au double de la durée de vie normale des pneus du Vampire.

Le seul incident sérieux est celui dont est victime André Turcat, alors au CEV de Brétigny-sur-Orge. Au cours d'un essai en vol mené par le célèbre pilote d'essais, lors d'une simulation de prise de terrain sous forte pente, la commande d'escamotage des volets de freinage reste inopérante. L'action sur la rentrée secours ne fonctionne pas initialement alors que l'appareil est à une altitude de 100 ft (30 m) à la vitesse minimale de 105 kt (190 km/h) : le dispositif d'inversion en mode secours fonctionne qu'après 8 secondes au lieu des 3 secondes spécifiées. Au cours de cette première campagne d'essais, seul deux réacteurs Goblin II sont montés, les n° 5246 et 5515.

A partir de l'automne 1954, la campagne d'essais se déroule avec le montage du déviateur de jet à grille rétractable qui comporte maintenant deux obstacles en forme de paupières verticales. Elles s'escamotent en jet direct pour ne pas gêner le fonctionnement du réacteur et se ferment dans le jet en position inversée. Ce nouveau déviateur de jet de plus grande efficacité permet au " Vampire " de s'immobiliser en 270 mètres à l'atterrissage. Sans déviateur, ce même avion d'une masse de 4 tonnes environ, et, avec le même freinage appliqué aux roues s'arrête normalement sur 700 ou 800 m. De plus, sans utiliser les freins de roues, mais avec le déviateur, l'avion s'arrête en 560 m environ, c'est-à-dire avec une course moindre que l'avion normal sans déviateur.

En juin 1955, il est une seconde fois présenté au salon de l'aéronautique du Bourget. L'année suivante, en octobre, et à quinze jours d'écart, le Vampire est victime de deux accidents avec une roue avant cassée.

Au moment de sa réforme, en octobre 1957, le Vampire Mk 5 n° 10 119 avait effectué 252 vols correspondant à 154 heures 20.

Chronologie des vols du " Vampire " Mk 5 n° 10119 F-ZWSD (Février 1952 - Août 1956)

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1952	61 vols (n° 1 à 61)	21 h 45	Déviation de jet	E. Brihaye, L. Gouel, A. Morel Loubet (CEAM) ; Ladousse, Marias (CEV)
1953	90 vols (n° 62 à 151)	63 h 45	Déviateur à striction	F. Bourhis, R. Daney, L. Gouel, A. Morel Grigaut, Brognan, Blanc, Loubet, Tourangin, Receveau (CEAM) ; Rueyref (EMGA)
1954	66 vols (n° 152 à 217)	52 h 00	Performances, reverse Freinage par déviateur de jet en piqué au Mach limite (1) Refroidissement du compartiment réacteur et soute armement	F. Bourhis R. Daney L. Gouel A. Morel
1955	33 vols (n° 218 à 250)	15 h 45	Déviation à grilles rétractables	F. Bourhis, R. Daney L. Gouel, A. Morel
1956	2 vols (n° 251 à 252)	0 h 50	Déviation à grilles rétractables	F. Bourhis

(1) Le Vampire Mk 5 est limité à Mach 0.76 à 5 000 ft (Mach 0.78 à 30 000 ft) par les phénomènes de compressibilité qui provoquent de fortes vibrations, un recul du manche puis un mouvement en piqué.



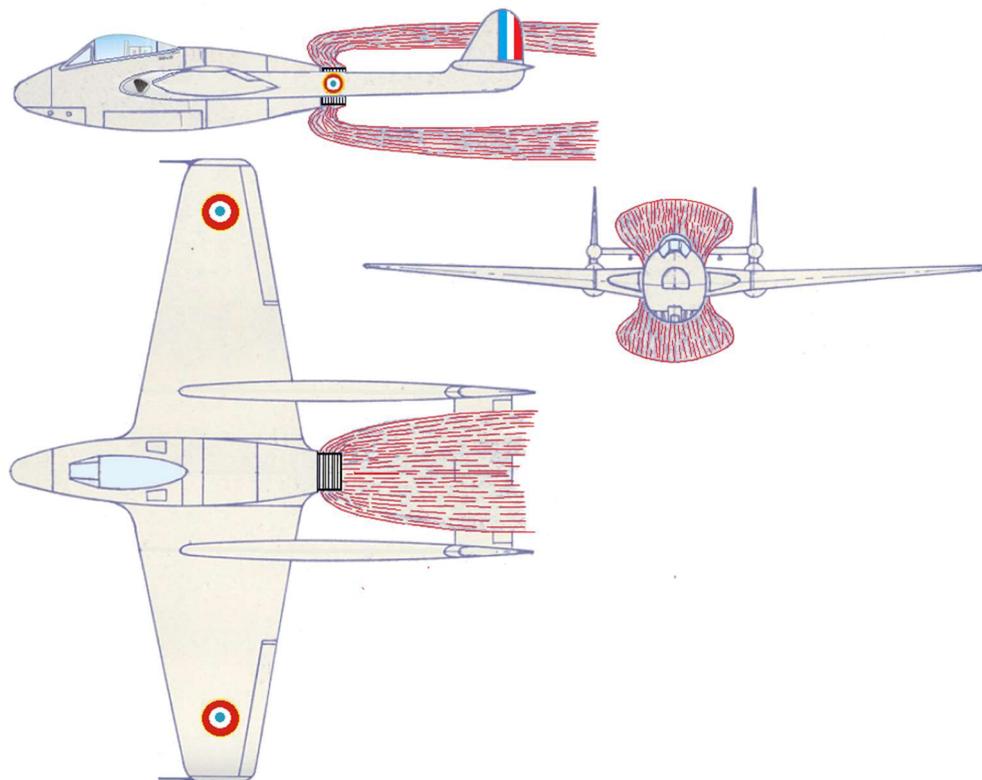
De Havilland Vampire Mk 5 n° 10119 codé D - Melun-Villaroche (1953) en configuration volets sortis.

La gamme de numérotation des 187 Vampire Mk 5 vient de la contraction de " DH.100 n° xx ".

De Havilland Vampire Mk 5 -
Spectre du jet dévié.
Le diamètre du jet est de
410 mm.

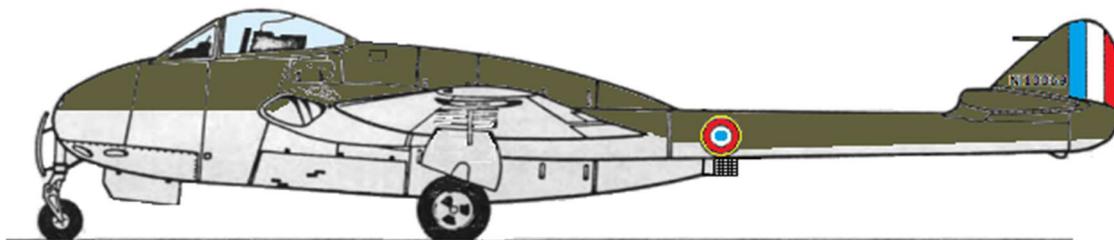
Différents modèles de
déviateurs de jet sont
expérimentés : à aile diamétrale,
striction-déviator, double
trompe à grille détachable,
double trompe à grille
rétractable,

Compte tenu de certaines
perturbations résultant de la
forme particulière du Vampire, le
déviateur est utilisable de
Mach = 0 à Mach = 0.78.
La décélération est d'environ
0.2 g à Z = 4 600 m, quelle que
soit la vitesse.



Le Vampire n° 10069 (1951 -1961)

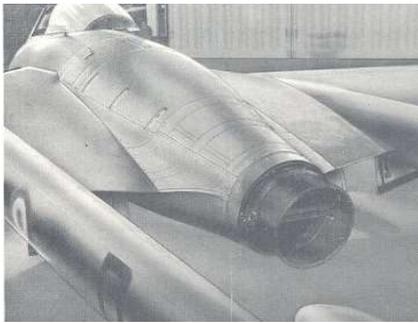
Sorti de chaîne d'assemblage de la SNCASE de Marignane, en début février 1951, il réalise son premier vol de réception avec Jacques Lecarme 15 février suivant. Le De Havilland Vampire Mk 5 n° 10 069 est ensuite livré au CEV. Un an plus tard, en février 1952, il est affecté à l'EC 2/7 " Nice " codé 7-CK stationné sur la Base aérienne 156 de Bizerte Sidi Ahmed (Tunisie). Tous les Vampire Mk 5 de la 7^{ème} Escadre de Bizerte-Sidi Ahmed sont des " grenouilles ", appelés ainsi en raison de leur camouflage d'usine en gris et vert (sans la séparation estompée des premiers modèles de la série). Sur le nez, devant la lettre du code, il arbore l'insigne composite des deux escadrilles de l'unité. Les SE-532 Mistral remplaçant les Vampire au 2/7 à partir de janvier 1953, le 10069 est convoyé à l'Entrepôt de l'armée de l'Air (EAA 601) de Châteaudun.



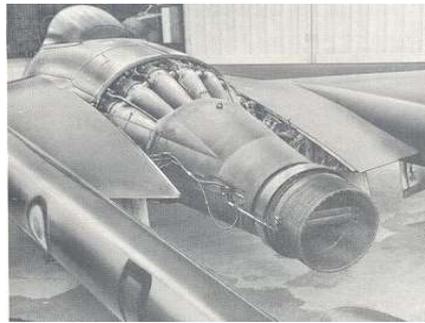
De Havilland Vampire Mk 5 n° 10069 (Juillet 1954) avec la livrée dite " grenouille "

En décembre 1953, immatriculé F-ZJNJ, le monoréacteur est mis à disposition de la SNECMA comme banc d'essai volant du déviateur de jet. Entre cette date et jusqu'en août 1956, l'appareil procède à des essais de déviation et de striction à grandes vitesses (360 à 420 kt). Au total, 33 vols sont effectués soit environ 25 heures. Au cours du 28^{ème} vol, il est accidenté à l'atterrissage le 12 juillet 1954, avec Auguste Morel aux commandes.

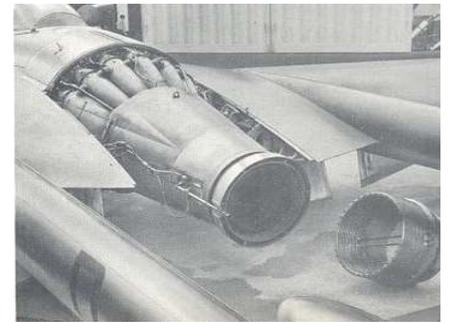
L'ordre d'essai prévoit un atterrissage en déviation à un régime réacteur de 9 200 tr/mn. L'essai est effectué normalement en utilisant la déviation à partir de 9 200 tr/mn maxi et les obstacles, entre 0 et 2,5 au répéteur de position, et en présentation train sorti verrouillé. En pleine ouverture, les obstacles sont à 10. L'appareil se pose vers 115 kt (213 km/h), manche au tableau après contact avec la piste. La déviation totale est ensuite activée, l'appareil quitte alors le sol (2 à 3 m), bien que le manche soit conservé plein avant avec une assiette avion sensiblement constante. L'avion est reposé sans brutalité mais au cours du roulement de fin d'atterrissage la jambe de train avant s'efface. La réponse anormale de l'appareil à la mise en déviation ne peut expliquer la rupture du compas de jambe de train avant.



Déviateur à grille détachable montée en direct



Déviateur à grille détachable montée en dévié



Déviateur à grille détachable démontée (attache rapide)

Cédé au CEV, en août 1956, l'avion muni de son déviateur de jet est testé en soufflerie à Modane-Avrieux. Stocké jusqu'en avril 1958 à l'Entrepôt de l'armée de l'Air (EAA 601) de Châteaudun, il revient au CEV à Brétigny-sur-Orge avec l'immatriculation F-SDLG (qu'il conservera tout le reste de sa carrière).

En mars 1959 il effectue trois vols puis est convoyé, le mois suivant avec un pilote-convoyeur au Centre Inter-armées d'Essais d'Engins Spéciaux CIEES 343 à Colomb-Béchar. Il en revient le 15 juin pour être converti en avion-cible c'est-à-dire équipé en télépilotage par à l'Atelier de l'Air Industriel (AIA) de Clermont-Ferrand Aulnat.

L'opération consiste à installer des servomécanismes électriques pour actionner les gouvernes et la manette des gaz, et des électrovannes pour la manœuvre du train d'atterrissage, les volets et les aérofreins. La télécommande est utilisée en association avec le pilotage automatique (PA) qui assure le vol stabilisé et reçoit les ordres de cap, d'altitude et de vitesse destinés à assurer le télépilotage. Les différentes commandes sont actionnées depuis le sol, par télécommande mais aussi, en vol, depuis un autre appareil du même type. Un pilote devant une console au sol qui reproduit le tableau de bord de l'avion, pilote celui-ci à distance. Le Vampire pouvant être cependant reconfiguré avec un pilote à bord. Le monoréacteur peut être à la fois " avions-cible " un jour et - s'il n'a pas été abattu - guideur de cibles le lendemain !

Au début janvier 1960 il est de nouveau à Brétigny-sur-Orge puis affecté à Cazaux pendant trois mois et demi pour tester sa télécommande. Il revient à Brétigny début mai 1960, où il reste jusqu'en fin octobre. Convoyé à Colomb-Béchar, en Algérie, il est détruit le 15 novembre 1960, suite à une perte de contrôle par son avion-guide pendant une mission de familiarisation d'un pilote de " Mistral " (le modèle largement employé au Centre Interarmées d'Essais d'Engins Spéciaux, CIEES 341, comme " télépiloté-télépiloteur ").

Le n° 10069 est réformé par l'Armée de l'air le 7 avril 1961. Son nombre d'heures de vol est inconnu.



De Havilland Vampire Mk 5 n° 10069 peu après son accident le 12 Juillet 1954. A ce jour, c'est la seule photo connue de l'avion.

Chronologie des vols du " Vampire " Mk 5 n° 10069 (Décembre 1953 - Août 1954)

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1953	1 vol (n° 1)	0 h 40	Déviation	A. Morel
1954	32 vols (n° 2 à 33)	24 h 00	Déviation Striction à grandes vitesses : 360 à 420 kt (667 à 778 km/h). Atterrissage, montée à 37 000 ft, paliers, contrôle température en déviation de jet	F. Bourhis R. Daney L. Gouel A. Morel

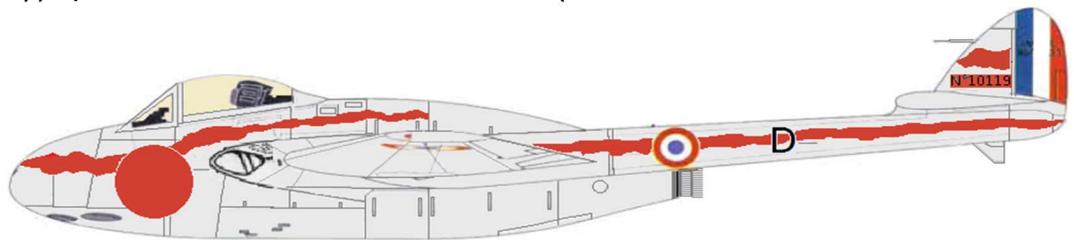
Nota : aucun vol n'est recensé en 1955 - 1956 excepté celui au Salon de l'Aéronautique du Bourget, en juin 1955.

Décoration et marquages

Au cours de leur carrière, les deux appareils porteront deux livrées, vert foncé sur les surfaces supérieures et couleur aluminium naturel sur les surfaces inférieures. Les deux avions conservent les traditionnelles cocardes tricolores à liseré jaune, marques habituelles de nationalité, apposées aux extrémités d'ailes, intrados et extrados, ainsi que sur les côtés extérieurs des poutres. Les gouvernes de direction sont agrémentées du drapeau tricolore marqué du constructeur, du type d'avion " **SNCASE - VAMPIRE** " et de son n° de série N° (10069 ou 10119)

A noter que, pour faciliter l'enregistrement cinématographique des essais, à partir de 1953, le Vampire n° 10119 porte une décoration spécifique pour son repérage sous tous les angles : disque à l'avant et surlignage du numéro-constructeur orange day-glo, intérieur des poutres noir, bandes de peinture orange appliquées au pistolet sur le haut du fuselage, les extérieurs des poutres et le haut de la dérive. La partie de l'extrados entre le fuselage et les poutres et englobant le bord d'attaque et les entrées d'air sont de couleur orange avec la dernière lettre " D " de son immatriculation de l'indicatif OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) et appliquée sur les deux côtés extérieurs des poutres.

De Havilland Vampire n° 10119 codé " D " (F-ZWSD) équipé du déviateur de jet Bertin-SNECMA. Le Mk 5 se



caractérise par ses entrées d'air arrondies et cloisonnées et ses aérofreins ajourés. (1953)

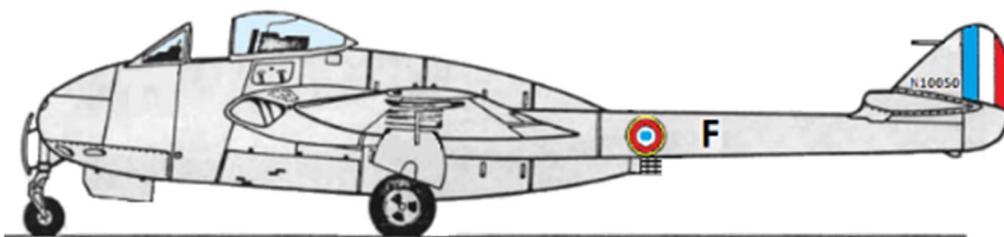
Bilan

Dès 1948, la SNECMA a abordé le problème de l'inversion du jet d'un turboréacteur afin de produire un effort de freinage énergique indépendant de la structure de l'avion et des conditions de vol : vitesse, altitude, phase d'approche, prise de terrain, roulement au sol.

Pendant cinq ans les deux De Havilland DH-100 Vampire Mk 5 ont participé activement à la mise au point de dispositif de déviation de jet en réalisant 285 sorties en 179 heures de vol, sans incident majeur.

Les résultats furent très satisfaisants car la répartition de l'écoulement du jet dévié autour de la structure de l'appareil était sans influence sur les gouvernes, sauf un léger couple sur la gouverne de profondeur.

Au départ, application purement militaire, inventé par l'ingénieur Jean Bertin, ce dispositif est devenu d'un usage courant à partir des années 1960 dans l'aviation commerciale.



De Havilland Vampire n° 10050 codé " F " (Décembre 1951). Il est pris en compte le 25 novembre 1950, mais avant sa livraison à l'Armée de l'air, l'appareil a été convoyé de Marignane à Paris sous immatriculation civile (dont on ne connaît que la dernière lettre " F ") pour essais dans la soufflerie de l'ONERA à Chalais-Meudon.

L'appareil connu une courte carrière opérationnelle : accidenté en mars 1955 à la suite d'une collision avec une cigogne, il se pose en campagne. Ré-accidenté en octobre 1956, il est réformé deux mois plus tard.

Etapes clefs

1949 Décembre - Premier essais du déviateur de jet, au banc à Villaroche, sur le réacteur BMW-003 n° 387.572 de 800 kgp, avec une déviation de poussée s'étageant de 300 à 800 kgp et un débit-masse de 7 à 17 kg/s. Les essais, menés jusqu'en juillet 1951, sont pleinement réussis, d'abord avec un dispositif à obstacle, puis avec soufflage sans aucune pièce mobile.

1951 Eté - Premiers essais au banc du réacteur De Havilland Goblin II de 13,8 kN muni de son déviateur de jet Bertin à grilles circulaires

1951 Novembre - Décembre - Expérimentation grandeur nature d'un De Havilland Vampire Mk 5 (n° 10050 codé F) dans la grande soufflerie S3Ch de l'Onéra à Chalais-Meudon afin d'étudier le comportement de la cellule, les interférences entre le jet sortant de la tuyère du réacteur et l'empennage, la sécurité d'emploi et la manœuvrabilité à l'atterrissage.

1952 - 1953 Hiver - Campagne d'essais de qualification avant le vol du Vampire Mk 5 n° 10119 dans la veine de la soufflerie subsonique S1MA de l'Onéra de Modane-Avrieux : démonstration de la sécurité d'emploi et l'efficacité de la déviation aux hautes vitesses.

1952 Février - Livraison au service des essais en vol SNECMA de Melun-Villaroche du Vampire Mk 5 n° 10119

1952 Juillet - Premier vol, le 7 juillet, du Vampire Mk 5 sans son système de déviation de jet suivi par des essais de roulement au sol à des vitesses croissantes, avec freinage par le déviateur

1952 Juillet - Essais de roulement au sol, le 11 juillet, du Vampire Mk 5 n° 10119 Code " D " (F-ZWSD) avec mise en action du système de déviation de jet

1952 Juillet - Premier vol, le 26 juillet, du Vampire Mk 5 n° 10119 : pour la première fois dans le monde un avion à réaction effectue un vol complet terminé par un atterrissage freiné par déviation de jet. Sans user des freins, le Vampire s'arrête en 500 m au lieu des 800 à 1 000 m habituels.

1953 Juillet - Première présentation publique, le 4 juillet, du déviateur de jet avec démonstration en vol et à l'atterrissage au salon de l'aéronautique du Bourget monté sur le Vampire Mk 5 n° 10119

1953 Décembre - Premier vol du Vampire Mk 5 n° 10 069 (F-SDLG) avec Auguste Morel aux commandes

1953 Automne - Campagne d'essais de vérification des performances jusqu'à mach 0,75 et de l'échauffement excessif du réacteur avec le Vampire Mk 5 n° 10069 dans la soufflerie subsonique S1MA de l'Onéra de Modane-Avrieux

1954 Avril - Cession de la licence à l'étranger du déviateur de jet : Aerojet General Company, aux USA, et Bristol Aeroplane Company en Grande-Bretagne.

1954 Avril - Freinage par déviateur en piqué au Mach limite (Vampire Mk 5 n° 10119), le 27 avril. Franchissement du cap des 300 atterrissages, sans incident grave, avec déviation de jet.

1954 Juillet - Fin des essais de performances avec le Vampire Mk 5 n° 10 119 équipé d'un déviateur à grille détachable (180 vols effectués). Accident du Vampire Mk 5 n° 10 069 (F-SDLG) : rupture du train avant lors de l'atterrissage (Auguste Morel). Arrêt des vols de l'appareil : 33 vols effectués soit 24 heures 40 minutes.

1955 Juin. Présentation publique du Vampire Mk 5 n° 10119 au salon de l'aéronautique du Bourget.

1956 Automne - Campagne d'essais du Vampire Mk 5 n° 10069 dans la soufflerie subsonique S1MA de l'Onéra de Modane-Avrieux

1956 Octobre - Incident Vampire Mk 5 n° 10119 : roue avant cassée. Arrêt des vols de l'appareil : 252 vols effectués soit environ 154 heures 20 minutes.

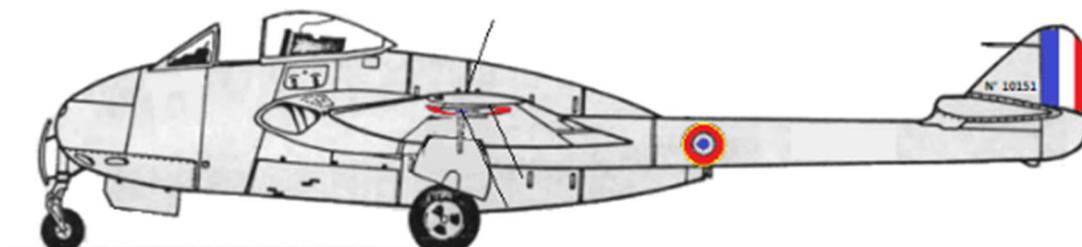
Remerciements : grand merci à tous ceux qui m'ont aidé et notamment à l'AEVS (Mr Daniel François) qui m'a ouvert ses archives, Mr Patrick Vinot Préfontaine, Mr Josef Vebr, Mr Régis Ligonet, Mr Dominique Prot de l'Espace Patrimoine Safran, Mr Pierre Mouton

Bibliographie : Publications internes SNECMA : Turbo courrier, SNECMA Journal. Aviation magazine n° 96 et 789. L'Atar et tous les autres moteurs à réaction français - Alfred Bodemer et Robert Laugier - Edition J.D. REDER (1996). Ouvrage collectif d'anciens ingénieurs de la SNECMA " A propos de l'Atar - Burovit Octobre 1996 ". Documents techniques SNECMA : Déviateurs de jet SNECMA, Le déviateur de jet ou inverseur de poussée SNECMA, Rapport d'essai n° 200 du 15 septembre 1954. Vampire et Mistral français - Tome 1 par Sébastien Guillemain, Claude Petit et Patrick Vinot Préfontaine Editions LeLa Presse. Revue Les Ailes.

Photographies : sauf mention contraire toutes les photographies sont extraites de l'Espace Patrimoine Safran.

Annexe : les De Havilland DH-100 Vampire avions-cibles

Au milieu des années 1950 est lancé un programme d'avions-cibles destiné d'une part l'entraînement des pilotes et d'autre part aux essais des premiers " engins spéciaux " ou missiles air-air à guidage automatique par radar et basé sur la reconversion de De Havilland Vampire et Mistral alors disponibles en raison de leur retrait de première ligne. Délestés du pilote et de l'armement, les monoréacteurs constituent des cibles rapides et très maniables.



De Havilland Vampire Mk 5 n° 10151 télépiloté SDTA 332 - Colomb-Béchar (1960)
(SDTA = Sous-Direction Tactique Air, cellule du CEAM)

Quatre appareils de développement Mk 1 modifiés par Sud-Aviation et peints en blanc, baptisés d'Artagnan, Athos, Porthos et Aramis, sont utilisés pour les essais de mise au point à partir de juillet 1957. Déclaré opérationnel en octobre 1957, un chantier de conversion est engagé deux ans plus tard par l'AIA de Clermont-Ferrand, spécialisé dans les chantiers d'avions spéciaux. Connu sous le nom de chantier " avion télécommandé ", il porte sur 34 appareils dont 11 cellules de DH-100 " Vampire ". Pour l'établissement industriel, cette opération a été, en nombre d'avions, le plus gros programme mené jusqu'à ce jour.

Entre 1960 et 1967, une dizaine de Vampire peints de couleur vives et de noir, furent employés comme avions-cibles radioguidés à Colomb Bechar pour la mise au point des missiles air-air. Ces missiles tirés ne sont pas tous à charge explosive et les avions sont dotés de bidons-caméras spéciaux fixés sous les ailes. D'autres bidons, fixés en bouts d'ailes, sont équipés de dispositifs proximétriques associés à un jeu de caméras.

