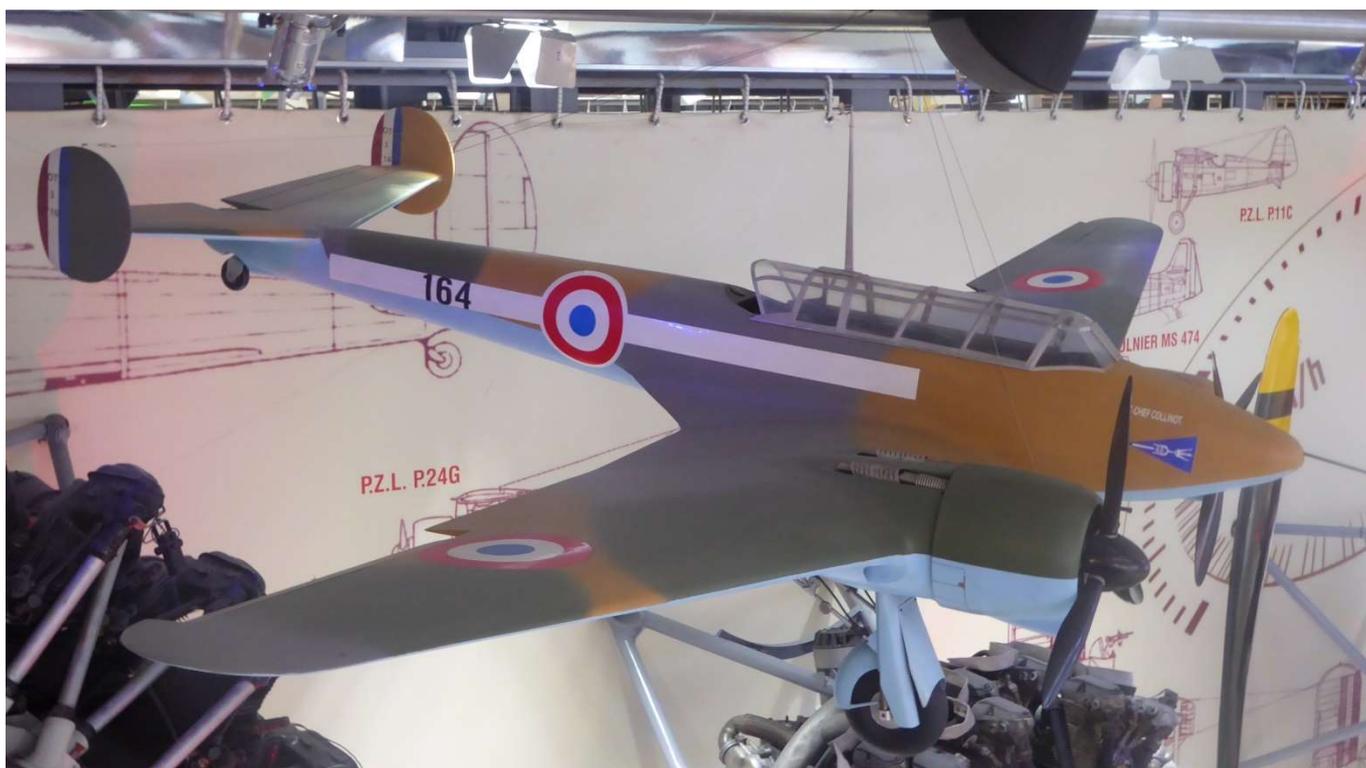


PRENDRE L'AIR



Musée du Saint Chamas - Le Potez 631 C3



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

**N°2
Juin 2019**

Contact

Rond Point René Ravaud 77550 Réau
Tél : 01 60 59 72 58 Mail : aams@museesafran.com