Surnommés localement les " Gueuses ", l'un des appareils effectuera un record : huit vols avec succès sans être atteint par les missiles tirés contre lui.



Poste de pilotage au sol (Coll. AAEV)



Bloc de commande (Coll. AAEV)

Les Dassault Mystère IV B : bancs volants des réacteurs Atar 101 F et G (1955 - 1958)

" On ne peut être pilote d'essais que si l'on dispose d'un certain capital de chance."

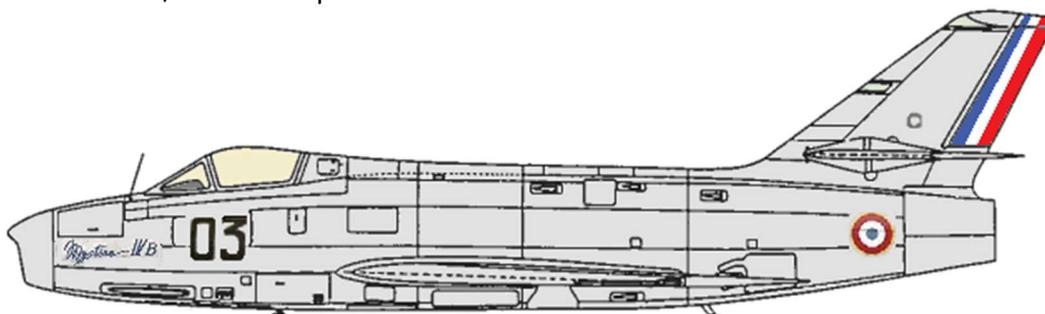
Pierre Galland

Mystère IV B Conçu pour succéder au Dassault Mystère IV A, dont il reprend la voilure avec un fuselage adapté au réacteur Rolls-Royce Avon RA-7R de 4 330 kgp avec postcombustion et un empennage redessiné, le programme du Mystère IV B est lancé en 1953 avec pour objectif une commande de 150 appareils motorisés par un Snecma supersonique Atar 101 F ou G. Il est parfois dénommé Mystère IV B " axial " par opposition au Mystère IV A " centrifuge ".

Avec la perte du prototype Mystère IV B-01 piloté par Kostia Rozanoff, en avril 1954, et la démonstration de performances supérieures du Super Mystère B1, les neuf avions de présérie numérotés de 02 à 010 dotés d'Atar 101 étant tous commandés, la production de série est résiliée. Devenus sans emploi, ils servent de base au biplace Mystère IV N et comme avions de servitudes pour la mise au point des équipements du Super Mystère B2 voire du Mirage III.

Les dix Mystère IV B sont presque tous différents les uns des autres - train avant dirigeable, verrière renforcée avec arceaux pour les vols à haute altitude ou verrière normale, entrées d'air rondes ou aplaties, réacteur Royce Avon RA-7R ou Atar 101 F/G, arête de pied de dérive, conteneur de parachute frein, croupion rond ou croupion casquette, moteur-fusée SEPR 63 ou 66.

C'est dans ce cadre qu'entre 1955 et 1958, les Mystère IV B-03, B-04 et B-09 sont dédiés à la mise au point, chez le motoriste, des Atar à postcombustion 101 F et G.



Mystère IV B-03 avec Atar 101 F, verrière normale et croupion en forme de trompette (© Auteur)

Le Mystère IV B

Le Mystère IV B conserve la voilure et les empennages du Mystère IV A mais avec un fuselage redessiné et allongé. Ce remodelage est dû à l'implantation d'un Atar 101 F à flux axial avec postcombustion et d'un nouveau système de jonctionnement voilure fuselage dit " à piano " : la nervure d'emplanture est liée au plan central du fuselage par une série de boulons.

Si l'allure générale reste celle du Mystère IV A à moteur centrifuge, le fuselage est entièrement remanié avec une manche à air cheminant sous la cabine au lieu de l'encadrer. Une nouvelle géométrie de la partie frontale apparaît à partir du Mystère IV B-06 : il s'agit d'une entrée d'air ovale. Sa section passe de 0.33 m² à 0.35 m². En raison de la refonte du fuselage avant, cette variante reçoit le surnom de " nez plat ", par opposition " au nez rond " des premiers avions de la présérie.

L'aplatissement du fuselage intéresse toute la partie avant, jusqu'à la soute à roquettes. Le nez plus plongeant améliore la visibilité et la cellule, plus fuselée, gagne en finesse ; la traînée est ainsi légèrement diminuée.

L'habitacle est reculé avec une verrière en Plexiglas allongée de 10 cm et dotée d'une ouverture du type Republic F-84 F " Thunderjet " : soulèvement et translation vers l'arrière, laissant au pilote un espace d'environ 60 cm de large pour s'extraire de l'habitacle. Pour les vols à haute altitude, l'appareil est équipé d'une verrière renforcée à arceaux car de nombreux éclatements de verrière ont émaillés les essais de tous types de Mystère IV.

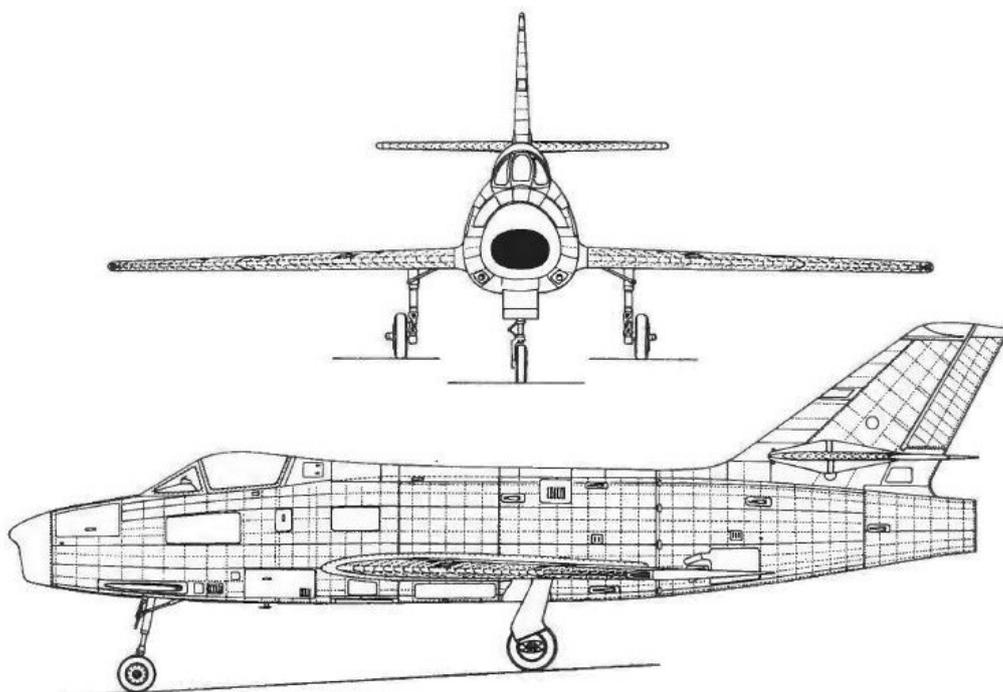
Toute la partie arrière du fuselage est allongée pour recevoir une version transitoire du réacteur,

l'Atar 101 F, dont la tuyère, du type à paupières, déborde du croupion à casquette. Au final, la longueur du fuselage est portée à 12,87 m.

La voilure à profil biconvexe est celle du Mystère IV A de série avec une flèche de 38°, un dièdre légèrement négatif de 1°30' et une surface de référence de 32 m².

Les empennages horizontaux et la dérive sont pratiquement identiques au Mystère IV A exceptée une hauteur de la dérive augmentée de 22 cm.

La masse à vide est de 6 590 kg et en charge 8 330 kg, plein complet avec 2 100 litres.



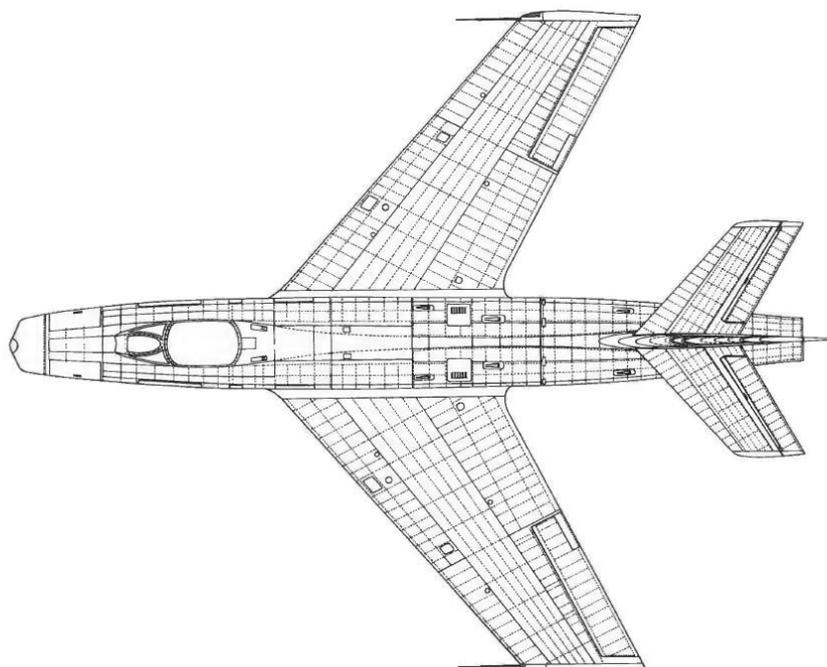
Caractéristiques générales :

- Envergure : 11,12 m
- Longueur : 13,75 m
- Hauteur : 4,68 m
- Surface alaire : 32 m²

Masses :

- A vide : 6 170 kg
- Carburant : 1 760 kg
- Maximale (plein interne complet) : 10 670 kg

L'aération/ventilation du compartiment moteur est assurée par six entrées d'air " noyées " type Naca disposées de chaque côté du fuselage.



Mystère IV B - Plan trois vues

Performances :

- Vitesse maximale : 1 175 km/h
Mach 1 en palier
- Plafond : 15 000 m
- Vitesse ascensionnelle : 110 m/sec
- Facteur de charge max : + 7 g en subsonique

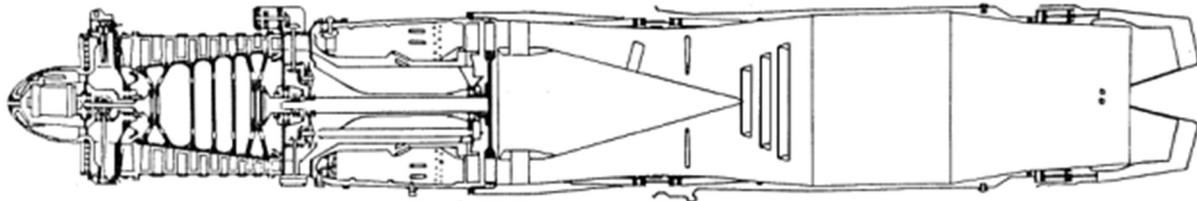
Limitations :

- Vi < 550 kt pour Z < 5 000 ft
- Mi < 0,92 pour Z < 5 000 ft < Z < 12 000 ft
- Vi < 550 kt au-dessus

Le réacteur Atar 101 F

Au début des années 1950, la course vers les vitesses supersoniques est lancée depuis que des pilotes d'essais, tels que Constantin Kostia Rozanoff, passent le mur du son en léger piqué. Dans cette course, l'Atar 101, avec sa faible surface frontale est bien placé.

Premier réacteur français équipé de la PC à base d'anneaux brûleurs, le moteur qui commence ses essais au banc fin 1952 termine ses essais contractuels le 31 mars 1953, à la poussée au banc de 3 800 kg. L'épreuve d'endurance comprend 30 cycles de 40 minutes se décomposant en : 10 minutes au ralenti, 10 minutes sans post-combustion, 20 minutes au régime de post-combustion. Lors de l'épreuve, la rechauffe est utilisée durant cinq heures au total, par séquence de dix minutes donnant une augmentation de poussée de 35%. L'examen des pièces à l'issue des essais ne montre aucune détérioration.



Atar 101 F - Coupe longitudinale

Les essais aboutissent à la qualification à la poussée maximale, en juin 1954, d'une version dérivée de l'Atar 101 D-3 et équipée d'un canal de rechauffe long de 1,30 m : l'Atar 101 F-2 de 3 800 kg de poussée dont les essais en vol ont lieu successivement sur les bancs d'essais volants SE-161 " Languedoc " n° 83 en août 1953, SE-2060 " Armagnac " (décembre 1954 à juin 1955) puis sur deux prototypes du " Mystère " II (n° 019 et 020) dont l'arrière du fuselage doit être modifié. L'Atar 101 F ainsi obtenu est caractérisé par :

- d'une chambre de réchauffe dite "canal de post-combustion" ;
- d'un système d'injection à injecteurs amont radiaux et à anneaux stabilisateurs de flamme ;
- d'une tuyère bi-volets à section maximale agrandie ;
- d'un système de régulation spécifique de carburant à débit proportionnel, et d'une pompe centrifuge entraînée par le moteur.

Après une année de mise au point, l'Atar 101 F atteint l'altitude de 14 300 mètres sur le Mystère II-09 avec des temps de montée divisés par deux par rapport à l'avion équipé du 101 D. En avril 1955, il satisfait l'épreuve d'endurance de 150 heures qui valide le système de rechauffe conçu pour être adapté sans changement notable, notamment pour le diamètre du canal qui ne dépasse pas celui de 920 mm au droit de la turbine.

Malgré l'augmentation de masse de quelques 350 kg pour l'ensemble du système de rechauffe, la poussée unitaire du propulseur reste supérieure à 3. Conçu originellement avec une tuyère à section continûment variable, les Atar 101 réservent la possibilité, alors unique au monde, de pouvoir piloter la post-combustion, tout en restant au régime " plein gaz sec ", ce qui représente l'optimum du point de vue consommation avec rechauffe allumée.

Au total 32 réacteurs Atar 101 F, déclinés en trois variantes F1, F2 et F3, sont construits pour équiper le premier prototype du SE 212 " Durandal " (entre avril et juillet 1956), les avions expérimentaux Nord 1405 " Gerfaut " II (pour ses 55 premiers vols, entre avril et octobre 1956) et Nord 1500 " Griffon " I, entre 1955 et 1957.

Considéré comme un démonstrateur technologique, l'Atar 101 F a permis l'expérimentation de différents dispositifs de postcombustion capables de réaliser les augmentations de poussée demandées et de mettre en évidence et de résoudre les problèmes de régulation que posait la postcombustion. Enfin, la variante F a montré les problèmes technologiques liés à la combustion dans le canal et a ainsi préparé la voie à son successeur, l'Atar 101 G.



SE 212 " Durandal " (© DR)

Au total, l'Atar 101 F a totalisé 2 950 heures de fonctionnement dont 750 heures en vol.

Caractéristiques techniques Atar 101 F

Année d'homologation : 1955

Poussée : 2 900 kgp en sec / 3 800 kgp avec rechauffe

Consommation spécifique : 1,18 kg/kg/h / 1,98 kg/kg/h

Vitesse de rotation : 8 300 tr/mn

Débit d'air : 52 kg/s

Taux de compression : 4.5

Température entrée turbine : 870 °C

Nombre d'étages :

Compresseur : 7

Turbine : 1

Encombrement :

Diamètre maxi : 940 mm

Longueur totale : 5 388 mm

Masse : 1 280 kg

Le réacteur Atar 101 G

Déjà amorcée sur 101 F, l'adjonction du système de rechauffe à l'Atar 101 E, pour en faire le 101 G, ne demande qu'un développement relativement court. Le canal de PC conserve son diamètre et la poussée de 4 400 kg confère à la version 101 G la poussée frontale de 6 650 kgp/m² assurant de bonnes performances en vol supersonique.

L'Atar 101 G subi différentes phases de mise au point avec, tout d'abord, un essai de puissance au banc, consistant à faire fonctionner, pendant une courte durée, le réacteur dans les conditions :

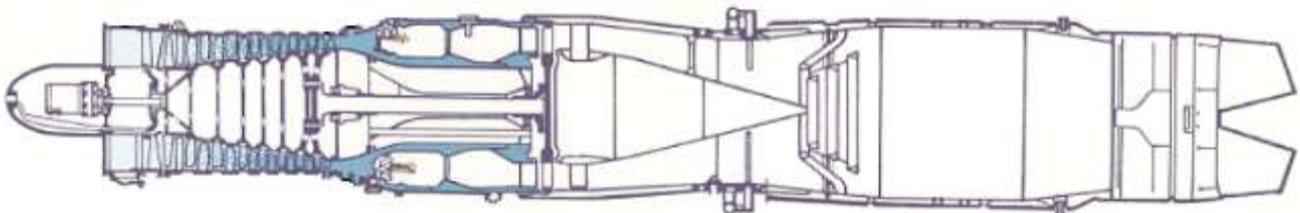
- 5 minutes au régime de postcombustion maximum, soit à la poussée de 4400 kg,
- 25 minutes au régime de décollage sec, c'est-à-dire à la vitesse de rotation maximum du moteur sans post-combustion,
- 30 minutes au régime maximum de croisière, c'est-à-dire à la vitesse de rotation correspondant à l'utilisation de grande endurance.

L'essai de puissance ayant montré les possibilités thermodynamiques est suivi par un essai d'endurance sur le banc volant SE-161 " Languedoc " n° 83, en novembre 1955. Le montage du moteur sur le quadrimoteur permet d'étudier le comportement en altitude de la combustion (thermodynamique du canal), la régulation de l'injection de carburant (régulation), le comportement des accessoires, la résistance mécanique du canal (technologie). Ces vols permettent également de dégrossir les problèmes de l'adaptation du moteur aux avions rapides (intercepteurs possédant des plafonds plus élevés) et d'apporter de nombreuses mesures impossibles à réaliser sur un avion monoplace dont l'équipement de mesures est réduit.

Les performances au banc et en vol ayant démontré une bonne tenue mécanique de l'ensemble du réacteur, l'essai de qualification est effectué sous contrôle officiel. Comportant un programme d'une durée totale de 20 heures d'essais, il est divisé en 30 cycles de 40 minutes qui représentent :

- 7 h 30 en postcombustion pleine charge ;
- 2 h 30 en postcombustion à charge partielle ;
- 5 h au régime de décollage sec ;
- 5 h au régime ralenti.

Parachevée sur les Mystère IV B-09 et B-010, la mise au point en vol du moteur permet de déterminer les limites thermodynamiques de fonctionnement de la postcombustion à haute altitude et à grand nombre de Mach (limites de stabilité et allumage de la postcombustion).



Atar 101 G2 - Coupe longitudinale

Les derniers perfectionnements apportés au moteur sont réalisés lors de l'épreuve de pré homologation au Centre d'Essais de Moteurs et d'Hélices (C.E.M.H.) à Villeras qui consiste à mener une endurance d'une durée totale de 100 heures, suivant un programme d'essais dit " vol type ".

Destiné à simuler l'utilisation sur avion, chaque cycle, d'une durée totale de 1 h 15 comporte une mise en route du réacteur suivie d'une accélération jusqu'au maximum en postcombustion correspondant au décollage

de l'avion, d'un fonctionnement en croisière, d'une nouvelle accélération jusqu'à la poussée maximum, et enfin du ralenti correspondant à l'atterrissage.

L'Atar 101 G est déclaré " bon de vol " sur le Mystère IV B-010 du Centre d'Essais en Vol (C.E.V.) de Brétigny-sur-Orge après une épreuve au cours de laquelle sont vérifiés le réallumage et le fonctionnement de la postcombustion jusqu'à l'altitude imposée, la plage de pilotage de la poussée. Le plafond de la postcombustion du moteur est de 15 000 m environ, pleins gaz, et de 15 500 à 16 000 m au ralenti.

Après avoir subi avec succès la totalité de ces épreuves, l'Atar 101 G2 est homologué juillet 1956 puis monté sur les avions Dassault " Super Mystère " B2 (SMB-2), les deux prototypes SE-212 " Durandal " de la SNCASE et le Nord 1405 " Gerfaut " II qui bat en février 1957 le record de montée à 15 000 mètres d'altitude en 3 min 46 s, aux mains du pilote d'essais André Turcat.

C'est également l'Atar 101 G avec rechauffe (variante G-1 puis G-2) qui propulse le premier Dassault MD 550 Mirage III 001, en novembre 1956. Surnommé " Balzac ", par les mécaniciens, en référence au numéro de téléphone d'une agence de publicité de l'époque, cet appareil, effectuera 181 vols (entre novembre 1956 et janvier 1959) et atteindra mach 1,65 en palier sans l'aide du moteur fusée.

L'Atar 101 G entre dans l'histoire comme le turboréacteur ayant permis à l'aviation militaire française de franchir le seuil du vol supersonique (le SM B2 atteignait $M = 1,4$ en palier). Avec ce moteur, se termine le retard technologique imposé à la France en raison de la seconde guerre mondiale.

Caractéristiques techniques

Année d'homologation : 1956

Poussée : 3 400 kgp en sec / 4 400 kgp avec rechauffe

Consommation spécifique : 1,08 kg/kg/h / 1,95 kg/kg/h

Vitesse de rotation : 8 400 tr/mn

Débit d'air : 59 kg/s

Taux de compression : 4.8

Température entrée turbine : 865 °C

Nombre d'étages :

Compresseur : 8

Turbine : 1

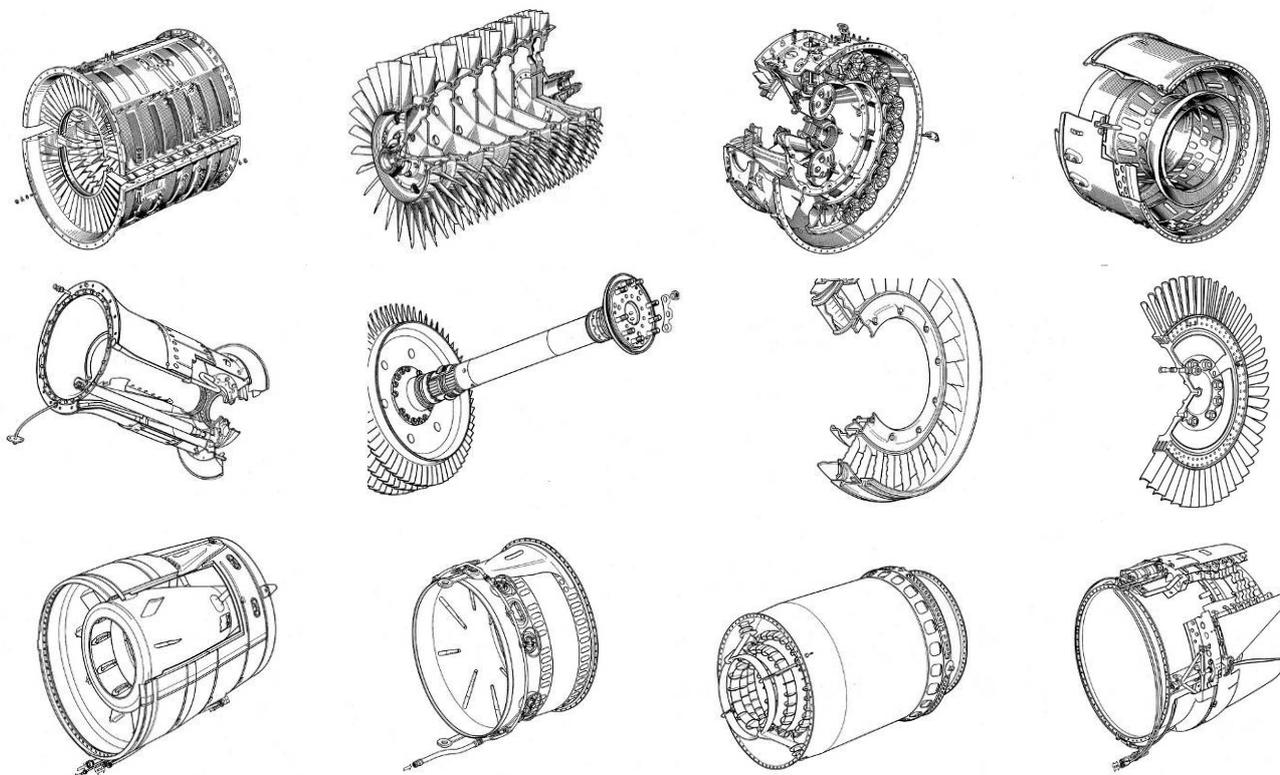
Encombrement :

Diamètre maxi : 940 mm

Longueur totale : 5 998 mm

Masse : 1 240 kg

Constitution de l'Atar 101 G2

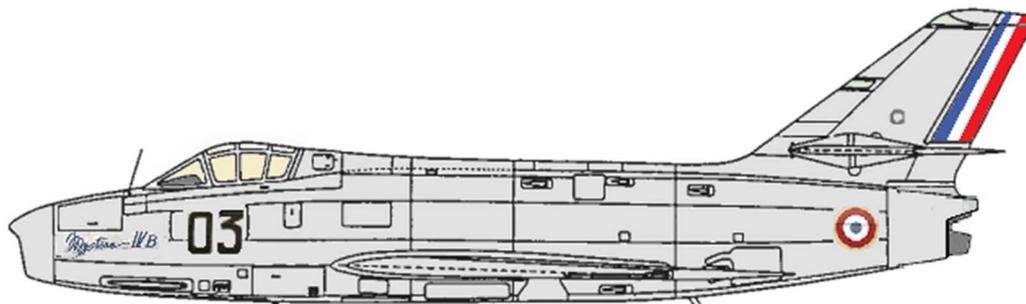


Produit à 462 exemplaires pour équiper les 180 SM-B2, l'Atar 101 G est décliné en deux versions de série : le modèle G-2 à démarrage électrique (monté sur les avions israéliens) et le modèle G-3 à démarrage pneumatique.

En 1957, une ultime variante, l'Atar 101 G-4 développant une poussée de 4 700 kg avec PC est proposée par le motoriste mais non construite en série.