Sommaire

<i>Editorial</i> Jacques Daniel	3
<i>Le mot du Président</i> Jean Claude Dufloux	4
<i>L'Association les Ailes Anciennes Toulouse</i> Jacques Daniel	5
<i>Histoire de l'usine Kellermann : Il y a 50 ans, la fin de Kellermann (Première partie)</i> Henri Couturier	9
<i>Marc Birkigt Paul-Louis Weiller : portraits croisés - Deux grands noms de l'aéronautique et de l'automobile</i> Henri Couturier	15
<i>Maquettes au Saint-Chamas : d'un canard à l'autre</i> Jacques Daniel	20
<i>Le train d'atterrissage automoteur du SA 330 "Puma" ZWWS n° 06</i> Jacques Daniel	25
<i>Racines françaises du turboréacteur</i> Pierre Mouton	28
<i>Le turbopropulseur Snecma TB-1000 : La restauration</i> Régis Ligonnet	31
<i>Le turbopropulseur Snecma TB-1000 : Le premier turbopropulseur français</i> Régis Ligonnet	35
<i>La Caravelle 193, banc d'essais volant des moteurs M53 et CFM56</i> Jacques Daniel	43
<i>Notes de lecture</i> Jacques Daniel	48

Crédits



Photographies : Henri Couturier, Jacques Daniel, Régis Ligonnet

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

Editorial

Une mission noble de l'AAMS, c'est d'éditer la revue "Prendre l'air".

Dans ce second numéro de "Prendre l'Air", nous rendons hommage à l'Association des Ailes Anciennes Toulouse (AAT), l'une des plus dynamiques en France et avec laquelle l'AAMS a signé une convention depuis la fin de l'année 2018. Grâce à cet accord nous avons acquis un turbopropulseur TB-1000, le seul jamais réalisé par la Snecma vers la fin des années 1940, ainsi qu'un train d'atterrissage principal "tout terrain" de l'hélicoptère SA 330 "Puma". Deux articles sont dédiés à ces deux matériels uniques et actuellement en cours de restauration.

Seul turbopropulseur développé par la Snecma, le motoriste espérait que son TB-1000 B atteindrait 2 000 chevaux même si les premières versions n'atteignaient que 75 % de cet objectif. Ce moteur, qui était de toute façon trop voisin du Rolls-Royce "Dart" déjà en service, fut abandonné par la suite.

En ce qui concerne le train d'atterrissage expérimental de l'hélicoptère de manœuvre SA 330 "Puma", il s'agissait d'un train automoteur à dix roues, unique au monde, permettant à l'appareil de rouler en marche avant ou arrière à une vitesse de 4 km/h sur des sols meubles, sablonneux ou détremés.

Dans ce numéro de "Prendre l'air" vous trouverez un article sur l'histoire de l'usine Gnome et Rhône du boulevard Kellermann, érigée en 1908, devenue Snecma en 1945 et qui s'arrête en 1968, avec l'ouverture de l'usine de Corbeil. Kellermann a commencé par produire des moteurs rotatifs, entre 1908 et 1920, ensuite des moteurs fixes en étoile, entre 1920 et 1945, pour finir par assembler, à partir de 1950 et jusqu'à sa fermeture, des réacteurs Snecma Atar 101, pour des avions subsoniques, puis Atar 8 et 9 pour des avions supersoniques.

Lors des visites du musée, deux portraits de brillants industriels et ingénieurs sont incontournables : Paul Louis Weiller (1893-1993) le continuateur de Gnome & Rhone dans l'entre-deux guerres et Marc Birkigt (1878-1953), d'origine suisse ayant fondé Hispano-Suiza. Voici donc une présentation croisée sur ces industriels. Marc Birkigt développa pour la première fois un moteur en ligne 8 cylindres en V de 150 cv qui équipa le meilleur avion de combat de la Grande Guerre, le Spad XIII. Ce fut un tel succès - plus de 50 000 exemplaires produits en deux ans et demie - qu'il fut parfois surnommé le "Merlin" de la Première guerre mondiale.

Surnommé par Greta Garbo " Paul-Louis XIV ", Paul Louis Weiller qui fut le chef du Groupe des escadrilles de reconnaissance (GER) en juillet 1918, termina la guerre avec quatre victoires aériennes homologuées, 10 citations à l'Ordre de l'armée et la rosette de la Légion d'honneur, un tableau de décorations que n'ont même pas atteint certains des plus grands as de la chasse. C'est lui qui redressera la société grâce au moteur en étoile fixe, le "Jupiter" puis "Titan" de la firme anglaise Bristol dont il va acquérir la licence, le fiabiliser, le développer.