Le Mystère IV B-03 (1955 - 1956)

Le Mystère IV B-03 est extérieurement semblable aux Mystère IV B-01 et B-02 équipés d'un réacteur Rolls-Royce Avon RA-7R mais avec le fuselage arrière entièrement redessiné pour recevoir un Atar 101 F-2 de 2 870 kgp en sec et 3 480 kgp avec rechauffe. Pour faciliter sa ventilation deux rangées de trois ouïes sont placées en partie haute du fuselage. La différence de masse, de l'ordre de 100 kg en faveur de l'Atar 101, ne provoque aucun problème de centrage. En ligne de vol, sa masse est de 7 870 kg soit 510 kg de moins que le Mystère IV B-01.



Mystère IV B-03 avec nez rond, verrière renforcée et croupion en forme de casquette (© Auteur)

Il réalise son vol inaugural le 31 mars 1955 avec Gérard Muselli aux commandes en enregistrant Mach 0.93 à 26 000 ft (7 930 mètres). Remis au Centre d'Essais en Vol (CEV) (avec l'immatriculation F-ZLAQ) après la mise au point des commandes de vol, il utilise la postcombustion jusqu'à 47 500 ft (14 478 mètres) à Mach = 0.9 avant extinction ; un palier à 40 000 ft (16 200 mètres) permet d'atteindre Mach 0.96 à cette altitude. Pour mener ces essais en haute altitude, à 50 000 ft (15 250 mètres), il est doté d'une verrière renforcée.

A partir du mois de mai 1955, il est dédié à la mise au point de l'Atar 101 F Auguste Morel de la SNECMA puis Pierre Galland du CEV. Le moteur donne satisfaction mais présente des problèmes récurrents de surchauffe (200 °C) en régime de postcombustion malgré le montage de plusieurs types de tuyères et de croupions. Pendant environ deux mois, Auguste Morel qui réalise un total de 7 vols présente l'appareil au salon aéronautique et de l'espace du Bourget de juin 1955.

Sa carrière s'achève un an plus tard, le 22 juin 1956, après son 139^{ème} vol, au Centre d'Essais en Vol de Brétigny-sur-Orge où il sert au maquetage de l'Atar 8 puis est ferrailé.



Mystère IV B-03 (© CEV)



Poste de pilotage (© CEV)

Chronologie des vols SNECMA : 1955

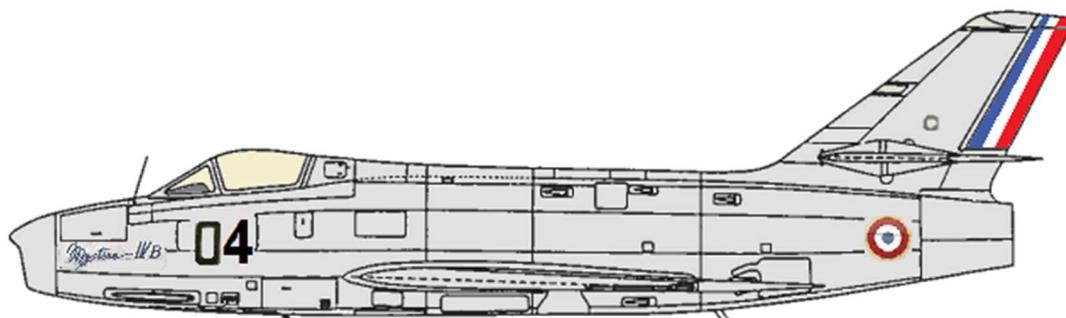
Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1955	7 vols (n° 24 à 34)	3 h 40	Atar 101 F2 : régulation, rallumages	A. Morel

Le Mystère IV B-04 (1955 -1956)

Quatrième appareil de présérie, le Mystère IV B-04 effectue son vol inaugural le 25 mai 1955 avec Gérard Muselli aux commandes. Il est suivi par une longue série de 78 vols en 12 mois, au CEV et à la SNECMA, en vue de définir les caractéristiques de l'Atar 101 F-2. Il expérimente principalement plusieurs types de tuyères et le dispositif de régulation de postcombustion au cours de 66 sorties effectuées par les cinq pilotes du motoriste, entre novembre 1955 et octobre 1956. Par la suite, le B-04 est stocké à la SNECMA.

Devenu inutile avec le développement des Super-Mystère B2 avec Atar 101 G, l'avion entre en chantier, en mai 1957, pour recevoir un groupe fusée SEPR 631 à deux chambres de combustion juxtaposées délivrant 1 500 kgp ou 3 000 kgp selon l'emploi d'une ou deux chambres. Avec cette nouvelle installation, la masse est accrue de 340 kg dont un lest pour rattraper le centrage : en ordre de vol l'avion dépasse les 10 000 kg. Sa meilleure performance est une vitesse maximale de 570 kt (1 056 km/h) à 25 000 ft (7 620 mètres). Au début de l'année 1958, le Mystère IV B-04 enregistre son 84^{ème} et ultime vol sans que l'avionneur ne réalise le moindre essai de fonctionnement du SEPR 631.

L'apparition des Mirage III C et leur capacité d'emport de la nouvelle fusée SEPR 84 a limité les essais envisagés sur le Mystère IV B-04.



Mystère IV B-04 avec une verrière normale (© Auteur)

Chronologie des vols SNECMA : Novembre 1955 à octobre 1956

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1955	19 vols (n° 13 à 31)	15 h 40	Atar 101 F2 : régulation	A. Morel R. Daney L. Gouel
1956	47 vols (n° 32 à 78)	33 h 50	Atar 101 F2 : allumages PC à quatre et huit injecteurs, régulation PC de débit	A. Morel R. Daney F. Bourhis M. d'Oliveira L. Gouel



Mystère IV B-04 (© CEV)

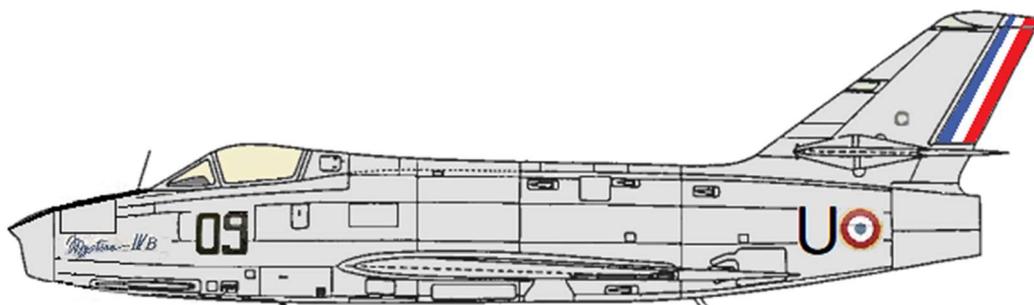


Poste de pilotage (© CEV)

Le Mystère IV B-09 (1956 – 1958)

Le Mystère IV B-09 effectue son vol inaugural le 22 novembre 1955 avec Gérard Muselli. Il est équipé d'une Queue Automatique Dassault (QAD). Actionnée par une servocommande double corps, le QAD est un plan fixe piloté avec gouvernes de bord de fuite qui se comporte tantôt comme une gouverne monobloc et tantôt comme une gouverne classique selon le régime de vol. Créé et mis au point sur Mystère II, ce dispositif a été adopté pour contrer les problèmes de vibrations à l'arrière du fuselage.

D'une longueur légèrement supérieure à l'Atar 101 F, l'Atar 101 G-2 délivrant au banc 3 400 kgp en sec et 4 250 kgp avec rechauffe à 8 400 tr/mn. A la suite de vibrations apparaissant à l'arrière du fuselage vers Mach = 0.9, une arête de dérive est implantée ainsi qu'un croupion casquette et un conteneur à la croisée des empennages qui sera plus tard le logement d'un parachute frein. Le seul problème rencontré est que la postcombustion, en palier stabilisé, induit un léger "snaking". Phénomène inhabituel sur les avions de combat de l'époque, il s'agit de mouvements en lacet de type "coups de queue". En février 1956, le Mystère IV B-09 est transféré à la SNECMA comme banc volant de l'Atar 101 G où il y reste jusqu'à sa réforme en 1963.



Mystère IV B-09 avec nez plat, sans arête de dérive et croupion en forme de trompette (© Auteur)

En 30 mois, entre février 1956 et juin 1958, 202 vols de mise au point du dispositif de postcombustion du réacteur Atar 101 G2 sont effectués par les pilotes du motoriste.

Chronologie des vols SNECMA : Février 1956 à juin 1958.

Année	Nombre de vols	Temps de vol	Essais	Pilotes
1956	82 vols (n° 15 à 96)	59 h 05	Atar 101 F allumage PC, Rallumages avec et sans bidons	A. Morel R. Daney F. Bourhis M. d'Oliveira L. Gouel
1957	95 vols (n° 97 à 191)	86 h 00	Atar 101 G2 : Régulation Atar 101 G2A, vol dos jusqu'à 45 secondes, essais PC, régulation de débit PC	A. Morel R. Daney F. Bourhis M. d'Oliveira L. Gouel J. Pinier (CEV), F. Teyssier (CEV)
1958	25 vols (n° 192 à 216)	17 h 55	Atar 101 G2 : Régulation Atar 101 G2, vol dos, vibrations, rallumages, batterie SAFT	A. Morel R. Daney F. Bourhis M. d'Oliveira L. Gouel



Mystère IV B-09 (© Espace Patrimoine Safran)



Mystère IV B-09 (© Espace Patrimoine Safran)

Remerciements : grand merci à tous ceux qui m'ont aidé et notamment à l'AEVS qui m'a ouvert ses archives, à Mr Jean-Claude Fayer, Mr Luc Berger qui a répondu favorablement à mes demandes,

Bibliographie : " Les chasseurs Dassault Ouragans, Mystères et Super Mystères " de Jean Cuny chez Docavia-Éditions Larivière (1980). " Super Mystère B2 en service dans l'armée de l'air " par Michel Liébert, Éric Moreau & Cyril Defever - EM37 Editions. Archives Musée Safran de Melun-Villaroche.

Clauses techniques avions Mystère IV B présérie (Décembre 1953).

Ouvrage collectif d'anciens ingénieurs de la Snecma " A propos de l'Atar - Burovit Octobre 1996 ".

Photographies : sauf mention contraire toutes les photographies sont extraites des Archives de Dassault Aviation.

Etapes clefs

- 1952 Décembre - Premiers essais au banc à Villaroche d'un Atar 101 D-3 muni d'une chambre de rechauffe, dit canal de post-combustion
- 1953 Mars - Essai de puissance P de l'Atar 101 F à 3 800 kg d'une durée d'environ 1 heure
- 1953 Août - Début des essais en vol de l'Atar 101 F sur le quadrimoteur SE-161 " Languedoc " n° 83
- 1954 Février - Premier vol du MD-452 Mystère II-019 équipé d'un Atar 101 D avec une maquette de tuyère à postcombustion avec Paul Boudier, à Melun-Villaroche
- 1954 Juillet - Premier vol du MD-452 Mystère II-019 avec un Atar 101 F2 délivrant 2 900 kgp en sec et 3 800 kgp avec rechauffe avec Auguste Morel aux commandes.
- 1954 Juillet - Premier vol du MD-452 Mystère II-020 avec un Atar 101 F2 délivrant 2 900 kgp en sec et 3 800 kgp avec rechauffe avec Gérard Muselli.
- 1954 Août - Premier vol avec post combustion du Mystère II n° 019 propulsé par un Atar 101 F-2
- 1954 Décembre - Début des essais en vol de l'Atar 101 F sur le quadrimoteur SE-2060 " Armagnac " n° 1
- 1955 Février - Essai de qualification Q pour vol de l'Atar 101 F à 4 200 kg d'une durée de 50 à 60 heures
- 1955 Mars - Premier vol du Mystère IV B-03 propulsé par un Atar 101 F-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1955 Avril - Epreuve d'endurance de 150 heures du système de rechauffe de l'Atar 101 F à 3 800 kgp
- 1955 Avril - Premier vol du Nord 1405 Gerfaut II (F-ZWUE) avec un Atar 101 F de 3 800 kgp avec PC avec Michel Chalard aux commandes
- 1955 Mai - Premier vol du Mystère IV B-04 propulsé par un Atar 101 F-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1955 Juillet - Premier vol du Mystère IV B-06 propulsé par un Atar 101 F-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1955 Juillet Août - Essai de qualification Q pour vol de l'Atar 101 G à 4 400 kgp d'une durée de 50 à 60 heures
- 1955 Septembre - Premier vol du Nord 1500 Griffon I (F-ZWTX) avec un Atar 101 F-1 de 3 800 kgp avec PC. Il totalisa 156 vols jusqu'au 16 avril 1957 aux mains de quatre pilotes.
- 1955 Novembre - Premier vol du Mystère IV B-09 propulsé par un Atar 101 G-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1955 Novembre - Début des essais en vol de l'Atar 101 G sur SE-161 " Languedoc " n° 83
- 1955 Décembre - Premier vol du Mystère IV B-05 avec un Atar 101 F-2 avec Roland Glavany aux commandes
- 1955 Décembre - Début des essais en vol de l'Atar 101 G sur SE-2060 " Armagnac " n° 1
- 1955 Décembre - Premier vol du Mystère IV B-07 avec un Atar 101 F-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1956 Mars - Premier vol du Mystère IV B-08 avec un Atar 101 F-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1956 Mars - Premier vol du Mystère IV B-010 propulsé par un Atar 101 G-2 avec Gérard Muselli aux commandes
- 1956 Avril - Premier vol du SNCASE SE-212 01 Durandal (F-ZWZC) avec un Atar 101 F de 3 800 kgp avec PC
- 1956 Juillet - Essai de puissance P de l'Atar 101 G à 4 700 kgp d'une durée d'environ 1 heure
- 1956 Juillet - Essai d'homologation de 150 heures T de l'Atar 101 G à 4 400 kgp
- 1956 Juillet - Premier vol du SNCASE SE-212 01 Durandal (F-ZWZC) avec un Atar 101 G de 3 800 kgp avec PC. Il totalisa 284 vols dont 256 avec Atar 101 G jusqu'au 13 juillet 1960.
- 1956 Décembre - Premier vol du Nord 1405 Gerfaut II (F-ZWUE) avec un Atar 101 G-1 de 4 400 kgp avec PC. Il totalisa 223 vols jusqu'au début août 1959.

Annexe : épreuves de la famille Atar 101 avec postcombustion (PC)

Moteur	Année	Epreuves	Poussée
Atar 101 F	Novembre 1952	P	3 800 kg
Atar 101 F	Mars 1953	P	3 800 kg
Atar 101 F	Juin 1954	Q	3 800 kg
Atar 101 F	Février 1955	Q	4 200 kg
Atar 101 F	Avril 1955	T	3 800 kg
Atar 101 G	Juillet - Août 1955	Q	4 400 kg
Atar 101 G	Mai 1956	P	4 600 kg
Atar 101 G	Juillet 1956	P	4 700 kg
Atar 101 G	Juillet 1956	T	4 400 kg

Homologation D

Atar 101 G	Juillet 1956	△	4 400 kg
------------	--------------	---	----------

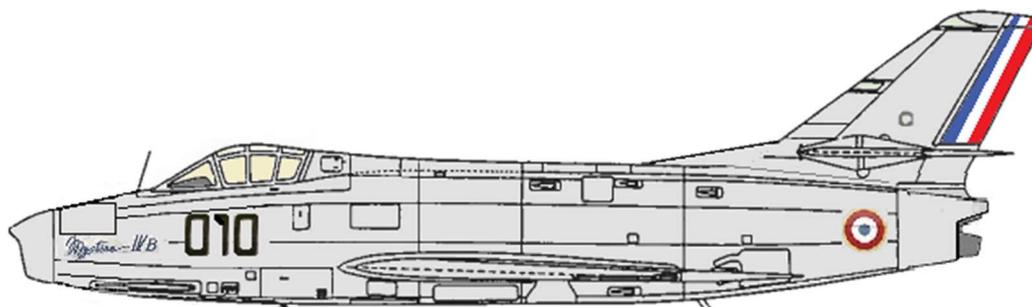
Essai de courte durée	P	△
Essai de 15 à 50 heures	Q	△
Essai de 100 à 150 heures	T	△
Essai de définition	D	△
Essai de plus de 150 heures		██████████

Avant d'être livré, le réacteur est essayé au sol et en vol puis reçoit des services officiels un certificat de conformité ou homologation avec les performances annoncées.

Les essais ont lieu sur éléments partiels, sous-ensembles et moteurs complets, et sanctionnent les divers stades de développement.

Il existe cinq catégories d'épreuves :

- L'épreuve de puissance P (1 heure) qui a pour but de vérifier qu'un moteur prototype à usage militaire est capable de fournir la poussée annoncée par son constructeur.
- L'essai de qualification Q (50 à 60 heures) qui valide en endurance la définition d'un moteur à usage militaire avant le premier avionnage.
- Les épreuves d'endurance de type T (150 heures) en vue de l'homologation qui vise à contrôler la fiabilité et la sécurité du matériel dans des conditions de définition et de performances inscrites au cahier des charges.
- Les bons de vol, prototype et série, qui permettent de définir les réglages optimaux et consignes d'utilisation en vol assurant le meilleur fonctionnement du système avion-moteur.
- Enfin, les essais de réception série et essais de lot qui conditionnent la livraison des moteurs et sont le gage de la qualité minimale requise dans la production de série.



Mystère IV B-010 avec croupion en forme de casquette (© Auteur).

Second banc d'essais de l'Atar 101 G2 mais au profit du CEV, entre mars 1956 et décembre 1956, il vole jusqu'en 1963, date de sa réforme. En décembre 1956, l'appareil achève son dernier vol d'essai dans un champ, en prolongement de la piste 05 de Brétigny-sur-Orge, à la suite d'un incendie de kérosène dans le fuselage.

La maintenance, la réparation et les grandes visites des moteurs d'avions commerciaux

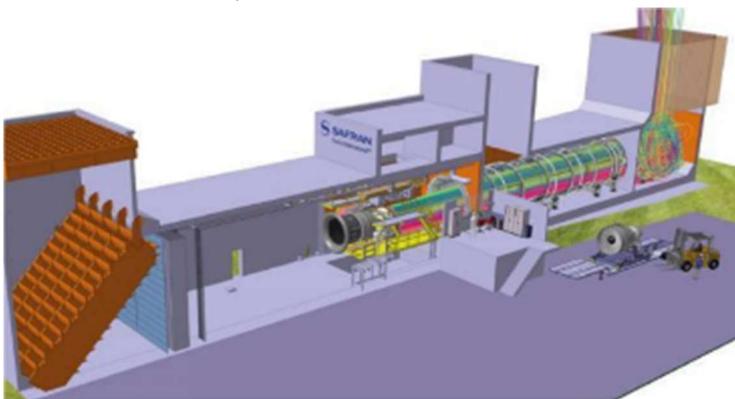
" Si la sécurité coûte trop cher, essayer donc l'accident ".
Adage souvent utilisé dans l'aviation. Anonyme

Introduction et concepts de maintenance

Dans le monde de l'aviation, les opérations de maintenance, de réparation et des grandes visites sont consubstantielles aux avions et à leurs équipements. Les moteurs évidemment, n'y échappent pas. Toute une industrie, indispensable au bon fonctionnement des avions et à la sécurité des vols, gravite autour de ces activités à caractère plus industriel qu'aéronautique. Lesquelles nous semblant insuffisamment documentées hors du " petit monde de la maintenance et de la réparation aéronautique " la revue de l'AAMS vous propose de s'y arrêter pour tenter d'en décrire les grandes lignes.

La maintenance des moteurs d'avion implique d'abord de pouvoir disposer de ressources en personnels techniques, ingénieurs et techniciens très hautement qualifiés aux compétences multiples. De moyens industriels importants, faisant appel aux dernières technologies et en quantité suffisante, notamment en outillages spécialisés, en machines-outils, rectifieuses-équilibreuses à grande vitesse, équilibreuses, tours, fraiseuses, machines optimisées aux mesures de très hautes précisions, dispositifs permettant d'optimiser, pour éliminer les défauts d'axe l'or de assemblage des lignes d'arbre, clés hydrauliques permettant les serrages et desserrages à forts couples, moyens de soudures, chaîne de lavage, pour ne citer que l'essentiel. Inutile d'ajouter que l'agence de réparation devra pouvoir disposer, en flux stables et soutenus, de la totalité des pièces de rechange, neuves ou réparées voire obtenues sur le marché de la seconde main dont elle aura besoin.

Chez l'industriel motoriste, à la satisfaction de tous, le passage au banc d'essais réussi, les dernières inspections visuelles effectuées la documentation technique complétée, le moteur neuf embarque dans un camion pour rejoindre les chaînes de montage de l'avionneur. Pour ce moteur, qui quitte les locaux du motoriste, sa vie opérationnelle débute.



Vue d'artiste d'un banc d'essais (Safran)
pour moteurs à fort taux de dilution.
Photo crédit internet.

Sa carrière commence, proche des locaux de l'avionneur, dans ceux d'une organisation spécialisée dans l'installation des accessoires d'interface avec l'avion. Ils sont nombreux : pompe hydraulique servant à fournir la puissance aux divers équipements de l'avion, non fournis par les motoristes, tel que le train d'atterrissage, les commandes de vol, les dispositifs hypersustentateurs de l'aile. Les puissants alternateurs qui fournissent l'énergie électrique, les vannes de prélèvement d'air sur le compresseur et les dispositifs de contrôle du système pneumatique qui participent à la pressurisation de la cabine, au dégivrage des bords d'attaque de l'aile et de l'entrée d'air des moteurs. Font également partie des systèmes, avec les câblages électriques et les tuyauteries d'interface, les ferrures qui relient le moteur au pylône, le circuit de détection d'incendie, et encore divers capteurs de température et de pression. Ces équipements installés, le moteur, maintenant prêt à " l'avionnage ", rejoint la chaîne de montage de l'avionneur pour être monté sur un avion. Après les essais statiques et le point fixe de sortie de chaîne, l'avion est confié aux mains des pilotes de réception de l'avionneur qui effectueront le premier vol avant sa remise aux inspecteurs puis aux pilotes de la compagnie cliente, qui après leurs propres inspections et validation, accepteront l'avion. Sa carrière commerciale active

commence. Simultanément, ses moteurs commencent aussi à s'user... Il faut déjà, prévoir de les déposer et déjà, de pouvoir disposer de la capacité de les recycler.

Avec le temps, les techniques d'inspection ayant considérablement évolué, les autorités ont admis l'application du concept de " Maintenance en condition ". Ce concept se substitue à celui du " Hard time " par lequel, les moteurs étaient déposés puis désassemblés pour inspection obligatoires à des butées horaires déterminées. Dans le cadre de la " Maintenance en condition " nous retiendrons quatre conditions principales de dépose que nous allons décrire. Toutefois, avant d'aller plus avant, passons en revue, sans prétendre être tout à fait exhaustif, les prérequis permettant de maintenir, voire d'améliorer la sécurité des vols, qui ont amené au concept de la " maintenance en condition " appliqué avec succès depuis de nombreuses années.



Moteur International Aero Engine IAE V-2500 tel qu'installé sur un avion Airbus de la famille A320. Les capotages de la soufflante et de l'inverseur de poussée déposés permettent de visualiser les accessoires.

Photo crédit internet.



Un technicien prépare le rotor de turbine haute pression d'un moteur GE90-115 B pour installation sur une rectifieuse/équilibreuse à grande vitesse. Partiellement visible en arrière-plan.

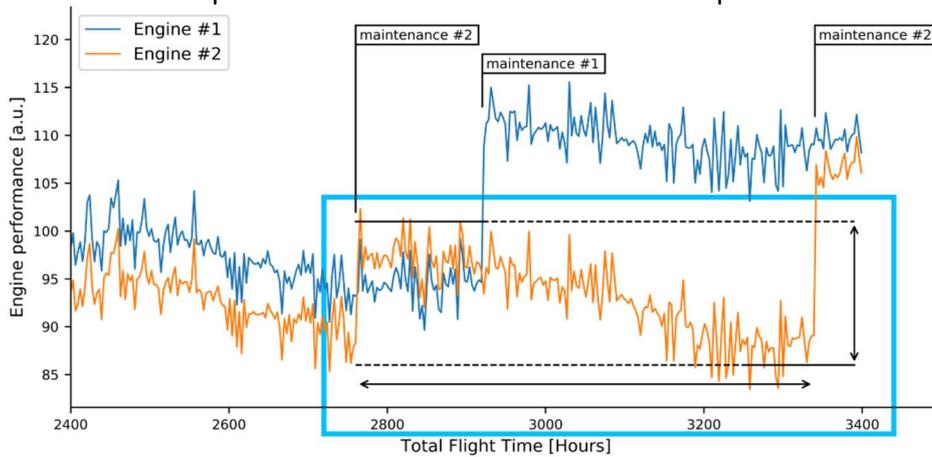
Photo collection privée.

Le plus connu est l'**endoscopie**. Les motoristes ont aménagé, en des positions " stratégiques ", à la périphérie des divers carters constituant leurs moteurs des orifices qui permettent d'insérer des endoscopes. Ceux-ci ont significativement évolué. Passant de sondes rigides peu commodes, désagréables et fatigantes à utiliser à des dispositifs à fibres optiques flexibles équipés de caméras électroniques, qu'il est possible d'orienter. De plus en plus précises associées à des écrans de contrôle en haute définition, capables de mesurer tout défauts avec une grande précision voire d'élaborer des vues tridimensionnelles particulièrement détaillées, qu'il est possible d'archiver, des zones, nécessitant l'attention. Les fibres optiques flexibles permettent de visiter tant les pièces tournantes, aubes de turbine et de compresseur que les pièces statiques, stator du compresseur et de turbine ainsi que les éléments constitutifs de la chambre de combustion. Ces endoscopes, aux mains de techniciens entraînés et ayant une bonne connaissance du moteur, permettent de documenter finement l'état de toutes les pièces auxquelles il est possible d'accéder, pratiquement l'équivalent d'une inspection visuelle sur table.

La détection et le suivi des particules qui viendraient à circuler dans l'huile de lubrification. Les moteurs de dernière génération, sont tous équipés de plusieurs barreaux magnétiques. Judicieusement disposés de façon à sonder la totalité de l'huile circulant dans chacune des branches du circuit de lubrification. Les moteurs les plus évolués, disposent en outre, d'un barreau électromagnétique disposé dans le circuit retour juste à l'entrée du réservoir d'huile, il est mis en contact avec la totalité de la circulation de l'huile de lubrification. Associé à un dispositif électronique, il capte, compte et génère en temps réel des alarmes destinées aux équipes de maintenance relatives à toutes les particules éventuellement arrachées aux roulements, aux engrenages ou tout autres éléments en contact avec l'huile, voire étrangers au moteur, qui viendraient à être véhiculés par l'huile de lubrification. L'analyse de ces particules par des laboratoires spécialisés permet de déterminer l'alliage constitutif. Après consultation de la cartographie du moteur, il est possible d'en déterminer l'origine, donc les dispositions nécessaires à prendre.

L'analyse spectrométrique des huiles qui permet de connaître le niveau (ppm) et la définition métallurgique de toutes les particules microscopiques véhiculées par l'huile de lubrification. A cause de ses lourdeurs d'emploi cette technique, pourtant efficace est peu, voire insuffisamment utilisée, par les opérateurs de l'aviation commerciale. Avec l'arrivée de l'Intelligence Artificielle, elle mériterait peut-être une meilleure considération...

L'analyse des performances des moteurs. Les ordinateurs de bureau, dont les capacités ne cessent de croître, ont permis l'élaboration de logiciels de plus en plus performants. Ces logiciels par comparaison de paramètres autorisent le suivi, en temps quasi réel, de l'évolution de la santé des moteurs. Notamment la marge entre la température des gaz d'échappement telle que relevée pendant le décollage et la température maximale autorisée. On inclura évidemment, le suivi des vibrations. L'Intelligence Artificielle (IA) qui commence également à faire irruption dans ce domaine ne sera sûrement pas sans le révolutionner.



Graphique de suivi des performances de deux moteurs fonctionnant sur un même avion. On observera l'impact des actions de maintenance. *Photo crédit internet.*

Niveaux d'intervention

Dans le cadre exclusif de cet article, au quotidien, on peut distinguer sans que cela soit officiellement formalisé, quatre niveaux d'intervention.

Le premier, la maintenance en ligne. C'est-à-dire les interventions légères, n'imposant pas la dépose du moteur, exécutées sous l'aile alors que l'avion est en service ou pendant les visites programmées dans les hangars. Elles se limitent aux inspections visuelles externes ou endoscopiques, au remplacement des filtres à huile ou carburant, et aux dépannages par remplacement d'accessoires.

Le second niveau, informel, nécessitant la dépose du moteur pour le remplacement de modules " facilement accessibles " de pièces ou de modules substituables, sans la nécessité de disposer d'outillages par trop spécialisés ou d'avoir à effectuer le rééquilibrage des rotors. Ces activités sont désignées " Quick Turn ". Elles sont destinées à effectuer des mises à niveau par la procédure Service Bulletin du constructeur, pour s'affranchir d'inspections jugées trop lourdes ou trop fréquentes. Ces " Quick Turns " consistent, sans que cela ne soit limitatif, à remplacer, par substitution de modules, le plus souvent dans les parties chaudes ou à des " Top Case " pour accéder et remplacer des aubes, en nombre toujours limité, pour ne pas dégrader l'équilibre des rotors.

Le troisième niveau sont toutes les tâches d'échanges de modules exécutées dans un atelier spécialisé. Elles constituent les grandes visites qui requièrent de disposer d'outillages et de moyens de contrôles conséquents. Les moteurs sont désassemblés, en fonction d'un programme de maintenance préétabli, sans cesse optimisé, sur la base des connaissances acquises, avec les temps d'utilisation, dans la totalité de la flotte, puis reconstruits par remplacement de modules ou de pièces, substitués neufs ou réparés.



Chaîne automatisée (Finsonic) de nettoyage de roulements par ultrasons. *Photo collection privée.*



Équilibreuse (Schenck) pour rotor de grandes dimensions. *Photo collection privée.*

Le quatrième sont les interventions à l'intérieur des modules où les pièces élémentaires sont désassemblées pour réparation, le cas échéant, rebutées. Après recyclage, les modules sont ré-induits, pas nécessairement dans le même moteur, dans le processus d'assemblage des moteurs complets.

Les accessoires, calculateurs, harnais électriques, régulateurs de carburant, pompes etc. suivent un schéma identique toutefois, réalisé dans des ateliers très spécialisés. Les accessoires d'interface avec l'avion, fournis par divers accessoiristes, n'étant fournis ni par le motoriste ni par l'avionneur, sont déposés avant le passage du moteur en atelier pour être, si nécessaire recyclés par des ateliers spécialisés, généralement chez leurs constructeurs.

Causes de dépose des moteurs d'avion

La première cause de dépose d'un moteur : une ou des pièces ont atteint, mesuré en cycles (1), leur limite de vie maximum autorisée (2). Ce critère indique qu'en l'état, le moteur a atteint sa limite maximale d'exploitation. L'idéal étant que cette limite soit atteinte depuis neuf ou depuis la dernière révision générale. C'est très souvent le cas pour les moteurs de la famille CFM56. Cette obligation réglementaire de dépose qui distingue les qualités de robustesse et de fiabilité d'un moteur est la plus gratifiante pour son fabricant. Dans ce cas, le moteur fera l'objet d'une révision générale pendant laquelle les pièces ayant atteint leur limite de vie seront rebutées puis remplacées. En cette occasion, les autres pièces exposées seront inspectées, réparées ou si nécessaire remplacées.

Constatée pendant une inspection endoscopique, programmée ou non, ou détectée par le logiciel de suivi des performances, la seconde est l'endommagement d'une ou plusieurs pièces, au-delà des limites d'acceptabilité telles que décrites dans les chapitres relatifs aux moteurs dans le manuel de maintenance de l'avion considéré. En cette circonstance, le moteur, fera l'objet, avant le désassemblage d'une inspection endoscopique poussée, qui aidera à déterminer le niveau d'intervention optimum. Les heures et les cycles accumulés depuis neuf ou depuis la dernière grande visite, faisant également partie de l'équation. On peut inclure dans cette catégorie, les incidents, tels que l'ingestion d'un corps étranger. Le plus souvent une collision aviaire, mais parfois, tout autres objets aussi divers que variés. Peuvent entrer dans cette catégorie, toutes les tâches associées à des services bulletins du constructeur ou les consignes de navigabilité émises par les autorités de certification pour les mises à niveau de pièces présentant un risque pour la sécurité des vols ou que les inspections trop répétitives, pénalisent par trop la disponibilité des aéronefs. Les ruptures, imprévisibles de pièces élémentaires, nécessitant des réparations poussées font hélas partie de cette catégorie.

Troisième cause de dépose, le moteur a consommé sa marge de température des gaz d'échappement. Cette condition est rapportée, soit par les pilotes soit par le système embarqué contrôlant les alarmes de maintenance. Toutefois cette condition est en principe anticipée par le logiciel de suivi des performances, lequel permettant de planifier les déposes montre tout son intérêt. Dans le cadre de l'utilisation en règles ETOPS (2) s'y ajoutent plusieurs autres limites dont le suivi de la consommation d'huile et le cas échéant, la marge avec la vitesse de rotation maximale autorisée du générateur de gaz (3).



Équilibreuse (Schenck) pour rotors de grandes dimensions équipée pour l'équilibrage du compresseur basse pression du moteur Engine Alliance GP-7200 de l'Airbus A380.

Photo collection privée.



Machine (Bauerct) à vérifier les débits et pressions d'huile des boîtes d'engrenages de moteurs d'avion.

Photo collection privée.

Enfin quatrième catégorie, les déposes pour convenance. On trouve dans cette catégorie, les déposes pour mettre les moteurs opérés en location, de plus en plus nombreux, en conformité avec les conditions de retour négociées avec les propriétaires, similairement pour se conformer aux desideratas d'un éventuel acheteur de l'avion ou du moteur. On trouve aussi les déposes, qui ne nécessitent pas un passage en atelier telles que celles programmées pour lisser l'utilisation de la flotte. Typiquement pour prévenir les déposes simultanées, pour grandes visites, qui imposeraient de devoir disposer d'un nombre de moteur de rechange trop important. Il est essentiel de gérer au mieux leurs potentiels en utilisant au mieux les moteurs de rechange. Ici on fera notamment référence aux moteurs identiques mais utilisés à des niveaux de puissance différents. Les avions monocouloirs, tant de la famille Airbus A320 CEO ou NEO et Boeing 737 " Classic ", NG ou MAX, offrent un panel de modèles de capacités en rayon d'action et d'emport de passagers différentes mais qui utilisent les mêmes moteurs tarés à des puissance différentes. On conviendra que, dans les mêmes conditions d'emploi, les moteurs opérés à la plus forte puissance s'usent plus vite que ceux utilisés aux puissances inférieures. Exploitant l'analyse des logiciels de suivi des performances, il est judicieux, à l'occasion du passage des avions en visites programmées au hangar, de procéder à l'échange des moteurs utilisés à la puissance la plus élevée pour les utiliser à des tarages inférieurs réservant les moteurs neufs ou récemment recyclés aux avions les plus lourds. Il en résulte une optimisation de potentiels dont celui de la marge à la température maximale autorisée des gaz d'échappement. Cette procédure qui optimise l'utilisation des potentiels, retardant l'entrée en atelier des moteurs permet de décaler les dépenses de maintenance réalisant de la sorte de sérieuses économies.



Machine (Wenzel) pour prises de mesures de hautes précisions.



Bouchon magnétique moteur GE 90-115 B.
On observe que des particules ont été captées. Elles devront faire l'objet d'analyses, pour dispositions à prendre, dans un laboratoire spécialisé.

Les intervenants

Traditionnellement, on observe trois grandes familles d'intervenants.

Les compagnies aériennes. Historiquement, " *Nécessité faisant loi* " les compagnies aériennes ; en particulier celles dites " *Majors* " avaient toutes mis en place des moyens de maintenance lourde importants tant pour leurs avions, que les équipements associés et évidemment les moteurs. Avec l'arrivée des turboréacteurs à fort taux de dilution et les avions à fuselage larges, pour faire face aux investissements très conséquents qu'ils induisirent, qui plus est dans un délai court, certaines formèrent des consortiums au sein desquels elles se partagèrent ces coûts en se répartissent les activités de maintenance lourde. Ces consortiums ont quasiment tous disparu. Avec le temps, les compagnies aériennes ont soit, abandonné ces activités pour se recentrer sur " leur corps de métier ", le transport de passagers soit ont créé de véritables entités industrielles, souvent filiales de la compagnie aérienne, capables de fournir à des clients tiers, de véritables services incluant non seulement les grandes visites des moteurs et des avions qu'elles exploitent mais également la mise à disposition de moteurs ou d'équipements de rechange, tant pour les moteurs que pour les avions.

Les constructeurs. Dans une première phase, les constructeurs n'effectuaient que relativement peu d'activités de maintenance lourde. Dans le milieu des années quatre-vingts pour sécuriser leur marché mais aussi, pour répondre aux demandes de compagnies dont le nombre ne cessait de croître, les constructeurs commencèrent à proposer à leurs clients, souvent demandeurs, dès le moment de la campagne de vente

d'avions neufs, mais pas uniquement, des opérations à coûts connus. Les dépenses associées à la maintenance lourde des moteurs sont significatives. Elles ne sont pas sans impact sur le budget global des opérateurs. Les constructeurs, entrant en compétition avec leurs clients " majors " commencèrent alors à proposer des contrats dits à l'heure de vol pouvant inclure la mise à disposition de moteurs de rechange, de pièces et d'accessoires liés aux moteurs, régulièrement associés à des tâches d'engineering tel que le suivi des performances, l'assistance en ligne aux dépannages et l'aide à la planification des déposes. Ces contrats proposent différentes variations, tel que cout à l'heure de vol, incluant ou pas, les couts de remplacement des pièces à durée de vie limitée, couts plafonnés sur une durée mutuellement déterminée... L'imagination en la matière n'a pas de limite. Cet aspect qui mériterait à lui seul un chapitre complet ne sera pas traité ici. Toutefois, nous n'omettrons pas de mentionner, un point contractuel très important : le temps maximum de recyclage des moteurs. L'opérateur et son agence de réparation devront contractualiser le délai d'exécution maximum du recyclage des moteurs. Ce critère est essentiel à la détermination du nombre de moteurs de rechange dont devra disposer l'opérateur. On ajoutera l'étude du ratio heures/cycles et des conditions d'utilisation, altitude et températures moyennes des aéroports du réseau, pollution atmosphérique tel que la présence de poussières dans l'air permettant de déterminer le facteur de sévérité et d'affiner les besoins en moteurs de rechange donc de l'investissement à considérer. Les premiers moteurs seront achetés et livrés au moment de la mise en service de la flotte. Leur nombre sera ensuite ajusté en fonction de son évolution. Rien de plus dommageable que de ne pouvoir faire voler un avion par manque de moteur de rechange.

On observera qu'avec la montée en puissance des livraisons des avions monocouloirs type Airbus A320 NEO et Boeing 737 MAX, que les constructeurs commencent à établir des coopérations formelles avec les entités services filiales des grandes compagnies aériennes.

Les privés ou parties tiers. Les privés ou parties tiers sont des intervenants qui ne sont ni constructeur ni compagnie aérienne. Ils n'existent pratiquement plus dans le périmètre de l'aviation commerciale pour ce qui concerne les interventions sur les moteurs complets ou leurs modules. Toutefois, ils restent très nombreux et indispensables dans le domaine de la réparation de pièces élémentaires. Typiquement, cette activité requiert de disposer de moyens industriels hautement spécialisés nécessairement associés à des savoir-faire très spécifiques. Il n'est pas rare que ces intervenants interviennent simultanément sur des pièces de plusieurs constructeurs.

Ainsi se conclut cette brève présentation relative à des activités, insuffisamment médiatisées hors du milieu aéronautique indispensables aux aviations tant commerciales que militaires génératrices d'emplois divers : engineering, techniciens, planification, qualitatifs, spécialistes de la réglementation, logistique et administration. Tous de haute technicité et qui, de plus proposent des défis aussi divers que variés à relever quotidiennement.

Notes de fin :

- (1) La définition du cycle est formalisée. Un cycle représentatif d'un vol, est constitué du démarrage, des puissances utilisées en phases du ralenti sol, du décollage, de la montée, de la croisière, de la descente, de la mise en inversion de poussée, quelle qu'en soient les durées et de l'arrêt du moteur.
- (2) Les pièces constitutives des moteurs d'avion, tournantes ou statiques, font l'objet de cycles de contraintes alternées (Forces centrifuges et variation de la température de fonctionnement notamment) pouvant engendrer, au rythme de l'utilisation, des déformations variables de nature à entraîner la formation de fissures qui conduiraient à terme à leur rupture. Pour éliminer ce risque potentiel il est essentiel de maîtriser ce phénomène. Typiquement par des inspections non destructives à rythme déterminé et par le retrait et le rebus de ces pièces à un nombre de cycles maximum au-delà duquel il serait risqué de les maintenir en fonctionnement.
- (3) ETOPS pour " Extended Twin Operations " est un ensemble de règles émises par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale qui interdit, sauf approbation de l'autorité de tutelle, de s'éloigner de plus de 60 minutes pour un avion bimoteur, 180 pour un avion multimoteur, dans des conditions normales et en air calme d'un aéroport " adéquat ". L'approbation est obtenue après que l'opérateur, qui en fait la demande, démontre qu'il dispose d'avions disposant de la configuration adéquate et avoir mis en place les moyens de maintenance, de planification et d'opération requis.

Dans le cadre de l'exploitation d'un aéronef en réglementation ETOPS, il faut démontrer, mais pas exclusivement, que la consommation d'huile ne dépasse pas un seuil tel qu'il ne serait pas possible, depuis n'importe quel point du parcours, de rejoindre l'aéroport " adéquat ". Il faut aussi démontrer qu'une marge suffisante existe entre la vitesse de rotation du générateur de gaz et sa vitesse de rotation maximale autorisée dans toutes les conditions de vol certifiées. Les logiciels de suivi des performances fournissent ces informations vol après vol, voire en temps réel.

Le Morbihan-Aéro-Musée de Vannes Monterblanc



MORBIHAN AÉRO MUSÉE

Créé en mai 2014, le Musée aéronautique du Morbihan, implanté sur l'aérodrome de Vannes-Golfe du Morbihan, à Monterblanc, a deux missions principales. La première est d'assurer la conservation et l'enrichissement des collections ainsi que la présentation au public du patrimoine historique et culturel dans le domaine de l'aéronautique et de l'espace. La seconde est liée à son implantation qui est de conserver la mémoire du site Vannetais. En effet, ce terrain d'aviation créé en 1926 pour les besoins de l'aviation de tourisme, entre les deux-guerres, devient, durant la Seconde guerre mondiale, une plateforme stratégique aussi bien pour les allemands que les Alliés. Depuis les années 1980, les deux musées successifs, le Musée Aéronautique de Vannes Agglomération - MOnterblanc ou Mavamo (entre 1984 à 2014) puis le Morbihan Aero Musée, valorisent les trois hangars érigés en 1941 - les seuls de ce type encore debout en Europe - dont l'un d'entre-eux vient d'être protégé au titre des monuments historiques.

Historique de l'aérodrome de Vannes-Meucon

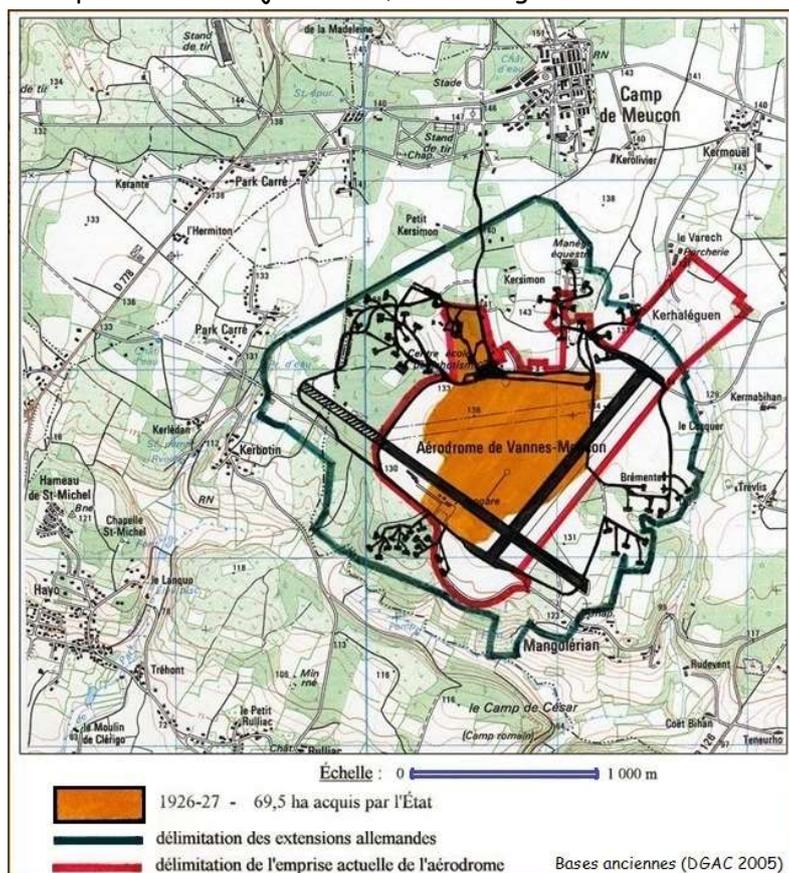
Situé à 8 km au nord-est de Vannes, sur la commune de Monterblanc, le site est un ancien centre d'entraînement d'artillerie. Le site et ses alentours accueillent en 1917 un centre de formation en artillerie, ballon captif, pilotage, destiné à la formation des troupes américaines avant leur départ au front. Devenu aérodrome civil en 1926 il accueille, entre les deux guerres, un aéroclub en 1935 et, deux ans plus tard, une école élémentaire de pilotage de l'aviation populaire, l'EEP n° 27. Utilisant 10 appareils (monoplans et biplans) : 5 De Havilland DH-60 " Gipsy Moth ", 3 Salmson D.6 " Cri-cri ", 1 Caudron C-280 " Phalène " et 1 Morane-Saulnier MS-230, l'EEP n° 27 fait partie des 35 écoles similaires - dont quatre en Bretagne - créées à partir de 1936 en métropole et dans les colonies. Elles font parties de la filière de formation initiale des pilotes sous-officiers et hommes de troupe de l'Armée de l'air française.

A partir de fin juin 1940, la Bretagne est totalement occupée par l'armée allemande. La Luftwaffe

s'installe sur ses nombreux aérodromes et les utilise notamment pour bombarder le territoire anglais durant la bataille d'Angleterre à partir de juillet 1940.

L'aérodrome de Vannes-Meucon qui porte le nom de code E 228/XII (1) fait l'objet, entre août 1940 et juillet 1941, d'importants travaux d'aménagement avec deux pistes d'envol sécantes en béton de 1 325 m x 60 m et 1342 m x 60 m équipées d'un balisage lumineux permanent. Autour d'elles s'articulent quatre groupes d'aires de dispersion dans des zones boisées destinées chacune à une escadrille (un total 41 abris pour aéronefs de grande taille et 21 abris pour aéronefs de petite taille), de constructions de 36 hangars métalliques et de nombreux blockhaus. Un soin particulier est apporté au camouflage, avec la peinture des pistes, mais aussi la création d'un faux bocage. Le terrain occupera une surface de 450 hectares.

Plus d'une quinzaine d'unités aériennes (chasse, bombardement, transport, reconnaissance météo, entraînement et détection/destruction de mines) se succèdent sur le terrain pendant quatre ans. Deux escadres se distinguent : le Kampfgeschwader KG-100 " Viking " avec des Heinkel He 111 H-3 (août 1940 - juin 1941), et l'emblématique Jagdgeschwader JG-2 " Richthofen " avec des Focke-Wulf 190 A3 et A4 (novembre 1942 à octobre 1943). Au second semestre 1940, ce sont les Heinkel 111 H3 de Meucon qui infligent les plus graves bombardements nocturnes que subit la Grande-Bretagne : les docks de Londres,



Coventry, etc. Quant aux escadrons de chasse, la mission est de défendre principalement l'espace aérien normand et breton contre les intrusions de l'aviation alliée.

Le sud Bretagne est le théâtre de nombreux combats dans les airs notamment dus à la situation stratégique de l'aérodrome de Vannes qui a en charge la protection des bases sous-marines de Lorient et de Saint-Nazaire cibles de l'aviation alliée. C'est dans ce cadre que stationnent successivement, en 1942 et 1943, deux unités spéciales de recherche de mines magnétiques dotées de Junkers Ju-52 MS, Mausei ou encore MinenSuch ("Dragueurs de mines").



Junkers Ju-52 MS, Mausei. Au total, environ 70 Ju-52 3m ont été convertis en version MinenSuch. (© Bundearchiv).

Le Junkers Ju-52 MS est équipé d'un anneau en duralumin de 14 mètres fixé sous le fuselage et les ailes et dans lequel circulait du courant électrique. Une génératrice électrique, entraînée par un moteur thermique diesel, située dans la carlingue de l'avion crée un champ magnétique d'un rayonnement de 100 mètres environ. L'appareil vole à une vitesse de 120 km/h et à une altitude d'environ 20-30 mètres au-dessus de la surface de la mer. Une mine magnétique immergée jusqu'à une profondeur d'environ 70-80 mètres peut ainsi être détectée. Le champ magnétique la fait exploser.

A la mi-février 1942, stationne un détachement du Sonderkommando Mausei, une unité spéciale de la Luftwaffe dont le rôle est de développer les techniques de combat dans le domaine de la lutte anti-mines, au profit de l'opération dite "Channel Dash". Plus connue sous le nom d'opération "Cerberus", elle consiste à transférer secrètement les trois croiseurs de bataille, Scharnhorst et Gneisenau et Prinz Eugen, et une grande escorte de destroyers et torpilleurs, depuis Brest et Lorient vers les ports du nord de l'Allemagne via la Manche. En préparation à l'opération, la mission des trimoteurs est de faire exploser les mines marines découvertes aux abords de Lorient, avec un lourd soutien aérien assuré par la Luftwaffe (opération "Donnerkeil").



Focke-Wulf 190 A3, "4" jaune - 9/JG-2 (© Bundesarchiv)



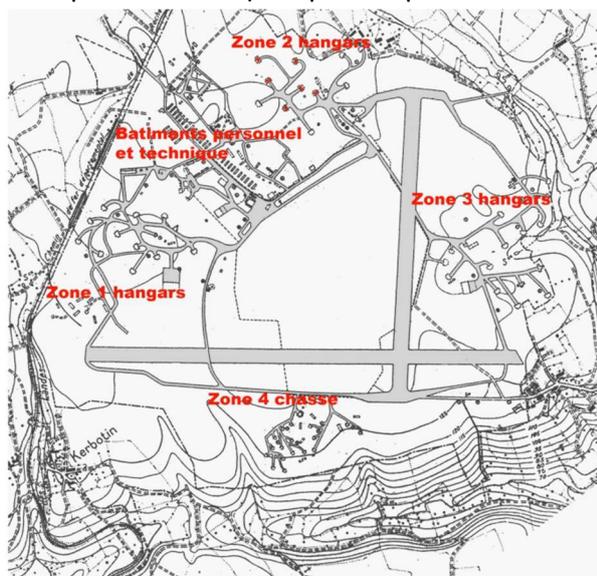
Junkers Ju-88 D1 Wekusta 51 (© Bundesarchiv)

Un an et demi plus tard, en septembre 1943, une seconde escadrille de la Minensuchgruppe 1 équipée de Junkers Ju-52 MS, arrive à Meucon. Proche des bases sous-marines de Lorient et Saint-Nazaire, son rôle est de soutenir les navires de déminage car le trimoteur apporte une meilleure efficacité.

Une unité particulière de la Luftwaffe va également stationner sur le terrain: la Wettererkundungsstaffeln 51 (aussi appelé Wekusta ou Westa) spécialisée dans la reconnaissance météorologique à longue distance. Au moyen de bimoteurs Junkers Ju-88 D1 et D5, sa tâche principale est de recueillir des données météorologiques du sud-ouest de l'Irlande au Nord-ouest de l'Espagne. La durée type d'un vol est d'environ 6 heures, au cours duquel l'appareil sillonne 2 000 kilomètres au-dessus de l'océan.