Parmi les aspects méconnus du Saint Chamas figure une douzaine de maquettes réalisées par les membres de l'AAMS et destinées à souligner la réussite des moteurs à pistons ainsi que des turboréacteurs les plus représentatifs de l'histoire du groupe Safran.

Au niveau maquettisme, il y a donc de quoi ravir les chapelles parmi les passionnés : les faucheurs de marguerites sont représentés avec le Morane type H de Roland Garros, la Grande guerre est symbolisée par un beau florilège d'aéroplanes (De Havilland DH3, Fokker Dr1, Nieuport XVII), les années 1930 sont évoquées avec l'hydravion catapulté GL830 Hy et l'Amiot 143, une silhouette unique même parmi l'étonnante galerie des bimoteurs de cette époque, la bataille de France est présente avec le Potez 631 et le MB-152.

L'ère de la réaction n'est pas oubliée, avec les années 1950 représentées par deux étranges machines, comme le C-450 Coléoptère et le Nord 1500 Griffon, les années 1970 avec le delta à aigrettes Mirage 2000 et les années 1990 avec le delta à plans canard Rafale.

Pour tout visiteur de notre musée, un terme est quasi incontournable : l'Atar. Un article est consacré à la genèse de la propulsion par réaction en France et, notamment, l'apport hexagonal dans la réalisation de la première génération du turboréacteur militaire Snecma Atar.

Enfin, maillon essentiel dans la mise au point des moteurs, voici un sujet peu abordé : la Caravelle III n°193 utilisée pendant près de dix ans pour le développement des M53 et CFM56.

Je vous souhaite une bonne lecture !

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

Le mot du Président

Depuis l'envol de janvier dernier, les pilotes virent du cap 180 vers le cap 360 le tout avec un plan de vol respecté à la minute. Félicitations à eux.

Vous découvrirez dans cette revue n°2, l'acquisition de deux pièces historiques : le turbopropulseur TB-1000 et le train d'atterrissage automoteur pour hélicoptère SA 330 "Puma " et bien d'autres choses encore

Bonne lecture à tous.

Le Président
Jean Claude DUFLOUX

Ailes Anciennes Toulouse



Préserver le patrimoine aéronautique devient une tâche d'urgence à la fin des années 1970. A cette époque, les avions et planeurs d'après-guerre subissent la désaffection des pilotes, attirés dorénavant par les productions de nouvelle génération, plus fiables, plus modernes, mieux équipées. De nombreux aéronefs sont alors stockés dans les fonds de hangar ou détruits. Certains partent en Grande-Bretagne, notamment, où la tradition de conservation est plus forte.

Pour enrayer ce mouvement, des passionnés entreprennent la préservation de ce patrimoine, témoin d'une époque et de techniques industrielles, riche souvent d'histoire et d'aventure.

Les "Ailes Anciennes" ont été créées en 1976 - officiellement, le 14 juillet 1977 - sur l'initiative d'un certain nombre d'amoureux des vieux avions qui étaient prêt à apporter leur aide au Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget dans sa tâche de restauration des appareils anciens. Quelques années plus tard, l'exemple donné par les "Ailes Anciennes" de la région parisienne fait tache d'huile puisque quatre autres associations du même type ont vu le jour : les "Ailes Anciennes" de Toulouse (terre aéronautique par excellence), Saint-Dié, Dijon et de La Baule, qui ont, toutes, actuellement, des appareils en restauration. Aujourd'hui, c'est onze membres qui composent Les "Ailes Anciennes" : après Le Bourget, Toulouse est la plus dynamique des associations.



Ailes Anciennes Toulouse (AAT) à Blagnac (vue prise en 2013)

Créée en 1980, l'association "Ailes Anciennes Toulouse" (AAT) est forte de plus de 300 membres. Implantée initialement sur un site à Colomiers à quelques centaines de mètres des pistes de l'aéroport de Toulouse-Blagnac, l'association déménage, en 2010, à Saint-Martin-du-Touch et depuis octobre 2012, s'installe définitivement à Blagnac face à AéroConstellation. Ce site est situé à proximité immédiate du musée Aeroscopia où sont exposés vingt-deux appareils de la collection (sur les 29 présentés par le musée). Si la majeure partie des aéronefs est exposée en extérieur, les moteurs, les avions et planeurs en bois et toile et autres équipements sensibles stockés dans un hangar.