Comme nombre d'aérodromes de la Luftwaffe, un terrain leurre est aménagé en novembre 1940 sur la commune de Grand-Champ à 11 km au nord-ouest du terrain de Meucon. Connu sous le nom de code E 20/XIII, c'est une réplique exacte des pistes de Meucon avec des avions en bois. Également dédié aux atterrissages d'urgence, il devient un terrain satellite ou de dispersion en juin 1944. Afin de préserver l'aérodrome de Meucon, les deux fausses pistes sont éclairées la nuit pour attirer les raids des bombardiers alliés, des faux

avions en bois sont régulièrement déplacés. Bombardé à plusieurs reprises, le faux aérodrome ne sera découvert par les Alliés qu'au printemps 1943.



Plan du terrain de Meucon



Aérodrome factice de Grand-Champ (1943)

Plusieurs as allemands (experten) ont séjourné à Vannes-Meucon dont Joseph " Sepp " Wurmheller (1917 - 1944). Appartenant à la JG 2 " Richthofen " c'est l'un des rares pilotes de la Luftwaffe à avoir dépassé les 100 victoires aériennes (102) contre les forces occidentales. En plus de 300 missions de combat, toutes ses victoires, sauf 9 avions soviétiques, sont remportées contre les forces anglo-américaines dont 54 Spitfire et 22 quadrimoteurs de type B-17 Flying Fortress, B-24 Liberator et B-26 Marauder. Marqué par cinq années de combats épuisants, il disparaît en combat aérien le 22 juin 1944.

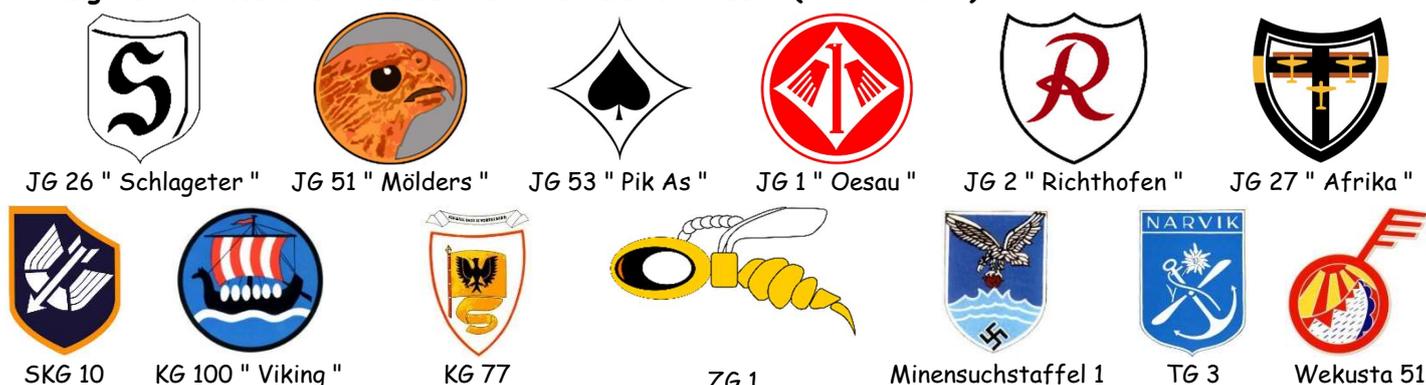
Les unités opérationnelles de la Luftwaffe à Vannes-Meucon (1940 - 1944) (2)

Groupe		Dates	Avions
Jagdgeschwader 26 " Schlageter "	Engr./	février - juin 1941	Messerschmitt Me 109 E/F
Jagdgeschwader 51 " Mölders "	1. Staffel	octobre 1941 - janvier 1942	Messerschmitt Me 109 F
Jagdgeschwader 53 " Pik As "	1. et 2. Staffel	8 juin 1941 - 1 septembre 1941	Messerschmitt Me 109 E/F
Jagdgeschwader 1 " Oesau "	IV. Gruppe	6 au 31 janvier 1942	Messerschmitt Me 109 E
10./JG 1, 11./JG 1, 12./JG 1			
Jagdgeschwader 2 " Richthofen "	III. Gruppe	22 novembre 1942 - octobre 1943	Focke-Wulf Fw 190 A3/A4
Stab III./JG 2, 7./JG 2, 9./JG 2, 10./JG 2			
Jagdgeschwader 27 " Afrika "	I. Gruppe	17 au 22 juin 1944	Messerschmitt Me 109 G6
Stab I./JG 27, 1./JG 27, 2./JG 27, 3./JG 27			
Jagdgeschwader 53 " Pik As "	II. Gruppe	7 au 15 juin 1944	Messerschmitt Me 109 G6
Stab I./JG 53, 4./JG 53, 5./JG 53, 6./JG 53			
Schnellkampfgeschwader 10	II. Gruppe	mai - juin 1943	Focke-Wulf Fw 190 A
6./SKG 10			
Kampfgruppe 100 " Viking "		9 août 1940 - 17 juin 1941	Heinkel He-111 H3
Stab KG 100, 1. 2. 3. Staffel			
Kampfgeschwader 77	III. Gruppe	10 mai - 30 juin 1942	Junkers Ju-88 A
Stab III./KG 77, 7. 8. 9. KG 77			
Zerstörergeschwader (ZG) 1	I. Gruppe	décembre 1943 - 12 juin 1944	Junkers Ju-88 C6
Stab I./ZG 1, 2. ZG 1			
Minensuchstaffel 1.	1. Staffel	avril 1942 - septembre 1943	Junkers Ju-52 M5
Transportgeschwader 3	III. Gruppe 11.TG 3	mai - juin 1943	Junkers Ju-52 3m
Erprobungskommando 188		juin - novembre 1943	Junkers Ju-188 E1
Wettererkundungsstaffel 51 (Wekusta 51)		6 juillet 1943 - 13 juin 1944	Junkers Ju-88

Unités de réserves et d'entraînement à Vannes-Meucon (1940 - 1944)

Ergänzungsgruppe 51 " Mölders "	1./Erg.Gr. JG 51	octobre 1941 - janvier 1942	Messerschmitt Me 109 E
Ergänzungsgruppe 53 " Pik As "	1./Erg.Gr. JG 53	juin - septembre 1941	Messerschmitt Me 109 E
Jagdgeschwader 1 " Oesau "	IV./JG 1	janvier 1942	Messerschmitt Me 109 E

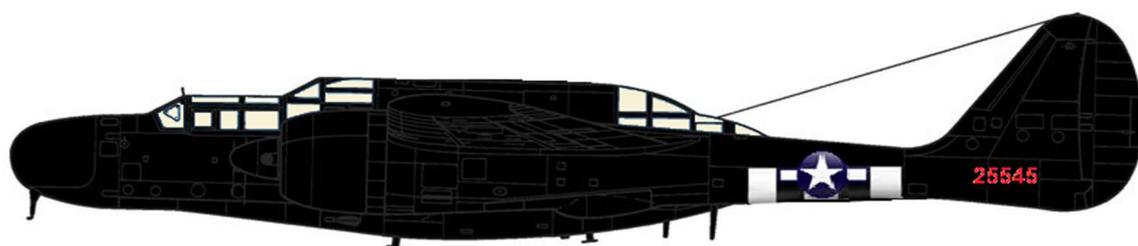
Insignes des escadres de la Luftwaffe à Vannes-Meucon (1940 - 1944)



Comme partout sur la côte française, l'aérodrome de Vannes est bombardé à trois reprises : en mars 1941, de nuit, par des 4 bimoteurs Bristol Blenheim Mk IV de la Royal Air Force, en septembre 1943 par un groupe de 55 quadrimoteurs Boeing B-17 F Flying Fortress de l'US Army Air Force (USAAF) et en juin 1944 par 55 Boeing B-17 F. Raid le plus dévastateur, on dénombre environ 450 cratères de bombes sur la partie sud-ouest du terrain et environ 80 impacts sur les chemins de roulements ; trois hangars sont touchés, un abri à avion est détruit ainsi que quatre Messerschmitt Me 109 G-6.

Avant le départ des allemands, les alliés décident de neutraliser les installations de Vannes-Meucon. Le 30 mai 1944, une quarantaine de chasseurs bombardiers P-47 D " Thunderbolt " de l'USAAF attaquent, pendant quinze minutes, le terrain au cours duquel 3 hangars sont touchés, avec un Junkers Ju 88 et deux Dornier Do 217 anéantis.

Lors de leur retraite, au début août 1944, les allemands détruisent les installations. Prenant possession des lieux quelques jours plus tard, le 850^{ème} bataillon du génie de la 9^{ème} Air Force américaine démine, détruit les avions de la Luftwaffe (il ne reste que trois épaves), répare les pistes et prolonge de 525 m en structure goudronnée celle d'orientation N-O / S-E. Désigné comme " A-33 " par l'USAAF (3) fin août, stationne pendant environ un mois - du 18 août au 11 septembre 1944 - un escadron de 16 bimoteurs triplaces de chasse de nuit Northrop P-61 A5 " Black Widow ", du 425^{ème} Night Fighter Squadron (NFS). Devant son surnom à sa couleur noire de chasseur de nuit, il est resté dans l'histoire comme le premier chasseur lourd américain spécialement conçu pour la chasse de nuit et équipé d'un radar. Au cours de son séjour à Meucon, l'unité utilise pour la première fois le bimoteur dans des missions d'attaque au sol grâce avec ses quatre canons de 20 mm. L'escadron perd un avion avec son pilote lors d'une mission d'attaque à basse altitude de troupes allemandes près de Riantec (au sud-est de Lorient). L'appareil heurtant un poteau téléphonique. Une fois la menace de la Luftwaffe diminuée dans la région, les chasseurs de nuit sont déplacés vers l'est, le terrain devient un aérodrome de ravitaillement et d'évacuation pour les blessés et victimes à traiter, avant d'être envoyés en Angleterre ou aux États-Unis.

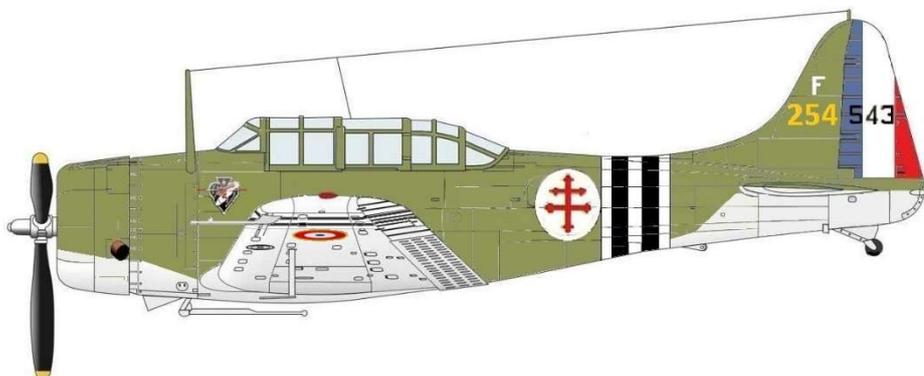


Northrop P-61 A5 " Black Widow " s/n 42-5545 du 425^{ème} Night Fighter Squadron (NFS). L'appareil a été abattu fin août 1944 lors d'une mission d'attaque à basse altitude près de Riantec. (© Auteur)

425^{ème} NFS

Lorsque le 425^{ème} NFS abandonne le terrain, il laisse la place aux bombardiers en piqué Douglas A-24 B " Dauntless " du Groupe de Chasse et de Bombardement GCB 1/18 " Vendée ". Formé en août 1944, à Mouzaïville (Algérie) au sein des Forces Aériennes Françaises Libres (FAFL), le GCB 1/18 " Vendée " est constitué de deux escadrilles de 10 appareils : la première équipée sur Dewoitine D520 et la seconde sur bombardiers en piqué Douglas A-24 B " Dauntless ", une version " dénavalisée " du SBD 5 (Scout-Bomber Douglas) de l'US Navy.

Après la bataille de Normandie d'août 1944 et le retrait des forces allemandes du Sud-Ouest, il reste sur la façade atlantique de Brest à Bordeaux, un fort contingent d'unités qui se sont retranchées autour des bases-marines de la Kriegsmarine. Si Brest tombe rapidement en septembre 1944, trois autres : Lorient - Saint-Nazaire - La Rochelle - La Palice et l'Ile-de-Ré ne capituleront que le 8 mai. Les Douglas A-24 B "Dauntless" sont chargés d'appuyer les attaques alliées contre la poche de Lorient, la zone comprise entre la Laïta et la presqu'île de Quiberon, et les positions fortifiées des côtes atlantiques. Ainsi, le 1er novembre 1944, les A-24 tentent de détruire le pont Lorois au-dessus de la rivière d'Etel (entre Belz et Plouhinec) avec plus de trente sorties de bombardements en piqué, mais l'endommagement seulement et perd l'un de ses commandants d'escadrille abattu par la Flak. Le pont sera détruit trois jours plus tard par l'aviation alliée.



Douglas A-24 B "Dauntless" s/n 42-54543 - GCB 1/18 "Vendée". Créée fin août 1944, l'unité stationne à Vannes entre mi-septembre 1944 et mars 1945. (© Auteur)



Insigne du GCB 1/18 "Vendée" : as de pique noir inversé avec croix de Lorraine blanche, diable rouge chevauchant une bombe blanche et la devise : "Pique hardiment".

Les accidents et incidents sont nombreux comme en fin novembre où un A-24 est perdu avec son équipage lors d'une mission d'entraînement au vol de groupe, suite à une à une manœuvre trop serrée dans un passage à très basse altitude entraînant une perte de contrôle. Au total cinq avions sont détruits. Les pertes au combat sont également lourdes, avec trois appareils abattus en mission au-dessus de la poche de Lorient.

Au début de l'année 1945, le GCB I/18 "Vendée" n'est plus vraiment opérationnel : il quitte Vannes fin mars. Le 20 juin 1945, l'aéroport revient sous contrôle civil français mais, lourdement endommagé, il nécessite une reconstruction importante, et la piste principale est rénovée et recouverte d'asphalte. Aujourd'hui, c'est un aéroport civil régional, un site d'entraînement pour le parachutisme civil et militaire, et dédié à l'aviation de tourisme et d'affaire. L'ancienne piste secondaire (13/31) est maintenant une aire de stationnement en béton et montre encore des taches d'asphalte appliquées sur les cratères de bombes de guerre laissés par la 8^{ème} Air Force. Une piste en herbe de 965 m de longueur sur 60 m de largeur (08/26) est construite après-guerre.

Le Musée Aéronautique de Vannes Agglomération - Monterblanc (MAVAMO) 1984 - 2014

Créé en 1984 et fermé en février 2014, le MAVAMO (Musée Aéronautique de Vannes Agglomération - MOnterblanc) a exposé 12 appareils dont certains très rares, 19 propulseurs et énormément de matériels de toutes époques. Lorsque le MAVAMO cesse ses activités, (qui seront reprises quelques mois plus tard par l'actuel MAM, Musée Aéronautique du Morbihan), la collection est dispersée dans d'autres musées.

Fort d'une trentaine de bénévoles, c'est au départ une association faisant partie de la fédération des Ailes Anciennes Armorique.



Le MAVAMO en 2013

Collection aéronefs. La collection est constituée d'une douzaine d'aéronefs :

- Boisavia B-601 L Mercury en cours de restauration en vol, futur F-PVAM.
- Dassault Super Mystère B2 n° 179 dont la dérive a disparu lors d'une tempête. Au musée européen de l'aviation de chasse (MEAC) de Montélimar-Ancône.
- Dassault Etendard IV M n° 06. Cet exemplaire est exposé aux Ailes Anciennes de Toulouse.



- Lockheed T-33 SF serial 21009 (cn T33-009). C'est le seul T-33 à avoir reçu un camouflage (marron et vert), dans l'Armée de l'air, pour les besoins des tournages de la première série télévisée des Chevaliers du Ciel. Cet appareil est conservé Musée Aéronautique d'Orange.
- Lockheed T-33 A T-Bird serial 53091 (cn 580-9632). Propriété des USA. Préservé au Morbihan Aéro Musée.
- Max Holste MH-1521 Broussard n° 70. Amicale des Avions Anciens au musée d'Alençon.
- Morane Saulnier MS-733 Alcyon n° 15 F-BNEA.
- planeur poutre Deutsche Forschungsanstalt für Segelflug DFS SG-38 n° 35 F-CAJB. Cet appareil est conservé Musée Régional de l'Air d'Angers.
- planeur Nord 2000 n° 79. Cet appareil est conservé Musée Régional de l'Air d'Angers.
- Nord 2501 Noratlas n° 160. Propriété de la commune de Monterblanc. Préservé au Morbihan Aéro Musée.
- Nord 2200 n° 01 prototype d'un avion embarqué.
- Sud-Est SE-535 Mistral n° 50. Il existe seulement deux SNCASE SE-535 Mistral : celui du Musée de l'Air et de l'Espace (MAE) le n° 50. Encore complet au MAVAMO, les poutres ont disparu à Etampes. Vendu aux enchères, à Auray, en mai 2023 il est dépourvu de sa voilure, ses poutres et empennages avec le poste de pilotage sans aucun instrument.
- Vought F-8 U1 (F-8 A) Crusader BuNo (numéro de série au sein de l'US Navy) 143719 (c/n 86) fuselage uniquement, sans sa pointe avant, sa voilure et son empennage horizontal.
 - Réplique de la barque volante - La Barque Ailée - de Jean Marie Le Bris (1856), pionnier de l'aviation.

Matériels et équipements divers : sélecteur magnéto de Junkers Ju-88, instruments de bord radio-sonde et radio-compass, missile air-air Matra R-530, pales d'hélices, siège éjectable Martin Baker Mk F 5AF de F8 E (FN), pack à oxygène de F8 E (FN), les vitrines abritant des maquettes, Spad VII : un compas, une montre, un baromètre altimétrique, un indicateur de vitesse Badin avec sa sonde et sa tuyauterie, un anémomètre et un morceau de pale d'hélice en bois.



Parmi les raretés de la collection d'aéronefs figurent deux monoréacteurs des années 1950 : l'unique exemplaire du Nord 2200 de la S.N.C.A.N (Société Nationale de Constructions Aéronautiques du Nord), un prototype d'un avion embarqué, et le Vought F-8 A Crusader BuNo 143719.

A l'issue de ses essais en vol, en 1954, le Nord 2200 disparaît jusqu'en juin 1978, date à laquelle il est retrouvé stocké à Avord. Le monoréacteur est alors transféré au Musée de l'Air et de l'Espace (MAE) du Bourget qui le conserve dans ses réserves d'abord à Chartres, puis à Villacoublay après 1981.

A cette époque, la cellule est déjà en mauvais état et susceptible d'être ferrillée. L'association " Ailes Anciennes Armorique " de Vannes le récupère en novembre et espère le restaurer, mais la tâche semble déjà conséquente et nécessiter plutôt une reconstruction. De plus, il est stocké dans de mauvaises conditions, à l'extérieur. L'épave ne sera jamais restaurée mais diverses pièces sont conservées dans un coin de hangar. Lorsque le MAVAMO ferme en février 2014, il est décidé de le transférer à l'Espace Aéro Lyon Corbas (E.A.L.C.). L'unique prototype est sauvé mais sa structure, trop corrodée, ne permet pas une restauration voire même une reconstruction. L'unique prototype est ferrillé l'année même, seule sa dérive est conservée.



Nord 2200 n° 01



Vought F-8 A Crusader BuNo 143719

Pour rappel, le Nord 2200 était un avion de chasse monoplace embarqué, équipé d'un réacteur Hispano-Suiza " Nene " 102 de 2 270 kgp produit sous licence Rolls-Royce. Construit à un seul exemplaire, il effectue son premier vol le 16 décembre 1949, mais le programme est abandonné en 1951. Stocké à Villaroche, le Nord 2200 continue à voler jusqu'en juin 1954, accumulant 120 vols.

Le Vought F-8 A Crusader BuNo 143719 n'a jamais volé au sein de l'Aéronautique navale. C'est un appareil fourni par les Etats-Unis lors de l'achat des quarante-deux F-8E (FN) en mai 1964, destiné à la formation des techniciens de l'Aéronautique Navale. Mis en service fin juillet 1957 dans l'US Navy au sein de la flottille VF-103 " Sluggers " qui est l'un des premiers escadrons à passer sur Vought F-8 Crusader, il passe ensuite à l'US Marine Corps à la VMF-122 " Crusaders ". En janvier 1962, après seulement quatre ans et demi d'activité, l'intercepteur supersonique est stocké puis réformé. Affecté au Centre Ecole de Rochefort-sur-mer (CEAN) pour la formation des mécaniciens, en 1964, il est dépouillé de toutes les pièces utiles pour maintenir la flotte de Vought F-8 FN en état de vol. Il conserve les marquages de l'USMC, mais est rapidement repeint aux couleurs des Crusader français avec le faux code " 01 ".



Siège éjectable Martin Baker Mk F 5AF de Vought F8 E (FN)
Crusader, tableaux électriques, pack à oxygène de F8 E (FN),

L'Aéronautique navale cède le monoréacteur en 1995 au MAVAMO. Au fil des années sa livrée Marine s'efface et la livrée USMC d'origine réapparaît. L'appareil est dans un état très détérioré, sans sa voilure. Lorsque le MAVAMO cesse ses activités, le " 143719 " doit être cédé au Musée Aéronautique d'Orange, mais il est vendu à un particulier pour un " projet artistique " à Gréolières-les-Neiges (Alpes Maritimes). En 2020 on le retrouve dans un parc à ferraille de cette localité où il se trouve encore aujourd'hui.

Collection moteurs. Le musée propose la découverte d'une panoplie d'une quinzaine de propulseurs : moteurs à pistons, turboréacteurs, turbomoteurs, Groupe de Puissance Auxiliaire (APU) tous exposés individuellement. Trois d'entre-eux ayant servi de supports pédagogiques, sont présentés sous forme d'écorchés voire animés, permettant ainsi d'en connaître le principe de fonctionnement et d'en apprécier la complexité mécanique. C'est le cas notamment du moteur à pistons 6 cylindres en ligne inversé Renault 6Q, du réacteur d'appoint Westinghouse ayant été installé sur le bimoteur de patrouille maritime Lockheed P2-V7 " Neptune " et du réacteur Turboméca Marboré VI.

La collection comporte :

Moteur à pistons 4 cylindres Minié 4 DA 28 Horus.

Moteurs à pistons 6 cylindres : en ligne inversé Renault 6Q (en coupe) et 6 cylindres à plat Continental.

Moteur à pistons 12 cylindres en ligne Hispano-Suiza 12 Y45 (Morane-Saulnier MS-406).

Moteur à pistons 18 cylindres Wright R-3350-32W de 3 751 ch en étoiles (9 cylindres par étoile) avec injection d'eau-méthanol de Lockheed P2-V7 " Neptune ".

Turbomoteur Turboméca Astazou II (Alouette III).

Groupe de Puissance Auxiliaire (APU). Avionné sur Bréguet 1150 Atlantic, ce groupe fournit une génération électrique, hydraulique, la pressurisation et fait fonction de démarreur à air chaud (genre Palouste).

Réacteurs à flux centrifuge : Rolls-Royce RB-41 Nene 102 et Turboméca Marboré VI (en coupe),

Réacteur d'appoint Westinghouse J34-WE-36 de 1540 kg de poussée Lockheed P2-V7 " Neptune " (animé),

Réacteur à flux axial subsonique SNECMA Atar 101 B2 (deux exemplaires). L'un des deux exemplaires, stocké longue durée en avril 1952 a été sorti cinquante ans plus tard, en avril 2002, intact. Produit à 50 exemplaires, l'Atar 101 B2 constitue la première production en série du motoriste.

Réacteur à flux axial transsonique SNECMA Atar 101 E (SNCASO SO 4050 Vautour II) et supersonique SNECMA Atar 101 G (Dassault Super Mystère B2).

Réacteur double-flux Pratt & Whitney - SNECMA TF-104 (partiel : compresseur et raccordement) (Dassault Mirage III T).



Réacteur axial simple corps simple flux SNECMA Atar 101 E et 101 G, réacteur centrifuge Turboméca Marboré VI (en coupe),
turbomoteur Turboméca Astazou II

Le Morbihan Aero Musée

Créé en mai 2014 et ouvert au public en 2019, le Musée se caractérise comme un conservatoire de découverte aéronautique regroupant des éléments de la Conquête spatiale et des témoignages de l'histoire de l'aéronautique sur le terrain de Vannes et sa région de 1870 à nos jours.

Le visiteur se retrouve plongé dans l'histoire du XX^{ème} siècle en découvrant les trois hangars historiques - de forme trapézoïdale, ce type de bâtiment n'ayant jamais été édifié sur une autre base de la Luftwaffe en Europe - abritant documents, maquettes, moteurs, mais aussi de véritables avions de chasse, de transport ou de loisir et une exposition sur la conquête de l'Espace.

Liste des aéronefs de la collection

Nord 2501 " Noratlas " n° 160

Aérospatiale MBB C-160 " Transall " n° R202

Sikorsky H-34 A serial 58-705

Dassault " Etendard IV M " n° 14

Lockheed T-33 " T-Bird " serial 53091

Fouga CM-170 " Magister " n° 143

Planeur DFS 108-14 (SG 38) Zögling n° 124

Planeur Caudron C-800 " Epervier " n° 9898/238 (F-CAHF)

Mauboussin M129 " Corsaire " n° 191 (F-BBSK)

Pitts S1 D spécial (F-PYXA)

Mignet HM-293 " Pou du Ciel " n° 27MO

Dates d'acquisition

Mai 2014

Juin 2022

Juillet 2022

Avril 2023

Mai 2014

Mai 2014

Novembre 2020

Novembre 2020

Novembre 2020

Février 2023

Juillet 2020



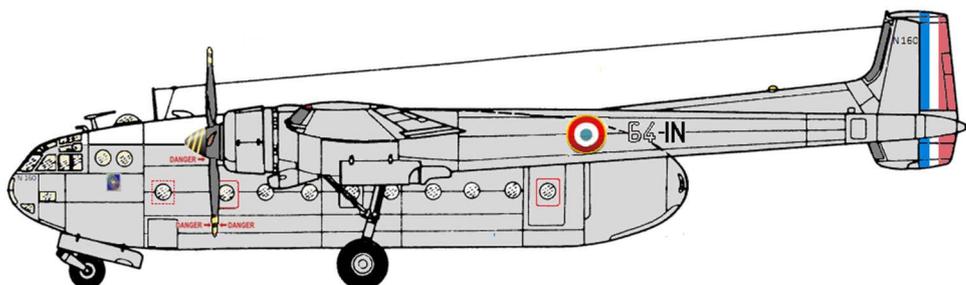
Le Nord 2501 n° 160 codé 64-IN, communément appelé Noratlas et surnommé la " Grise " (© Morbihan Aéro Musée). Son empennage est porté par deux poutres afin de faciliter le chargement et le parachutage de charges volumineuses. C'est le premier avion de transport tactique conçu et produit en France après la Seconde guerre mondiale.

En extérieur

En extérieur sont présentés aux visiteurs trois aéronefs destinés au transport de matériels et de parachutistes : un Nord N2501 Noratlas, un C-160 Transall et un Sikorsky H-34 A.

L'avion-cargo bipoutre Nord 2501 n°160.

Le Nord 2501, communément appelé Noratlas et surnommé " la Grise " ou le " Bulldozer à cunimbs " par ses équipages, parce qu'il n'a pas de radar météo pour détecter les nuages, est un avion de transport militaire bimoteur bipoutre à ailes hautes, réalisé par Nord-Aviation au début des années 1950. En juin 1956 un contrat est signé à Hambourg entre la société française Nord Aviation et Flugzeubau Nord (association de " Weser " Flugzeubau, Sieble-ATG et Hamburger Flugzeubau) pour la fabrication sous licence en Allemagne du bimoteur. Sa production, entre 1954 et 1962, s'élève à 426 exemplaires dont 162 de type Nord 2501 D pour la Bundesluftwaffe.



Nord 2501 Noratlas n° 160 64-IN.

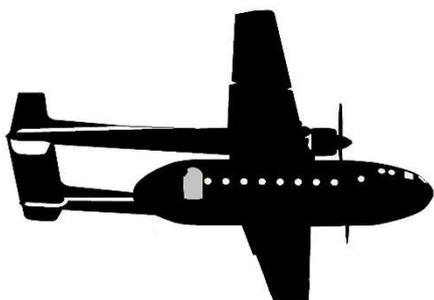
Il porte sur le flanc gauche l'insigne de la 63^{ème} escadre. L'appareil est un monoplan de transport, bimoteur, bipoutre à empennages bidérives et train d'atterrissage tricycle escamotable.

Surnommé affectueusement " Nora " par les militaires allemands, il est retiré du service au printemps 1971 après avoir équipé trois escadres de transport. Un certain nombre d'appareils seront destinés au

transport civil de passagers et utilisés par une dizaine de pays jusqu'à la fin des années 1990. Il cesse son activité opérationnelle dans l'Armée de l'air en octobre 1989 après 32 ans de service.

Aujourd'hui, un seul et unique exemplaire du cargo bipoutre, classé monument historique en 2007, est en état de vol, le n° 105 F-AZVM de l'Association " Noratlas de Provence " basé à Marignane. Il totalise actuellement 13 200 heures de vol.

Provenance de l'appareil exposé. Sorti de la chaîne d'assemblage de Bourges, le 20 mai 1958, et pris en compte par l'Armée de l'air, le 4 juin, le Nord 2501 n° 160 entre en service opérationnel le 8 juillet, au sein de l'ET 2/61 " Franche-Comté ", (2^{ème} Escadron de la 61^{ème} Escadre de Transport), basé à Orléans-Bricy. Mis à part les missions classiques de transport et d'aérolargages, l'appareil assure des liaisons aériennes régulières au départ d'Orléans vers les différents sites d'essais répartis dans le Sahara. Trois ans et demi plus tard, le 6 février 1962, il est affecté à l'ET 3/61 " Poitou " où il y reste jusqu'en août 1966. C'est au " Poitou " que le n° 160 restera le plus longtemps rattaché, quatre ans et demi.



En janvier 1967 il fait mouvement vers Toulouse-Francazal, au CIET 340 (Centre d'Instruction des Equipages du Transport), jusqu'au 22 juillet 1970. Cette unité était chargée de former tous les équipages du transport aérien militaire de l'Armée de l'air (pilotes, navigateurs, radios, mécaniciens de bord). De 1960 à 1971, le CIET mettra en œuvre la patrouille " Guimauve ", seule patrouille acrobatique française ayant utilisé des avions de transport lourds.

Entre juin 1970 et avril 1972, l'appareil rejoint le GAMOM 88 (Groupe d'Aviation Mixte d'Outre-Mer) stationné à sur la base aérienne 188 de Djibouti-Ambouli. Dans cette partie de l'Afrique, le bimoteur assure des missions au-dessus du territoire, de la Mer Rouge, l'Ethiopie, la Somalie et les côtes de Madagascar. Il revient en Métropole, au CIET 340, pendant deux ans puis retourne dans la corne de l'Afrique pour un second séjour d'un an et demi, de juin 1973 à octobre 1974.

De retour en France, il est affecté à l'ET 2/62 " Anjou ", sur la base aérienne de Reims-Bétheny, où il reste pendant près de quatre ans, entre 1974 et juin 1978, date de la dissolution de l'escadre. Durant son séjour en Champagne, l'appareil est détaché temporairement durant cinq mois à l'Escadron Electronique EE 54 " Dunkerque " stationné à Metz-Frescaty pour l'entraînement des équipages des Nord Gabriel.

Après la dissolution de l'escadre, il est intégré à l'ET 2/64 " Anjou ", sur la base aérienne d'Evreux-Fauville tout en conservant son indicatif radio " KK ". Il y stationne environ un an puis gagne l'ET 2/63 " Vercors ", en juillet 1979, à Toulouse-Francazal mais revient définitivement en Normandie à l'ET 1/64 " Béarn " où il achève sa carrière opérationnelle, le 20 décembre 1983. Il est placé en stockage sur la Base aérienne 279 de Châteaudun.

Au moment de son retrait du service, l'appareil totalise 11 047 heures de vol (le potentiel de vol des Nord 2501 étant fixé à 10 000 heures) et fait l'objet de deux visites d'Entretien Majeur (EMj), en 1966 et 1972. La seule modification technique importante concerne l'échange du plan central de voilure. Réformé le 17 septembre 1984, l'appareil est cédé à titre gratuit aux Ailes Anciennes Armorique, en juillet 1984, puis convoyé en vol le 6 septembre 1984 à Vannes-Meucon. Repris par l'Association Morbihan Aéro Musée, en 2014, au même endroit : il appartient officiellement à la commune de Monterblanc.



Nord 2501 n° 160 codé 61-YV - ET 2/61 " Franche-Comté "
(Collection G. Millas)



Nord 2501 n° 160 codé 340-HO - CIET 340
(Collection G. Millas)



Nord 2501 n° 160 codé 88-JA - GAMOM 88. Camouflage de couleur aluminium avec la partie supérieure du cargo peinte en blanc pour réduire la température à l'intérieur des cabines. (Collection G. Millas)



Nord 2501 n° 160 codé 62-KK - ET 2/62 " Anjou " (Collection G. Millas). Il est propulsé par une paire de moteurs à pistons en étoile Bristol " Hercules " 758/759 d'une puissance maximale unitaire de 1 040 ch.



Nord 2501 n° 160 codé 63-WP - ET 2/63 " Vercors " (Collection G. Millas)



Nord 2501 n° 160 codé 64-IN - ET 1/64 " Béarn " (Collection G. Millas)



Nord 2501 n° 160 - Poste de pilotage. Sur le tableau de bord, les instruments ne sont pas les mêmes à droite et à gauche. La place droite n'est équipée que pour surveiller la navigation.



Nord 2501 n° 160 - Soute cargo. La soute peut être aménagée selon trois variantes principales : passagers, avec des sièges en toile, 18 parachutistes ou fret.

Affectations successives

ET 2/61 " Franche-Comté "	61-YV	F-RAYV	08/07/58 - 15/09/61	BA 123 Orléans-Bricy
ET 3/61 " Poitou "	61-QE	F-RAQE	06/02/62 - 29/08/66	BA 123 Orléans-Bricy
CIET 340	340-HO	F-RBHO	03/01/67 - 22/06/70	BA 101 Toulouse-Francazal
GAMOM 88	88-JA	F-SCJA	22/06/70 - 18/04/72	BA 188 Djibouti-Ambouli
CIET 340	340-VF	F-RBVF	30/12/72 - 02/06/73	BA 101 Toulouse-Francazal
GAMOM 88	88-JB	F-SCJB	02/06/73 - 17/10/74	BA 188 Djibouti-Ambouli
ET 2/62 " Anjou "	62-KK	F-RBKK	17/10/74 - 13/06/78	BA 112 Reims-Bétheny
			détachement EE 54 " Dunkerque " (01/77 - 05/77)	BA 128 Metz-Frescaty
ET 2/64 " Anjou "	64-KK	F-RBKK	13/06/78 - 09/07/79	BA 105 Evreux-Fauville
ET 2/63 " Vercors "	63-WP	F-RAWP	09/07/79 - 17/10/83	BA 101 Toulouse-Francazal
ET 1/64 " Béarn "	64-IN	F-RAIN	17/10/83 - 20/12/83	BA 105 Evreux-Fauville



ET 2/61 " Franche-Comté "



ET 3/61 " Poitou "



CIET 340



GAMOM 88



ET 2/62 " Anjou "



ET 2/63 " Vercors "



ET 1/64 " Béarn "

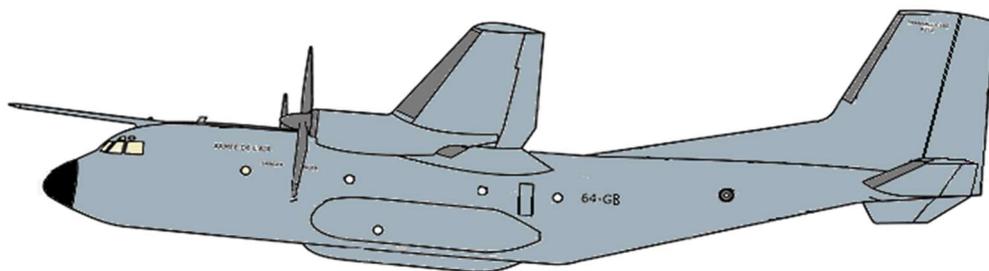
Le bimoteur de transport tactique C-160 " Transall " R-202

Conçu en coopération franco-allemande à partir de décembre 1958, le programme du cargo tactique C-160 Transall est lancé entre les firmes Nord-Aviation et Hurel-Dubois et " Weser " Flugzeugbau et Hamburger Flugzeugbau. Cette association prend alors le nom de TRANSALL (contraction de TRANSporter ALLianz en allemand ou Transporteur Alliance en français).

L'appareil est un biturbopropulseur de transport produit en deux variantes : la première entre novembre 1967 et octobre 1972, la seconde dite de Nouvelle Génération (NG), entre 1981 et 1985. La production totale s'élève à 214 exemplaires, y compris les prototypes et les modèles pré-série, dont 82 pour l'Armée de l'air et 115 de type C-160 D pour la Bundesluftwaffe.

Il est retiré du service, en Allemagne, au printemps 2021 après avoir équipé trois escadres de transport. Un certain nombre d'appareils ont été vendus à l'exportation dans trois pays : Afrique-du-Sud, Turquie et Indonésie. Utilisé dans deux escadres de l'Armée de l'air, il cessera son activité opérationnelle au printemps 2022 après 55 ans de présence sur tous les continents.

L'appareil offre d'une soute d'un volume utile de 140 m³ (ou 115 m³ sans la rampe) longue de 13.50 m (+ 3.70 m avec la rampe), de 3.15 m de diamètre pour une hauteur de 2.98 m. La surface du plancher est de 42.60 m². En configuration " passagers ", avec des sièges en toile, la capacité de transport est de 91 personnes ou 87 parachutistes en place assise. En configuration fret, la soute comporte des chemins de roulements amovibles pour le chargement et le déchargement rapide de palettes (5). De type standard, chaque palette mesure 2.24 m (88 pouces) de large, 2.74 m (108 pouces) de long et 5,7 cm (2 1/4 pouces) de haut.



C-160 " Transall " NG. En raison de la présence de la perche de ravitaillement au-dessus du poste de pilotage, ils étaient surnommés " Licorne " ou " longues carènes ".

Le vol record d'un C-160 NG Transall (le R212 F-RAGL) date de mars 2002 : 14 000 kilomètres parcourus entre Evreux et l'Ile de

La Réunion en 24 heures et 28 minutes. (© Auteur)

La soute est également équipée de points d'arrimage pour anneaux dans le plancher et le long des parois latérales. La rampe arrière peut supporter jusqu'à 1 500 kg durant le vol, mais le fret ne peut être palettisé.

Le C-160 est capable de voler jusqu'à 510 km/h (Mach 0.41) à une altitude de 8 235 mètres. Sa vitesse maximale normale est de Mach 0.64 et la vitesse minimale de contrôle, avec les volets braqués à 30°, est de 142 km/h seulement. Avec 7 tonnes de charge utile à bord, il dispose d'une endurance de 4 500 km et de 1 000 km pour 15 tonnes.

Les trains d'atterrissage sont dotés de pneumatiques " Basse Pression ", chaque jambe de train est équipée d'un amortisseur. Toutes les jambes de trains principaux, sont équipés d'un système d'affaissement qui permet d'abaisser la hauteur de la soute en diminuant la hauteur de la partie arrière du fuselage d'environ 40 cm. Durant cette manœuvre, le train auxiliaire reste en position.

Performances tactiques. L'aéronef se caractérise par trois qualités : sa maniabilité, sa capacité à se poser sur les terrains les plus sommaires, indispensable pour atteindre les endroits les plus reculés et sa capacité d'atterrissage grande pente (AGP). Sur des pistes de terre ou de sable, le C-160 est capable d'atterrir sur 600 mètres de distance et n'a besoin que de 400 mètres supplémentaires pour redécoller. Il est très maniable et capable de tirer 2.5 g en configuration propre (son facteur de charge limite est de 3 g).

Sa capacité d'atterrissage grande pente lui permet de limiter au maximum l'exposition de l'avion aux tirs sol-air, en exagérant la trajectoire habituelle de l'atterrissage. Créée au Cambodge en décembre 1991 par des pilotes français quand ils opéraient dans le nord du pays, la procédure a été utilisée au Tchad, en Bosnie, lors du pont aérien de Sarajevo. Avec un départ d'une altitude de 22 000 ft (6 710 m) à 18 nautiques (32 km) de la piste, l'appareil descend à 2,5 nautiques par minute en moyenne. La poussée est réduite le plus tard possible et l'approche finale est engagée dans la foulée. En Afghanistan la procédure portait sur un taux de descente de 6 000 ft/min avec une pente de 10° pouvant aller jusqu'à 15° à 17° grâce aux aérofreins.



C-160 " Transall " 64-GB R-202 - ET 1/64 " Béarn "



Poste de pilotage

Nouvelle Génération. Livrés à partir de 1981, les avions de la Nouvelle Génération se distinguent principalement de la série initiale sur trois points. Leur capacité à être ravitaillés en vol avec l'installation d'une perche de ravitaillement (longue de 4 mètres et inclinée de + 6°) sur le sommet du fuselage. L'ajout de deux réservoirs supplémentaires de carburant dans le plan central de la voilure qui est renforcée (la capacité passe de 19 050 à 27 000 litres). La suppression de la porte latérale avant gauche ce qui se traduit par un allègement de 1.5 tonne. 15 avions sur les 25 sont également pré-équipés pour servir comme ravitailleurs en vol, avec la capacité de livrer un maximum de 13 tonnes de carburant ; un système de ravitaillement par tuyau souple de 30 mètres de longueur est installé dans un carénage amovible (appelé " carène longue ") placé à l'arrière du carénage du train principal gauche. Un vide vite permet de larguer très rapidement du carburant en cas de panne moteur.

Provenance de l'appareil exposé. Le Transall NG n° 202 Fox Roméo Alpha Golf Bravo a connu une carrière opérationnelle d'une quarantaine d'années. Son premier vol est réalisé le 27 mai 1981. D'abord immatriculé F-ZJUB pour de longs essais de mise au point de cette nouvelle version, au CEV puis au CEAM, il est pris en compte début décembre 1981 par l'escadron de transport ET 1/64 " Béarn " d'Évreux-Fauville. Codé 64-GB jusqu'à son retrait, en mai 2022, il devient R202 au lieu de 202 lorsqu'il est rénové à l'AIA de Clermont-Ferrand, entre 1996 et 1997. Il est mis à disposition de l'association Morbihan Aéro Musée de Vannes, où il arrive en vol le 1^{er} juin 2022. Il totalise 18 022 heures 20 minutes de vol et 15 444 cycles (4) et a fait l'objet de six grandes visites d'entretien (GV), en 1986, 1991, 1997, 2003, 2010 et 2017 au cours desquelles l'appareil est révisé en profondeur.

Arrivée et mise en place du C-160 Transall R202. Le transfert de l'appareil vers le parc statique du musée s'est déroulé en deux phases en raison du coulage de trois dalles de béton sous l'emplacement des trains d'atterrissage.

Juste après la coupure des moteurs, la première phase a consisté à remorquer le bimoteur à l'aide d'un tracteur entre le taxiway, devant l'aérogare, et un emplacement en bout de piste, côté Nord, distant de près d'un kilomètre. Environ deux mois plus tard, le transfert de l'appareil est effectué vers son emplacement définitif devant le musée situé à quelques centaines de mètres. L'opération est plus délicate et dure une après-midi car il faut auparavant élaguer quelques arbres et passer délicatement au-dessus de hangars et habitations. Pour rappel, le bimoteur à ailes hautes (près de 6 m du sol) affiche une envergure de 40 m, une longueur de 32 m et une masse de 30 tonnes à vide.

Une fois à poste un repérage d'emplacement des trains est effectué puis l'appareil est redéplacé devant un des hangars du musée pour le changement des moteurs par l'armée de l'air. Le béton à l'emplacement des trains est alors coulé. De retour à son emplacement définitif les trains principaux sont stabilisés par des chandelles fixées aux plots béton, le train avant est bloqué.

La dernière opération a consisté à mettre en place une alimentation électrique pour son éclairage la scénographie et l'alimentation d'un déshumidificateur pour l'hiver. Une détection intrusion avec alarme est également mise en place.

Unités de l'Armée de l'air ayant utilisé le C-160 Transall (1967 - 2022)



ET 1/61 " Touraine " (1967 - 2012)



ET 2/61 " Franche-Comté " (1969 - 1988)



ET 3/61 " Poitou " (1971 - 2022)



ET 1/64 " Béarn " (1982 - 2017)



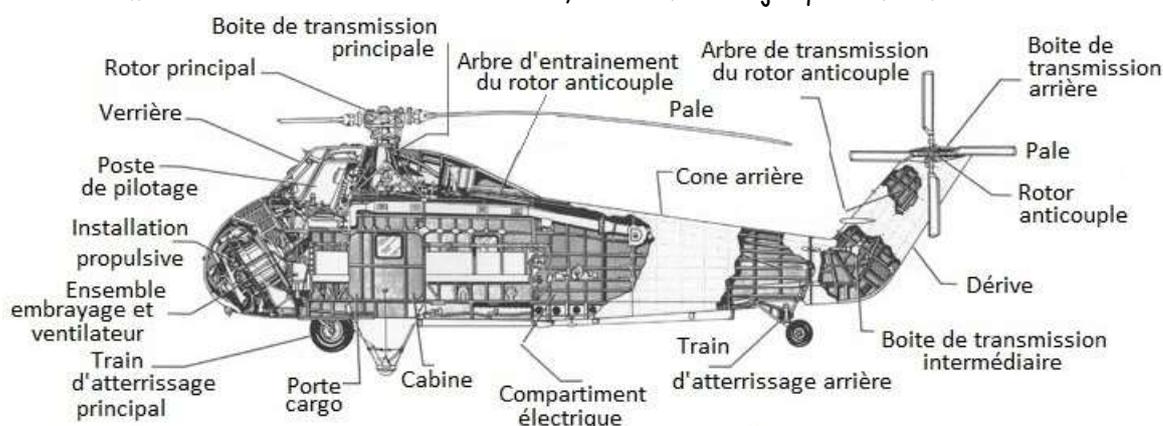
ET 2/64 " Anjou " (1983 - 2022)

Le Sikorsky H-34 A serial 58-705/SA 29

Conçu par la Sikorsky Aircraft Corporation, le S.58 fait son premier vol le 8 mars 1954. Il est suivi d'une série de 1821 machines construites en deux versions et exportées dans de nombreux pays : marine, désignée HSS-1 et transport terrestre pour l'armée H-34 " Choctaw ". Doté d'un moteur à pistons Curtiss Wright R-1820 Cyclone de 1 525 ch, sa vitesse de croisière atteint 160 km/h, avec des pointes possibles jusqu'à 200 km/h. Il dispose d'une autonomie de 3 heures plus une réserve de 30 minutes et peut monter jusqu'à 8 500 pieds (2 590 m) avec une tonne de charge.

Un total de 135 exemplaires est acheté en pièces aux États-Unis et assemblé par Sud-Aviation en France. A partir de 1957, 166 machines supplémentaires sont produites sous licence pour l'Armée de l'air et la Marine nationale. Les appareils construits à Marignane, entre 1957 et 1962, portent le code " SA " pour " Sud Aviation ". Très fiable, la voilure tournante est employée dans des missions aussi variées que le transport, le sauvetage, l'hélicoptage d'assaut de jour comme de nuit ou la lutte anti-sous-marine. Pendant la guerre d'Algérie, le H-34 est principalement utilisé pour le transport des hommes et du matériel ; équipé d'un canon de 20 mm il démontre les possibilités de l'hélicoptère armé sous le nom de " Pirate ". Un total de 273 appareils sont utilisés par la France, 213 par l'Armée de l'Air, 57 par la Marine, et 3 pour de CEV.

Entre 1956 et 1979 cinq flottilles et/ou escadrilles de l'Aéronautique navale ont utilisé la voilure tournante et l'Armée de l'air une dizaine d'escadrons, entre 1958 et jusqu'en 1975.



Sikorsky H-34 A - Ecorché. D'un volume de 12.95 m³ la soute affiche une longueur de 3.35 m, une largeur de 1.68 m et une hauteur de 1.83 m. Elle est équipée d'un treuil électrique de 272 kg de charge, 30 m de câble et un crochet sling. (© DR)

Provenance de l'appareil exposé. Il sort de la chaîne d'assemblage de Marignane le 30 septembre 1958. Après les vols de réception, il intègre l'Armée de l'air où il est mis en service fin novembre au sein de la 3^{ème} Escadre d'Hélicoptères (EH n° 3) de Boufarik (BA 143), en Algérie. Affecté à l'EH 1/58 il porte le code militaire peint en jaune sur le fuselage 705-LB. Un an plus tard, l'EH n° 3 fait mouvement sur la BA 146 de La Réghaïa. En Algérie, l'EH 1/58 transporte du fret, des combattants et évacue les blessés (Evasan). Accidenté le 24 juin 1960, il est remis en état puis porte successivement les codes à base de chiffres et de lettres 58705-U puis 58705-XN.



Sikorsky S-58. Surnommé " l'avion à plumes " par les combattants français durant la guerre d'Algérie, il comporte un rotor quadripale mû par un moteur à pistons Wright R-1820 de 1 525 ch installé (à 45°) dans le nez. Trois membres d'équipage et douze fantassins peuvent embarquer dans l'hélicoptère. Il est équipé d'un crochet de charge relié à des câbles, fixés en quatre points sous le fuselage. Ce dispositif permet de soulever 2 260 kg.

Après une période de stockage, en 1966, à l'Entrepôt de l'Armée de l'air EAA 601 de Châteaudun, il est réaffecté à la 68^{ème} escadre d'hélicoptère de Chambéry Le Bourget-du-Lac (BA 725), en février 1968. Son dernier utilisateur est l'EH 2/68 " Maurienne " sous le code 68-OH. Il est stocké par l'EAA 601 le 21 mai 1969 jusqu'à sa réforme qui intervient le 11 janvier 1980. Le 705/SA 29 totalise 2 818 heures de vol. Il sort des comptes en septembre 1981. Vendu en 1983 aux sapeurs-pompiers de Toussus-le-Noble, il est cédé à l'association " Les Poissons volants " de Plobannalec-Lesconil (Finistère), en 1994, qui en fait don au musée de Vannes, en juillet 2022.

Hangar n°2

Il abrite quatre aéronefs dont deux planeurs : Dassault Etendard IV M, Mauboussin M 129 " Corsaire ", Schneider SG-38, Caudron C-800 " Epervier ".



Dassault Etendard IV M n° 14 Escadrille 59S (© DR)

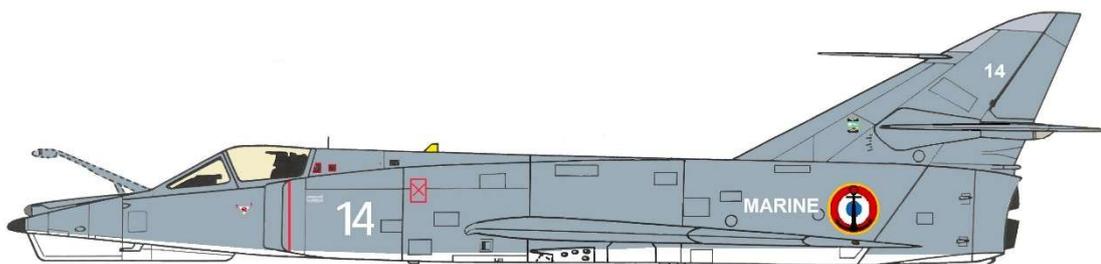


Dassault Etendard IV M n° 14

Dassault Etendard IV M. Avion d'attaque léger embarqué sur les porte-avions Foch et Clémenceau conçu par Dassault, l'Etendard IV a été construit à 90 unités en deux versions : IV M d'attaque au sol (69 exemplaires) et IV P de reconnaissance photo (21 exemplaires). Premier avion à réaction embarqué français, il possède un fuselage appliquant la loi de Whitcomb, dite loi des aires - qui améliore la finesse en supersonique -. Outre l'installation de la crose d'appontage et de trains renforcés, la jambe avant est allongée afin de donner à l'arrêt une position cabrée favorable au catapultage.

Le premier prototype effectue son vol inaugural à Melun-Villaroche le 21 mai 1958 piloté par Jean-Marie Saget, les livraisons s'échelonnant de décembre 1961 à mai 1965 pour armer cinq flottilles de l'Aéronautique navale : 11F, 15F, 16F, 17F à Landivisau et 59S à Hyères. En 38 ans de service dans l'Aéronautique navale, entre 1962 à 2000, ses pilotes ont effectué à ses commandes près de 380 000 heures de vol et 25 300 appontages.