Dotée d'un hangar de restauration baptisé "Atelier Louis Breguet" d'une surface de 2000 m², l'association a rassemblé depuis sa création plus de cent machines (115 actuellement) allant des avions, aux hélicoptères et aux planeurs, de toutes origines géographiques et de toutes époques, parmi lesquelles :

- des avions de transport comme le Boeing 377 "Super Guppy" n°2 et la Caravelle Super 10 d'Air Toulouse, " La rapide, la sûre, la douce Caravelle " selon les mots du Général de Gaulle,
- des avions de combat tels Mirage III C, Mirage III E, MiG-21 "Fishbed", F-8E (FN) "Crusader",

F-100 D "Super Sabre", SEPECAT Jaguar A, Hawker "Hunter", Saab 35 "Draken", F-84G, Gloster "Meteor", F-104 G "Starfighter", MiG-15 "Fagot", Douglas A-26 "Invader", etc.

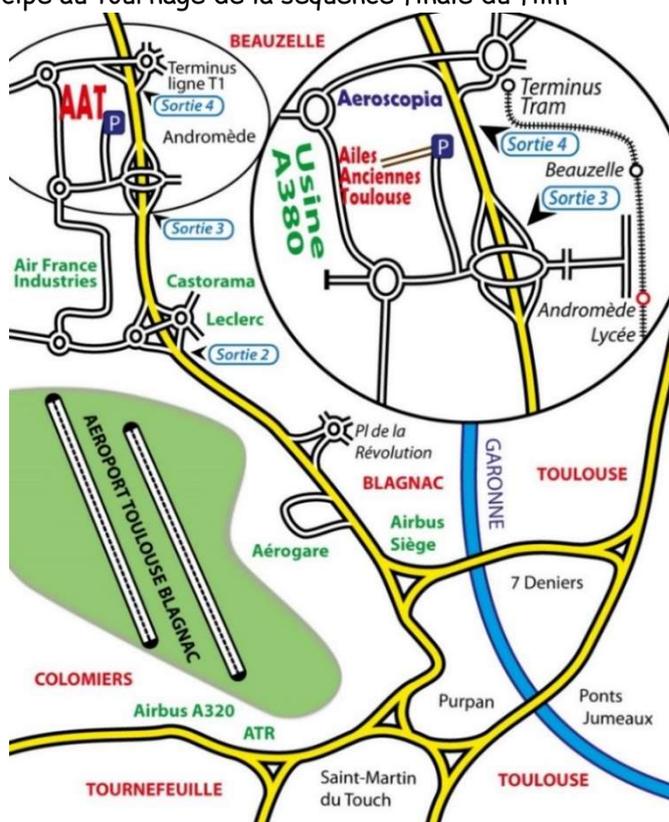
- des pièces uniques comme le quadrimoteur Breguet 765 "Sahara" (Deux-Ponts), le second prototype de la SA 340 "Gazelle" (le premier hélicoptère, au monde, équipé d'un fenestron en 1968) et un Douglas DC-3 ayant participé à la Seconde Guerre Mondiale sur le front birman,
- des hélicoptères tels le Piasecki H-21 "Banane volante", le Sikorsky H-34, le Sikorsky H-19,
- le SO 1221 Djinn (dont le rotor est propulsé par des gaz éjectés en bout des pales), le SE 3130 Alouette II Marine (la première machine équipée de roues), etc.
- des planeurs du constructeur auvergnat Wassmer (WA-30 "Bijave", WA-26 "Squale" et WA-28 "Espadon"), un Caudron C.800 "Epervier" (dernier appareil sorti sous le nom de Caudron et construit à 300 exemplaires), un Castel C25 S (ayant participé au tournage de la séquence finale du film "La Grande Vadrouille" avec Bourvil et Louis De Funès, tourné en 1966), etc.

Parmi les derniers aéronefs entrés dans la collection figurent un des deux quadrimoteurs Bréguet 941 S survivants et trois aéronefs mythiques : Mirage IV P, Mirage F1 CT et Super Etendard Modernisé.