Provenance de l'appareil exposé. Sorti des chaînes de Bordeaux-Mérignac en 1962, L'Etendard IV M n° 14 a servi successivement avec les flottilles 11F Les " Kimono " (1963), 59S " Salem " (1971), 17F Les " Quinquina " (1976), 11F Les " Kimono " (août à décembre 1977) et 59S " Salem " (1983). Il totalise 4 521 heures de vol. Le seul incident connu au cours de sa carrière est l'éclatement, le 28 septembre 1973, de la glace latérale gauche du pare-brise par un oiseau au cours d'une navigation à basse altitude au-dessus de la mer. Retiré du service en juillet 1991, il est d'abord entreposé à Rochefort-sur-mer, avant d'être confié en août 1997 à l'association Les " Poissons volants ", à Plobannalec-Lesconil (Finistère) qui en a fait don en avril 2023 au musée vannetais. Il a été restauré dès son arrivée.



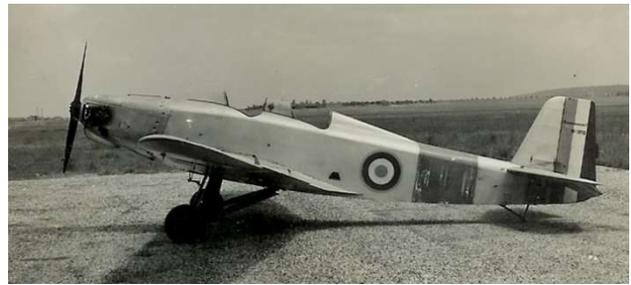
Dassault Etendard IV M n° 14. Il est équipé du réacteur Snecma Atar 8 de 4 400 kg de poussée. Il porte le camouflage gris-bleu semi brillant (© Auteur)

Mauboussin M.129 " Corsaire ". Le monomoteur biplace en tandem Mauboussin " Corsaire " est une famille d'avions-école et de tourisme biplaces conçus entre 1932 et 1939 par Louis Peyret et Pierre Mauboussin. Les Corsaires les plus connus sont les M.120 (record du monde d'altitude par Hélène Boucher en 1933), M.122 (record du monde d'altitude par Maryse Hilsz en 1935) et M.123 (production en série pour l'aviation populaire). Tous modèles confondus, les " Corsaire " ont été produits à plus de 110 exemplaires.

Le prototype s'envole pour la première fois du terrain de Mont-de-Marsan (Landes) en décembre 1937, piloté par M. Gouriou. Le Mauboussin M.129 à moteur Minié 4 D de 70 ch qui apparaît en 1939 est utilisé pour l'entraînement initial ou à la voltige. Construit conformément aux normes semi-acrobatiques, il est réalisé en spruce et okoumé avec un revêtement en contre-plaqué de bouleau et d'okoumé. L'aile est équipée de grands ailerons pour le contrôle en tangage et de volets de courbure à fente, qui donnent une vitesse d'atterrissage de 60 km /h. La capacité en carburant de 76 litres permet une autonomie de 550 km et la vitesse maximale est de 160 km/h. Sa masse maximale au décollage est de 650 kg.



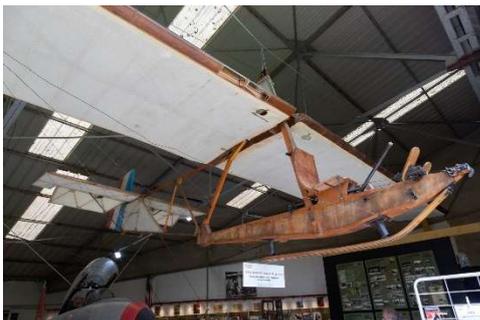
Mauboussin M.129 " Corsaire " n° 191 F-BBSK



Mauboussin M.129 " Corsaire " n° 191 F-BBSK
(© Association Les Aéroplanes)

Provenance de l'appareil exposé. Le M129 " Corsaire " n° 191 F-BBSK sort de la chaîne d'assemblage d'Aire-sur-Adour au 3^{ème} trimestre 1940 équipé d'un moteur Minié Horus 4 D. De type Flat Four, il développe 70 ch et entraîne une hélice en bois blindée Merville 718 de 1,745 m de diamètre. En 1945, l'appareil est utilisé par l'armée de l'Air comme avion de reconnaissance, d'entraînement et de liaison. Pour assurer ses missions, l'appareil est revêtu sur les ailerons et le fuselage des bandes noires et blanches du " Front de l'Atlantique ". Lors de sa visite de contrôle à Toulouse-Balma fin avril 1947 il totalise 250 heures de vol.

Versé dans le domaine civil son premier propriétaire est Mr Roger Maire de Nancy qui en prend possession fin avril 1947. Deux ans plus tard, le Mauboussin change de propriétaire et déménage pour Epinal géré en copropriété entre Mr Maire et l'Aéroclub des Vosges. L'avion est surtout utilisé en double commande pour l'instruction. Accidenté au cours d'un vol, en juin 1949, l'avion est classé R (inapte au vol) et son certificat de navigabilité (CdN) suspendu. Il est radié définitivement par la DGAC au mois de décembre 1956. Au cours de sa carrière civile, le monoplane est remotorisé avec un quatre cylindres Régnier 4 Jo de 75 ch. Récupéré par un garagiste de Rezé, Mr Le Borgne, ce dernier en fait don au musée Le Grenier de l'Aviation de Nantes-Bouguenais, en mars 2002 qui le restaure. Il est mis en prêt longue durée au musée, en novembre 2020.



Schneider DFS 104-14 (SG-38) Zögling n° 124

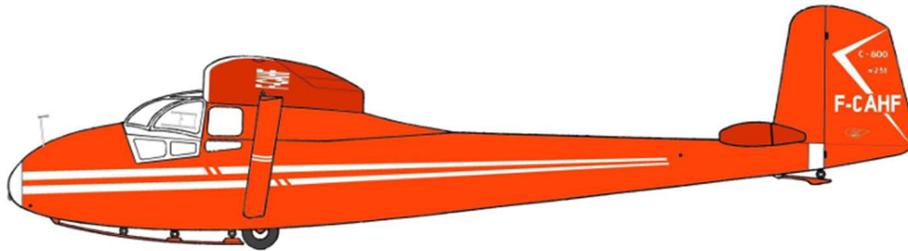


Caudron C-800 " Epervier " n° 9898/238 F-CAHF

Planeur Schneider Deutsche Forschungsanstalt für Segelflug (DFS) 104-14 Zögling. Planeur école monoplace d'entraînement, le DFS 104-14 (SG-38, SG pour Schulgleiter ou planeur école) est un appareil très simple, qui a vu le jour en Allemagne dans les années 1920 - 1930. Étudié pour la formation primaire, il comporte une aile haute reposant sur une structure bois et toile, renforcée par des câbles. Commercialisé sur plan pour une somme très faible, il connaît un succès considérable dans le monde entier du début des années 1930. L'absence d'instruments de bord a conduit un instructeur à la remarque : " La bonne vitesse est celle qui empêche les larmes dues au vent de couler, sans les faire sécher ". 10 500 exemplaires ont été produits pour équiper les sections vélivoles des Jeunesses hitlériennes.

Provenance de l'appareil exposé. Le Schneider DFS 104-14 n° 124 a été construit en 1944. Récupéré en Allemagne sous le n° R-318, il est affecté à l'aéro-club de Flers de l'Orne en 1949 sous le numéro 124 et l'immatriculation F-CBHK. Il est réformé en 1956.

Le planeur est acheté à Amiens par M. Frey qui le cède à Daniel Chateau en 1983. Une restauration sommaire est réalisée en 1988. Ce SG-38 est présenté dans de nombreuses expositions, notamment au Grenier de l'Aviation entre 2012 et 2019. Appartenant à la collection Daniel Chateau, le planeur est mis en prêt longue durée au Morbihan Aéro Musée, en novembre 2020.



Planeur Caudron C-800 " Epervier " n° 9898/238 F-CAHF
(© Le Grenier de l'Aviation)

Planeur Caudron C-800 " Epervier " n° 9898/238 F-CAHF. Conçu par l'ingénieur Raymond Jarlaud, le prototype du planeur biplace, côte à côte, C-800 " Epervier " a volé en avril 1942. Sélectionné en 1945 pour participer à la relance de l'Aviation Française, il a été construit à 248 exemplaires.

Des milliers de vélivoles français ont été formés sur C-800, entre 1946 et 1965. Il sera le planeur le plus utilisé par les clubs français pour la formation de base.

Provenance de l'appareil exposé. Le Caudron C-800 " Epervier " n° 9898/238 a été construit en 1946 par la SNCAN à l'usine d'Issy-les-Moulineaux (appartenant précédemment à Caudron). Perçu par le SALS (Service de l'Aviation Légère et Sportive) la même année, il est affecté à l'aéro-club de Brest le 27 juillet 1950 puis cédé à l'aéro-club du Finistère le 13 janvier 1958.

En 1971, il est racheté par le Centre de Vol à Voile Nantais avec qui il vole jusqu'en 1978. Il totalise alors 1 088 h et 37 min de vol et 6295 vols. Racheté au Centre de Vol à Voile Nantais par Daniel Chateau le 31 août 1983. Il intègre la collection des aéronefs du MAM en novembre 2020.

Hangar n°3 : la conquête spatiale

Inauguré en octobre 2019, ce hangar permet au visiteur de découvrir les étapes de la conquête spatiale depuis l'origine vu sous l'œil des Français, des Américains et des Soviétiques. Cette exposition fait suite à une donation, en 2018, d'un matériel scénographique composé de maquettes de fusées et de satellites.

L'exposition spatiale est constituée de :

- 9 maquettes de lanceurs (Saturne V, Artémis 1), de navettes spatiales (Columbia, Hermes) et de rampes de lancement (Pas de tir de ELA 2 du port spatial de Kourou pour lancement des Ariane 4) grande taille, hauteur de 3 à 4 m 50.
- 3 immenses maquettes suspendues de stations spatiales (Mir) et de satellites.
- 16 maquettes d'engins spatiaux sous vitrines éclairées.
- 60 panneaux décrivant l'histoire de la conquête spatiale depuis l'origine à nos jours.
- 12 vidéos de courte durée sur l'épopée spatiale internationale.
- 1 film d'images d'époque sur l'aventure Apollo 11 (premier homme sur la Lune). Alunissage

le 21 Juillet 1969.



Maquettes de lanceurs



Navette spatiale Hermes et stations spatiales



Pas de tir de ELA 2 Kourou pour lancement Ariane 4

Hangar n°4

Il présente l'histoire de l'aviation et de l'aérodrome de Monterblanc de 1909 à nos jours, avec de nombreux documents, 35 maquettes d'avions à l'échelle 1/72^{ème} et 1/48^{ème}, objets et restes d'avion de la seconde guerre mondiale ainsi qu'une bibliothèque et la quasi-totalité de la collection des moteurs.

Il abrite quatre aéronefs : le biplan Pitts S1 D, le Lockheed T-33 A, le Fouga CM-170 R Magister et le Henri Mignet HM-293 " Pou du Ciel ".



Pitts spécial S1 D (F-PYXA)

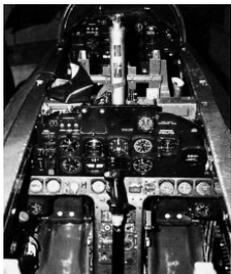


Lockheed T-33 A-10 LO US n° 53091

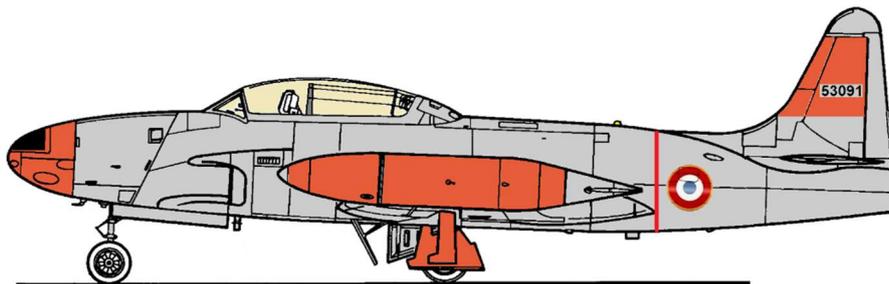
Pitts spécial S1 D. Le biplan Pitts Special S1 D est un avion de voltige conçu par Curtis Pitts, qui a accumulé plus de victoires en compétition que n'importe quel autre avion depuis son premier vol en 1944. Le Pitts Spécial domina la compétition dans les années 1960 et les années 1970 et, même au début du XXI^{ème} siècle, il reste un avion efficace en compétition dans les catégories inférieures.

Provenance de l'appareil exposé. Construit par Pierre Chatelain à partir de février 1981, le biplan de type monoplace effectue son premier vol le 6 octobre 1986. Il a été cédé par son propriétaire en 2022.

Lockheed T-33 T-Bird. Premier avion américain à réaction, le monoréacteur Lockheed T-33 Silver Star est un biplace en tandem d'entraînement avancé construit à la fin des années 1940 extrapolé du chasseur Lockheed P-80/F-80 Shooting Star. Désigné initialement TF-80C (T pour "Training") puis T-33 "Thunderbird" et plus familièrement "T-Bird". Dès le début du programme, l'avionneur avait proposé une version biplace pour l'entraînement des pilotes. Un F-80 C est modifié par ajout d'un second siège, d'une verrière allongée, dans un fuselage allongé de 98 cm. Afin de compenser la réduction de la capacité des réservoirs de carburant du fuselage, les ailes furent modifiées pour pouvoir en stocker davantage. Afin de compenser l'augmentation de masse, seules 2 des 6 mitrailleuses furent conservées. Sa propulsion est assurée par un réacteur à flux centrifuge Allison J33-A35 de 2 450 kgp.



Poste de pilotage
(© DR)



Lockheed T-33 A-10 LO n° 53091
(cn 580-9632)
sans code d'unité.
L'avion est le
81^{ème} mis au
standard 55.
(© Auteur)

Construit à plus de 5 691 exemplaires, entre 1948 et 1959, le T-33 a été utilisé pour former les pilotes militaires d'une quarantaine de pays différents. Au titre du MAP (Military Assistant Program), l'Armée de l'air française pris en compte, entre octobre 1951 et 1969, un total 226 T-33 utilisés par l'Ecole de Chasse Christian Martell (de Meknès puis de Tours), les sections de liaison et d'entraînement des escadres de chasse et le CEV. Ils servent pendant la guerre d'Algérie pour des missions de reconnaissance et d'appui aérien avancé. Les T-33 furent retirés des escadres en août 1980 et de l'Ecole de Chasse (ou Groupe Ecole GE 314) en novembre 1981. Depuis 1952, en 478 118 heures de vol, dont 397 400 à Tours, le "T-Bird" a contribué au macaronage de 3 327 pilotes.

Provenance de l'appareil exposé. Sorti de l'usine de Burbank, en Californie, début décembre 1955, il est pris en compte par l'Armée de l'air en mars 1956. Il effectue la majeure partie de sa carrière au sein de deux unités : le Centre d'Entraînement au Vol Sans Visibilité CEVSV-338 implanté successivement à Lahr-Hugsweier (RFA), Colmar-Meyenheim et Saint-Dizier qui assure le maintien en condition des pilotes de chasse et le Centre d'Instruction des Forces Aériennes Stratégiques CIFAS 328 de Bordeaux-Mérignac qui l'utilise pour l'accoutumance des équipages des Mirage IV A au vol basse altitude. Durant une courte période, fin des années 1960, il est affecté dans deux unités de liaisons d'escadres de chasse (10^{ème} EC à Creil, 13^{ème} EC à Colmar-Meyenheim).

Dans le cadre d'un vaste de programme de standardisation-francisation (SF) des instruments de bord et des réacteurs, au milieu des années 1960, il est porté au standard 55 (n° 81) (5). Devenu un T-33 SF, il connaît un seul accident : le 28 septembre 1966 à Creil lors d'un atterrissage train rentré de nuit. L'équipage est indemne et l'appareil, sérieusement endommagé, est réparé au 4^{ème} échelon. Il totalise alors 3356 h 20. Début octobre 1982, il est restitué à l'USAF avec un total de 6003 heures de vol.

En fin 1982, il est cédé au Musée National de l'US Air Force à Wright Field, Dayton (Ohio). Prêté au Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, il rejoint, en 1996, les Ailes Anciennes Armorique, de Vannes-Monterblanc, puis début 2014 le Morbihan Aéro Musée.



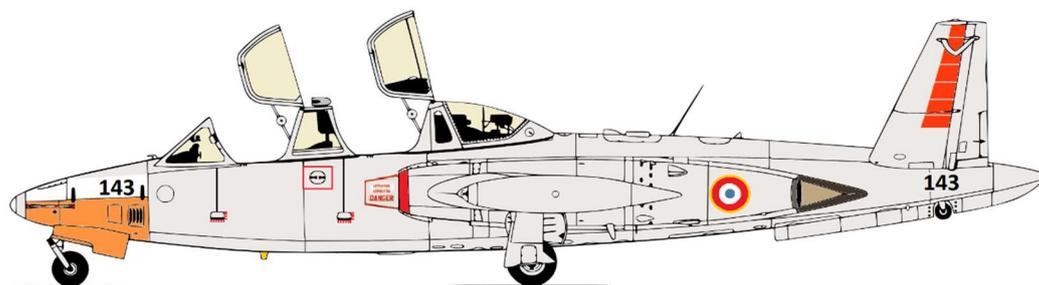
Fouga CM-170 R Magister n° 143



Fouga CM-170 R Magister n° 143. La vue met bien en évidence la finesse et la pureté des lignes du biréacteur.

Fouga CM-170 Magister. Premier avion à réaction au monde conçu spécifiquement pour l'entraînement militaire, le Fouga Magister a donné à la France son plus grand succès commercial de l'après-guerre. Du aux ingénieurs Robert Castello et Pierre Mauboussin (d'où le préfixe CM) le prototype vole le 23 juillet 1952. Il est suivi par la commande de 435 appareils. Connu pour son empennage papillon (en V) le biréacteur a formé plus de 12 000 élèves-pilotes de diverses nationalités en dépit de sa faible motorisation : deux réacteurs Marboré II de 400 kgp ou Marboré VI de 480 kgp. La patrouille de France (PAF) l'utilisera pendant plus de quinze ans, de 1964 à 1980 et l'Armée de l'air entre 1956 et 1997. Plusieurs pays ont construit le Fouga sous licence, comme la Finlande, l'Allemagne et Israël. De nombreux autres l'ont commandé, comme la Belgique (où il était surnommé la " tortue sifflante "), le Liban ou l'Autriche. La Marine Nationale a reçu une version navalisée du Magister, le CM-175 Zéphyr (32), qui était doté de réacteurs plus puissants, d'un train plus robuste, de verrières coulissantes et d'une crosse d'arrêt. Au total, le biplace en tandem a été produit à 929 exemplaires, entre février 1956 et janvier 1970, et utilisé par 21 forces aériennes étrangères.

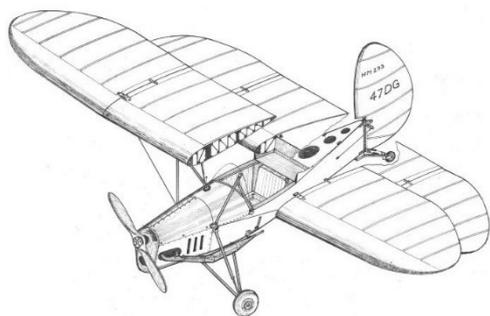
Provenance de l'appareil exposé. Le Fouga CM-170 Magister n° 143 équipé d'une paire de Marboré II F3 est livré en juillet 1958 à l'Armée de l'air où il effectue principalement sa carrière au sein des groupements école GE-312 de Salon-de-Provence et GE-315 de Cognac-Châteaubernard, puis de trois sections de liaison d'escadres de chasse (2^{ème} EC de Dijon-Longvic, 7^{ème} EC de Saint-Dizier, 11^{ème} EC de Toul-Rozières) et du CEV. L'appareil est radié des effectifs le 12 octobre 1988 avec un total de 5742 heures de vol.



Fouga CM-170 Magister n° 143 propulsé par une paire de réacteurs Marboré II F3 de 400 kgp. Il est équipé des dits " gros bidons " de 230 litres, ce qui lui confère un plein complet de 1190 litres. Il porte des antennes VOR sur le nez. (© Auteur)

Mignet HM-293 Pou du Ciel. Conçu en 1933 par l'ingénieur Henri Mignet (1893-1965), le HM-14 Pou-du-ciel a été exposé pour la première fois en 1934, lors du 14^e Salon de l'aéronautique, au Grand Palais de Paris. Ce petit appareil monoplace biplan à ailes décalées en tandem, de 3,80 m de longueur et de 6,80 m d'envergure, est proposé aux constructeurs amateurs avec une liasse de plans. Son assemblage nécessite 300 heures de travail. Il se caractérise par un fuselage rudimentaire en forme de sabot, un cockpit à l'air libre et un moteur

à pistons non caréné. Avion mythique et sans doute le premier ULM des années 1930, les journalistes de l'époque lui attribuent le surnom de " Pou-du-Ciel " en référence à l'automobile d'Henri Ford, le modèle T, baptisée " Pou-de-la-route " entre les années 1910 et 1920.



Mignet HM-14 Pou du Ciel (© DR)



Mignet HM-293 Pou du Ciel

Dépourvu d'ailerons, la mise en virage et la sortie de virage se font par roulis induit à l'aide d'une direction surdimensionnée pour avoir de l'efficacité en lacet. Le contrôle en tangage est réalisé à l'aide des deux voilures d'envergure similaire (6 mètres), dont l'une est articulée. La seconde, à l'arrière, apporte un " effet de fente " pour empêcher le décrochage de l'aile avant. À faible vitesse, l'appareil ne décroche pas mais s'enfonce sur une forte pente, tout en restant contrôlable par le pilote, éventuellement jusqu'au sol.

La formule suscite un tel engouement populaire que, en un an, 100 Pou du ciel sont construits par des amateurs, en France et à l'étranger. Les derniers appareils construits datent des années 1960.

Provenance de l'appareil exposé. Fabriqué dans les années 1950, le HM-293, propulsé par un moteur Poincard de 30 ch décolle en 50 mètres avec un poids en charge de 240 kg. Son plafond est de 3 500 m et sa vitesse de croisière de 130 km/h.

Collection moteurs

Il s'agit de 6 types de propulseurs : un moteur à pistons en étoile Bristol Hercules 758/759, deux turbomoteurs Turboméca : Artouste II C5 et Turmo III C7, un turbopropulseur Turboméca Bastan VII, un réacteur simple corps à flux centrifuge, Turboméca Marboré II, un réacteur double flux avec réducteur Garrett TFE-731-2.

Moteur à pistons en étoile sans soupapes, Bristol Hercules 758/759.

En mars 1951, pour propulser le cargo militaire Nord N2501 Noratlas, la Snecma acquiert la licence du Bristol Siddeley Hercules 758/759 de 2 000 ch au décollage. Homologué en 1938 par les services officiels britanniques, il est construit à plus de 56 120 exemplaires.

Sa technologie est caractérisée par l'absence de soupapes, par ses 14 cylindres (deux étoiles de 7 cylindres) à refroidissement par air, par l'admission et l'échappement qui sont assurés par des chemises louvoyantes, par son compresseur à un étage et à une vitesse, son démarreur électrique, son hélice à vitesse constante, par commande hydraulique, et la possibilité d'inverser le pas ou de mettre l'hélice en drapeau.

Les chiffres 758 / 759 qui suivent la désignation du moteur Hercules indiquent le sens de rotation droite - gauche du moteur. Au total la SNECMA construit 1 374 exemplaires entre 1953 et fin 1964.



Turbomoteur Turmo III C7, turbopropulseur Bastan VII



Réacteur double flux avec réducteur Garrett TFE-731-2



Turbomoteur Artouste II (© Turboméca)

Turbomoteur Turboméca Artouste II C5.

Le turbomoteur Artouste II est du type simple corps, tous les étages des compresseurs et turbines sont fixés sur le même arbre. Il a pour particularité de fonctionner à l'essence, au pétrole, au fuel-oil domestique,

au fuel-oil léger, à l'alcool ou au gaz de pétrole. Il est principalement composé d'un compresseur centrifuge à un étage, d'une chambre de combustion annulaire avec injection centrifuge du combustible et d'une turbine axiale à deux étages fournissant l'énergie. Certifiée en mai 1957, l'Artouste II est le premier turbomoteur au monde à être fabriqué en série. Sa production totale est de 1445 exemplaires jusqu'en 1964, sans compter les moteurs produits sous licence par Hindustan Aeronautics HAL (Inde) et Blackburn / Bristol Siddeley (Grande-Bretagne). Motorisant les hélicoptères monoturbinés SA 315 B " Lama " et le SA 316 B Alouette III, les Artouste II et III (certifiée en décembre 1961), elles poursuivent encore aujourd'hui leur carrière.

D'une puissance sur l'arbre de 360 ch (269 kW), la turbine initiale Artouste II est suivie par l'Artouste II C de 450 ch (335,25 kW) puis l'Artouste III B (870 ch ou 649 kW). L'Artouste III A a permis à l'Alouette II de battre le record du monde d'altitude toute catégorie (10 984 m le 13 juin 1958).

Turbomoteur Turboméca Turmo III C7.

Le Turmo (pour TURbine Motrice) est né en 1951 de l'association d'un générateur de gaz de Piméné et d'une turbine libre et est destiné à des applications non aéronautiques, mais rapidement, la formule est employée pour des applications avion et hélicoptère. Il en résulte une famille aux nombreuses variantes Turmo II, Turmo III et Turmo IV dont près de 2700 exemplaires ont été fabriqués pour diverses applications aéronautiques. En juin 1957, il donne naissance au Turmo III de 750 ch basé sur un générateur de gaz de l'Artouste III.

C'est le premier moteur Turboméca de type double corps. Il est composé d'un compresseur à deux étages, un étage axial suivi d'un étage centrifuge ; une chambre de combustion annulaire ; une turbine à deux étages, liée au compresseur et une turbine libre à un étage (deux par la suite).

Trois Turmo III C7 de 1 630 ch motorisent l'hélicoptère lourd polyvalent SA-321 Super Frelon construit à 105 exemplaires, prototypes compris. Entre 1966 et 2010, l'Aéronautique navale en a utilisé 27, 72 appareils ont été vendus à l'exportation. Au total 549 turbomoteurs ont été fabriqués.

Turbopropulseur Turboméca Bastan VII

Premier turbopropulseur français homologué, le Bastan a été développé à partir d'août 1957 initialement pour des programmes d'avions militaires d'appui-feu. Les premiers modèles développent 650 ch (485 kW), mais vers 1965 cette puissance est portée à 1 048 ch (780 kW) avec le Bastan VII. De type simple corps, il comporte un compresseur BP axial, un compresseur HP centrifuge, une chambre de combustion annulaire à flux direct et une turbine axiale à trois étages.

Construits à 550 exemplaires en quatre versions (Bastan IV de 930 ch, VI, VIC de 1000 ch et VII de 1145 ch avec compresseurs axiaux), les utilisations principales du moteur furent les avions de transport ou de ligne Nord 260 (9 exemplaires), Nord 262 (110 exemplaires, entre 1961 et 1976) et le bimoteur militaire de transport argentin IA-53 Guarani. Il a été également développé sous forme de turbofan avec la désignation Aubisque 1 de 745 kgp ayant propulsé le biréacteur suédois Saab 105 produit à 150 exemplaires.

Réacteur simple corps à flux centrifuge, Turboméca Marboré II

Le Marboré II est le premier turboréacteur monocorps monoflux conçu et fabriqué par le motoriste Turboméca, du début des années 50 jusqu'en 1970. Il est constitué d'un compresseur centrifuge, d'une chambre de combustion annulaire, d'une turbine à un étage, d'un démarreur électrique. L'ensemble mobile tournant jusqu'à la vitesse de rotation de 22 600 tours par minute.

Construit à 17 500 unités, le Marboré a équipé plus de 17 types d'avions d'entraînement et engins-cibles français et étrangers notamment : le Fouga Magister CM 170 R, le Fouga CM 175 " Zéphir ", le premier et dernier biplace école à réaction de l'Aéronautique navale, version marine du magister, le quadriplace Morane-Saulnier MS-760 Paris, l'avion espagnol HA-200 R " Saeta " ou l'avion américain T-37 " Tweet Bird " produit à 1268 exemplaires. Mais aussi, les avions expérimentaux Leduc 010 et SO 9000 " Trident " I, le Nord 2502 " Noratlas " (comme réacteur d'appoint), les engins cibles CT-20, les drones M-20.



Marboré II

Sous la dénomination américaine de J-69, il est construit sous licence par Continental à 12 000 exemplaires.

Réacteur double flux avec réducteur Garrett TFE-731-2.

Turboréacteur double corps double flux il se caractérise par une soufflante mono-étage accouplée au compresseur BP de quatre étages par l'intermédiaire d'un réducteur planétaire, un compresseur centrifuge, une chambre de combustion inversée et une turbine à trois étages. La famille des TFE-731 est couramment utilisée dans l'aviation d'affaires et sur plusieurs appareils d'entraînement militaires. Depuis leur mise en service en 1972, plus de 11 000 exemplaires ont été fabriqués, pour un total de plus de 100 millions d'heures accumulées par 20 modèles différents.

Le Garrett TFE-731-2 a effectué sa première rotation au banc date de septembre 1970 et son premier vol d'essai sur Dassault Falcon 10 d'octobre 1971. Conçu pour transporter 4 à 7 passagers, les deux versions, 10 et 100 ont été construites à 226 exemplaires, entre 1971 et 1991.

Un musée en perpétuelle évolution

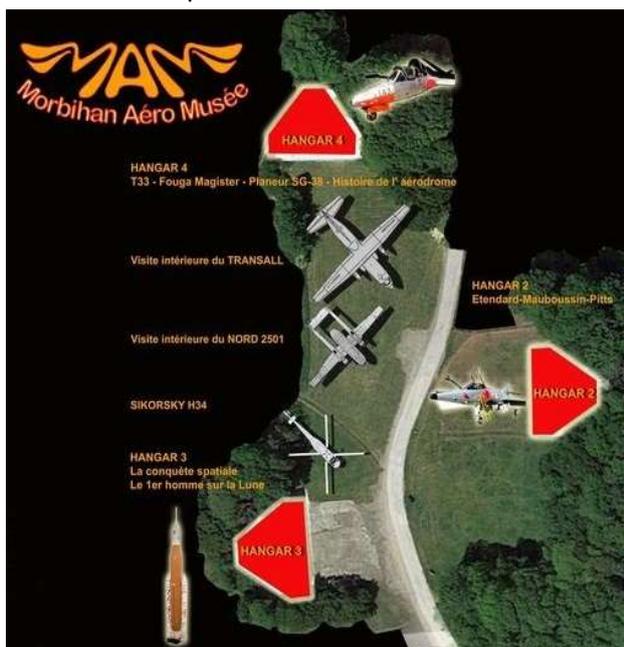
Le Musée aéronautique du Morbihan est le plus important conservatoire de découverte aéronautique de Bretagne. Depuis son ouverture au public en 2019, il affiche un total de 21 000 visiteurs. Aujourd'hui, c'est le plus ancien et le plus grand de la région et le seul aménagé dans un cadre champêtre. Il est donc naturellement pertinent de le mettre à l'honneur.

La dernière acquisition date du mois de septembre 2024. d'une pièce rare en France : un biréacteur de combat américain, le Mc Donnell-Douglas F4 C Phantom II, un don de l'Association des " Poissons volants " de Plobannalec-Lesconil. L'avion a effectué sa carrière opérationnelle de 22 ans, entre 1964 et 1986, successivement au sein de quatre escadres de chasse tactique de l'US Air Force en Europe, en Allemagne de l'Ouest, Grande-Bretagne et Espagne, puis de deux escadrons de réserve et deux escadrons de chasse de la Garde Nationale (Air National Guard ou ANG) dans l'Oregon et de l'Indiana. Réformé en juillet 1986, il sert d'appareil d'entraînement aux techniques de réparations des dommages de combat à Sembach AB, en Allemagne de l'Ouest.



Mc Donnell-Douglas F4 C - 25 MC -Phantom II serial 64-0922
(© Auteur)

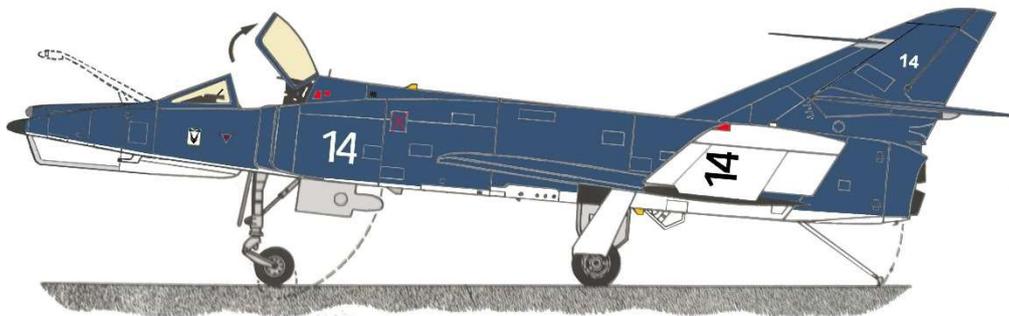
Depuis plus d'une décennie, une centaine de bénévoles de l'Association entretiennent et restaurent les avions et les hélicoptères de la collection.



Site du Morbihan Aéro musée. Le musée est ouvert au public entre les mois d'avril et septembre.



Exposition statique : Sikorsky H-34, Nord N2501
Noratlas, C-160 Transall



Dassault Etendard IV M n° 14
Escadrille 59S (1971). Il porte le
camouflage gris-bleu foncé.
Au début de sa mise en service
l'Etendard IV M fut baptisé "
Kamikaze IV M " à cause de son
taux d'accident. L'appareil étant
réputé pouvoir apponter par des
conditions difficiles. (© Auteur)

Ouvrages consultés : Morbihan Aéro Musée, Bases anciennes (DGAC 2005). Luftwaffe Airfields 1935 - 1945 France. Histoire succincte du Nord N2501 n° 160 Mr Christian Ravel. " Nord 2501 Le Noratlas " de Xavier Capy/ Gilbert Millas. Association Bretonne du Souvenir Aérien ABSA - Les escadres de la Luftwaffe à Vannes-Meucon (1940 - 1944). GE-314 Ecole de chasse " Christian Martell " - Eric Moreau (1986)

Remerciements : Mr Jean Gosselin président du Morbihan Aéro Musée - Vannes Monterblanc, Mr Gilbert Millas, Mr Xavier Capy, Mr Cyril Defever, Mr Joseph Vebr,

Photographies : Morbihan Aéro Musée sauf mention contraire

Notes de fin :

(1) Dénomination des aérodromes de la Luftwaffe :

- E = aérodrome militaire
- 228 = numérotation courante
- XII = Région Militaire Aérienne responsable de sa mise en œuvre

(2) Conformément à l'organisation typique de la Luftwaffe, un *Geschwader* qui est l'équivalent d'une escadre est composé de trois voire de quatre *Gruppen* ou Groupes. Il peut être de type : bombardement (KG), bombardement rapide (SKG), interception (JG), attaque au sol (SKG), transport (TG), reconnaissance, etc.

Les *Geschwader* sont nommés avec un chiffre arabe qui suit sa désignation. Généralement la coutume est de lui attribuer un nom en l'honneur d'une personne distinguée, par exemple le *Jagdgeschwader 2* a été nommé *Jagdgeschwader 2 " Richthofen "* en l'honneur de l'as aux 80 victoires de la Première guerre mondiale, Manfred von Richthofen.

Désignés par des chiffres romains, I, II, III et IV, chaque *Gruppe* est composé d'un *Stab* ou Etat-major et de trois ou quatre *Staffeln*, soit l'équivalent d'une escadrille. Chaque *Staffeln* est généralement composé de neuf avions.

Désignés par des chiffres arabes, par exemple 6. /JG 27, les *Staffeln* du *Gruppe I* sont numérotés 1, 2 et 3, ceux du *Gruppe II* sont numérotés 4, 5 et 6, etc.

(3) En 1944 - 1945 les aérodromes alliés construits sur les terrains pris aux allemands sont divisés en plusieurs catégories : les *Emergency Landing Strips* (ELS, en français : pistes d'atterrissage d'urgence), les *Supply & Evacuation* (S&E, en français : ravitaillement et évacuation), les *Refuelling & Rearming* (R&R, en français : ravitaillement en carburant et en armements) et enfin les *Advanced Landing Grounds* (ALG, en français : pistes avancées d'aviation). Les ALG " A " se réfèrent aux forces aériennes américaines. Les ALG " B " se réfèrent aux forces aériennes britanniques.

(4) La notion de cycle, la véritable base de calcul de la durée de vie d'un avion, dépend de certains paramètres tels que le nombre de décollages/atterrissages ou les phases de pressurisation/dépressurisation de sa cellule, induisant des usures sur le long terme.

(5) Le programme de standardisation-francisation consiste principalement à réaménager les instruments de bord placés différemment d'une série à l'autre (T-33 A d'origine américaine, T-33 Mk 3 d'origine canadienne) mais aussi à harmoniser le parc des réacteurs de poussée sensiblement équivalente (Allison J-33-A-35 et Rolls-Royce Nene 104/105) autour d'un seul modèle : le RR Nene 106. 83 appareils sont ainsi modifiés, entre avril 1964 et juillet 1968, avec la totalité des T-33 Mk 3 complétée par 30 T-33 A. Le terme de standard Std.55 vient de la série des appareils 55-000.

Annexe : Les hangars métalliques type Heinkel 111

Le Morbihan-Aéro-Musée de Vannes Monterblanc est installé dans trois anciens hangars, H2, H3 et H4, construits entre octobre 1940 et août 1941 pour abriter les bimoteurs Heinkel 111 H menant les bombardements de l'Angleterre. Ces trois hangars ont été acquis en 2015 par la commune de Monterblanc.

L'un d'entre-eux - le H2 - a été inscrit aux Monuments Historiques (IMH) en juin 2024 et sa restauration sera entreprise grâce à l'aide financière de la Fondation du Patrimoine. Outre la reprise de la structure du bâtiment, cette rénovation permettra de retrouver l'aspect du hangar en 1941, avec en particulier les portes et leurs portiques latéraux recouverts de clin de bois.



Vue générale des trois hangars de forme trapézoïdale du Morbihan-Aéro-Musée de Vannes Monterblanc

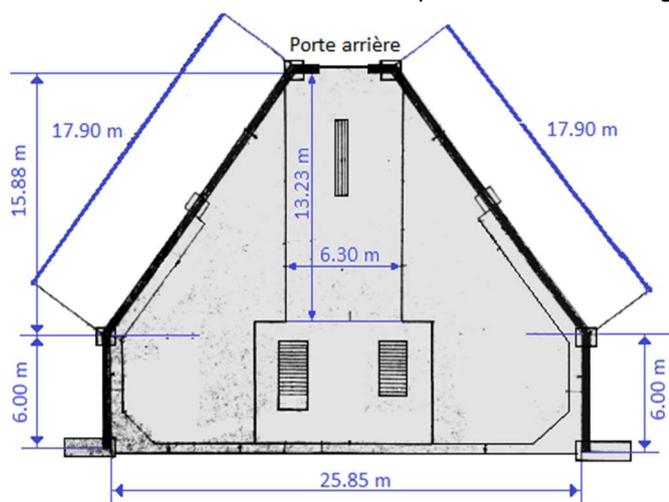


Caractéristiques : surface : 375 m², largeur : 26 m, profondeur : 23,40 m, hauteur 9,10 m.

Au début des hostilités de 1939, le terrain n'est équipé que d'un seul hangar métallique Estiot d'une surface de 500 m² construit par l'aéroclub du Morbihan en 1936. En dehors des hangars de maintenance, de conception rectangulaire traditionnelle, la Luftwaffe construit, dès 1940, 35 hangars répartis sur trois zones de l'aérodrome. Destinés à l'origine à protéger les Heinkel He-111 H ont comme particularité d'avoir une forme trapézoïdale collant au plus près au plan du bombardier bimoteur. Ce sont les seuls ouvrages de ce type érigés par les allemands en Europe durant la Seconde guerre mondiale.

Chaque hangar repose sur des fondations et un dallage en béton. La charpente est en structure métallique avec une simple toiture en tôle métallique.

Pour les façades, un bardage latéral en tôle ondulée couvre les fermes de pignons ainsi que la façade principale au-dessus des portes coulissantes sur la hauteur de la charpente. Pour les parties de façade latérales situées sous fermes, un remplissage en briques de 10 cm est réalisé au-dessus du soubassement en béton armé. Une fois achevé, le hangar reçoit un camouflage général. D'une hauteur de 5 m 50, les portes sont, au départ, conçues en deux variantes : l'une avec leur coulissement sur rails à l'intérieur du bâtiment, l'autre à l'extérieur avec un portique tenant les guidages supérieurs. Dans les années 80 leur revêtement par du clin de bois horizontal est remplacé avec un bardage tôle ondulée vertical.



Vue en plan coupe d'un hangar. A l'arrière se trouve la porte d'accès du véhicule de tractage du Heinkel 111 H. Le dallage, d'une épaisseur de 10 cm, comporte une zone de renforcement en bois à l'endroit du positionnement du train tricycle : train principal et roulotte de queue.

Typique des modèles innovants des années 1930, le hangar métallique permet une construction légère, rapide et démontable.

En raison de sa forme trapézoïdale, le stationnement des avions est réalisé à l'aide d'un véhicule tractant l'appareil par la queue jusqu'au fond du hangar. Pour sortir du hangar les moteurs étaient mis en marche.

Au début du mois d'août 1944, au moment du départ des allemands, de nombreux hangars sont détruits par minage. Ceux qui restent en état après le conflit sont détruits au cours des années soixante. Seuls six hangars existent encore, tous situés au nord-ouest du terrain (zone 2). Trois des hangars sont privatisés et trois appartiennent à la commune de Monterblanc : ils hébergent le Morbihan Aero Musée.

Notes de lecture

Dernier sur Noratlas - Premier sur Airbus

Par Claude Baillet - Editions JPO



De l'entrée à l'École de l'air, jusqu'à la fin de son mandat de directeur d'un service du Premier ministre... du jeune homme jamais sorti de chez lui au général qui a visité tous les continents, le livre déroule le récit d'une vie peu ordinaire.

Claude Baillet a été le seul commandant d'escadron de transport à recevoir de tout nouveaux appareils dans chacun de ses commandements : deux C-160 Transall " Gabriel " à Metz et deux Airbus A310 à Villacoublay. Il a été le commandant de bord du dernier Noratlas en service et, quatre ans plus tard, du premier des Airbus A310 de l'Armée de l'air. Il a dirigé les études préalables à l'achat de ces Airbus, tout en commandant l'escadron " Esterel " et en volant sur DC-8.

Il a parcouru la planète, non seulement aux commandes d'un avion, mais aussi en qualité de représentant des armées françaises. Sa carrière militaire terminée, Claude Baillet a été nommé auprès du Premier ministre, à un poste qui lui a permis de participer à la protection du pays au plus haut niveau de décision...

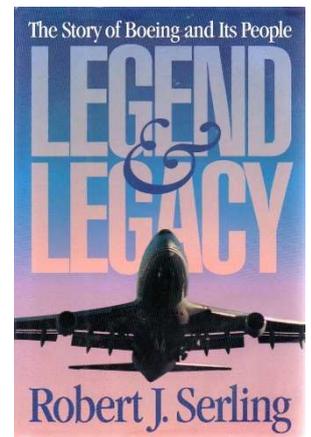
Legend & Legacy

Par Robert J Serling - Editions Saint Martins Pr (Juillet 1991)

Seulement disponible en langue Anglaise " Legend & Legacy " de Robert J Serling nous raconte, l'histoire de l'intérieur de l'avionneur américain Boeing.

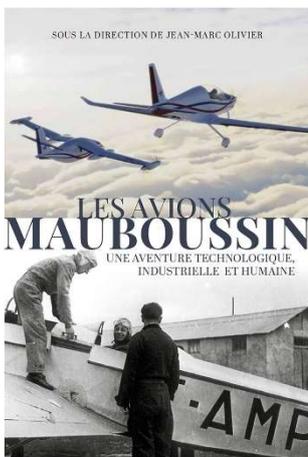
De la " Red Barn " qui fut son premier siège au modèle 777. L'auteur nous parle des premiers avions et ceux qui les ont construits. Ceux de la deuxième guerre mondiale, les légendaires Boeing B-17 Fortress et B-29 Super Fortress, puis le B-47 Stratojet, qui ouvrit la voie à l'aviation civile à réaction, le genèse, technique et commerciales des B 707, 727, 737 et 747. La concurrence avec Douglas et Lockheed.

A lire absolument pour ceux qui souhaitent en savoir plus sur ce constructeur grand client de Safran et de CFMI.



Les avions Mauboussin : une aventure technologique, industrielle et humaine

Par Jean Marc Olivier - Editions Privat (Mai 2023)



Les avions Mauboussin, symboles de l'innovation aéronautique en aviation légère, ont marqué l'histoire avec le célèbre Fouga CM-170 Magister (M pour Mauboussin). Depuis la création de cette branche particulière de l'entreprise joaillière du même nom, au début des années 1920 par Pierre Mauboussin, d'illustres pionniers et pilotes - René Lefèvre, Maryse Hilsz ou encore Hélène Boucher pour ne citer qu'eux - ont volé à bord de ces appareils Mauboussin, comme les types X, XI et XII ou les M.122 et M.123 " Corsaire ", dont les incroyables performances ont permis de battre plus d'un record.

Un défi d'innovation technologique, énergétique et écologique toujours porté aujourd'hui par les Nouveaux Avions Mauboussin avec la création de moteurs électriques et, dans un futur peut être proche, à hydrogène...

Un modèle pour les avions de demain ?

Mirage en Images - Mirage III E

Eric Moreau & Cyril Defever - EM 37 éditions

Publié en auto-édition, ce livre constitue de septième volume d'une collection unique de livres consacrés aux Mirage III, chez trois éditeurs successifs : d'abord les trois tomes historiques chez DTU couvrant respectivement les Mirage III A/B/BE/C, puis les Mirages III E, les Mirage III R/RD et prototypes français, suivi du quatrième volume consacré aux Mirage III/5/50 étrangers chez Lela Presse, suivis par la nouvelle collection (...)

Avec ce livre, les auteurs répondent aux besoins des fans les plus absolus du Mirage III E de Dassault.

Plus de 400 pages, des images variées en haute résolution, des vues de détails, une pagination bien pensée, une qualité d'impression de haut niveau, des descriptifs soignés et documentés dans les moindres détails... Pour un hommage au Mirage III E, les auteurs ne sont pas passés à côté de leur sujet, loin de là.

Au niveau de la narration, ce livre s'articule de la façon suivante. Plusieurs pages sont à chaque fois consacrées à chacun des Mirage III E, avec un tableau retraçant ses affectations et codes successifs ainsi que les dates de chaque changement. Pour tous les appareils sont proposées des photos, en noir et blanc ou couleur, tout alu ou camouflé, au sol et en vol, avec tous leurs insignes successifs, les décorations spéciales... Quant aux annexes, également très précises et documentées, elles proposent un passage en revue des unités avec les codes et la correspondance avec les numéros des aéronefs. Bref, si vous vous intéressez de près (ou même de loin) à cet appareil de légende de la famille Dassault, vous ne pouvez pas faire l'économie d'ajouter cet ouvrage phare à votre collection !



Ciels de combat - Témoignages inédits de pilotes de chasse

Benjamin Vinot Préfontaine - Frédéric Lert - Editions Nimod



Afghanistan, Libye, Mali, Irak, Syrie... Nos pilotes et navigateurs de combat accumulent depuis vingt-cinq ans les missions de guerre sous les latitudes les plus improbables. Mais si l'environnement géostratégique a considérablement changé en l'espace d'une génération, les fondamentaux de la vie de ces équipages ont finalement peu varié, avec toujours comme ingrédients principaux le travail, l'abnégation, le courage, la recherche incessante de la perfection, le tout mâtiné d'une bonne dose d'ironie grinçante et de traditions plus ou moins abscones...

En rassemblant une centaine de récits très différents, portés par la personnalité et l'expérience de chacun de leurs auteurs, *Ciels de combat* offre un témoignage authentique et unique, vécu de l'intérieur, sur le quotidien de ces équipages de chasse et les opérations réelles qu'ils conduisent. *Ciels de combat* entraîne le lecteur dans les missions de guerre les plus récentes en levant le voile sur la technicité extrême qui caractérise aujourd'hui le métier de chasseur.

Au service de l'espoir

M. Philippe Stanguennec - Editions JPO

Conflits, génocides, famines, catastrophes naturelles... Les équipages du transport aérien militaire français sont envoyés aux quatre coins du monde pour venir en aide aux victimes. Tout récemment, ils étaient en Haïti, exportant la vocation humanitaire chère à la France.

Depuis le cockpit de son Transall, le capitaine Philippe Stanguennec, pilote de transport, entraîne le lecteur au cœur de l'action, de N'Djamena à Phnom-Penh, de Bangui à Nouméa, de Kaboul à Port-au-Prince, pour lui faire partager la vie et les missions de son équipage, riches d'escales, d'anecdotes, de rebondissements et d'imprévus. Que d'émotions !

Car un équipage de transport militaire, c'est une addition de compétences et de personnalités, sous la responsabilité d'un chef, le commandant de bord, au service



de la Nation, dans la diversité des missions qui peuvent lui être confiées : parachutages, vols humanitaires et missions tactiques se succèdent, à un rythme soutenu.

Mais ce qui lie ces hommes, c'est surtout une volonté farouche de faire face à la situation et de tout faire pour atteindre l'objectif, en dépit du stress.

Au fil des ans, la complicité qui lie les membres d'un équipage est devenue amitié, laquelle n'a cessé de se renforcer, pendant que la technicité s'affinait et que l'expérience s'accumulait. Attachez vos ceintures, le Transall va décoller !

Histoire cachée de l'aviation : comment les aéronefs ont évolué depuis les origines

Michel Bénichou - Jacques Guillem - Editions Docavia



Cet ouvrage s'attache à raconter l'histoire des techniques de l'aéronautique avec l'ambition gourmande de retenir l'attention de tout le monde en narrant les secrets technologiques des appareils des origines à nos jours : du premier monoplan au F22 Raptor en passant par le P-51 Mustang ou le SR-71 " Blackbird ". C'est à travers les éléments technologiques que nous allons parler de ces appareils qui ont révolutionné le monde du ciel. Ouvrage savant mais qui s'adresse à tous les amateurs d'aéronautique, l'ouvrage " Les secrets cachés de l'aviation " sera un incontournable du monde aéronautique.

Pilote de drone

Editions Les Belles Lettres - Collection Mémoires de guerre - Pierre-Yves Le Viavant

Participer au combat en renseignant et protégeant ses camarades à travers l'œil électronique d'un drone a été le quotidien du colonel Pierre-Yves Le Viavant, alors capitaine, pendant son déploiement en Afghanistan en 2010 et 2011. Aujourd'hui patron du régiment des drones de l'armée de Terre, il livre le premier récit d'une unité employant cette arme alors balbutiante dont l'usage est aujourd'hui généralisé sur les champs de batailles.

Ce que raconte cet ouvrage, c'est l'histoire de cette petite équipe de soldats précurseurs, pilotes, mécaniciens, analystes d'images. Il y a leur obsession de faire décoller l'appareil à temps pour l'opération en cours dans le décor lunaire des montagnes afghanes depuis l'extérieur de la base de Tora, l'attachement à la frêle machine qui défie les éléments, son action au-dessus de l'action pour aider leurs camarades, enfin le retour, guetté comme celui d'un enfant prodigue. Une aventure qui fait penser à celle qu'ont vécu les pionniers de l'aviation. À l'époque, on bricole encore beaucoup, mais l'image transmise est déjà de bonne qualité. Reste à l'interpréter, la " traduire " sur le champ sans se tromper, sans désigner des civils ou des soldats amis comme cibles. De jour comme de nuit, des formes spectrales qui se meuvent à terre, il faut déterminer qui est hostile et qui ne l'est pas. Une mission qui met les nerfs à rude épreuve quand, pendant des heures, on cherche à discerner les rebelles qui pourraient attaquer les camarades sur le terrain. Les succès remportés par les drones partis de Tora démontreront que ces drôles d'engins volants, et ceux qui les servent, sont une nouvelle arme indispensable dans la panoplie des guerres modernes.