La collection compte aussi une grande quantité de matériels aéronautique divers (moteurs, planches de bord, sièges éjectables, missiles, ...). Dans le domaine de la propulsion, l'association toulousaine conserve un grand nombre de turbomoteurs (Artouste, Astazou), de turboréacteurs (Palas, Marboré II, Larzac 04, Adour Mk 102, Atar 101 B, Atar 9B), deux moteurs américains en étoile Pratt & Whitney R-2800 Double Wasp ayant propulsé le célèbre Chance Vought F4 U "Corsair", Wright R-1820 ayant équipé notamment la B-17 "Flying Fortress", un Salmson 9 Za, un moteur 9 cylindres en étoile de 260 ch produit à plus de 3.000 exemplaires en 1917 et 1918, et même un pulsoréacteur Escopette.

Chaque appareil restauré a vocation à rejoindre le musée Aéroscopia, ouvert en janvier 2015. Couvrant une superficie de 7 600 m², il a accueilli, lors de sa première année d'ouverture, 218.000 visiteurs.

Exposant une cinquantaine d'avions et hélicoptères divers et variés, la collection d'AAT est ouverte au public toute l'année du mardi au vendredi après-midi et le samedi toute la journée. Toute la semaine les groupes de plus de 20 personnes sont reçues sur réservation. En 2015, l'association a reçu 17.000 visiteurs, le record depuis sa création.



SO 4050 Vautour II B n° 640 de l'EB 1/92 "Bourgogne". Dernier appareil produit de type B, il sera le seul bombardier affecté au Centre d'Essais en Vol (CEV) de Cazaux, pour l'expérimentation de cibles tractées et téléguidées.

Les pièces maîtresses de la Collection

Au milieu des 40 appareils présentés sur la zone Héritage, trônent les deux appareils les plus importants : le Breguet Deux-Ponts et le Breguet 941 S.

Breguet 765 " Sahara " (Deux-Ponts) :

Bien qu'il figure sur le logo de l'AAT depuis des années, le Breguet 765 " Sahara " est une pièce peu connue et toujours imposante lors des visites. Premier appareil commercial français à disposer de deux étages (d'où le " Deux-Ponts "), l'appareil a été longtemps utilisé par Air France (en version 763 " Provence ") et l'Armée de l'Air comme appareil de transport rustique à grande autonomie. Dérivé militaire du Breguet 763 et construit en 4 exemplaires, il est équipé de réservoirs supplémentaires en bout d'ailes.



Le Breguet 765 "Sahara" (Deux-ponts) est une version militaire livrée à l'Armée de l'air française et utilisant des moteurs Pratt & Whitney R-2800-CB 16 de 2 500 ch. Il a été construit à 4 exemplaires.

L'appareil qui fit son premier vol le 2 juillet 1959 vola au sein de l'Escadron de Transport ET 2/64 "Maine" tout d'abord stationné au Bourget puis, à partir de fin 1969, sur la base aérienne d'Evreux-Fauville avec le code 64-PH jusqu'en 1972. Récupéré en 1985 par l'association toulousaine lors d'une aventure incroyable, "Brigitte" (Bardot), surnom du n° 504 est en restauration depuis. C'est un appareil fortement corrodé car conçu avec des matériaux de mauvaise qualité et n'ayant jamais été prévu pour survivre 60 ans plus tard. Les équipes qui s'évertuent depuis des années à lui redonner vie sont actuellement en train de terminer les deux ailes et les empennages arrières après de longues années de labeur et de remplacement de tôles. Le Breguet est l'un des trois derniers exemplaires préservés, tous en France.



Le Breguet 765 "Sahara" n° 504

Breguet 941 S (STOL) :

S'il n'est pas l'avion français le plus connu, le quadrimoteur Bréguet 941 S est pourtant une des machines les plus formidables et avant-gardistes conçues et construites en France ! Il se posait en 120 mètres avec une vitesse de vol minimale de 50 km/h, décollait en moins de 200 mètres au poids de 26 tonnes et volait à 425 km/h. Les capacités de décollage court restent encore inégalées par les avions de transport en service aujourd'hui.

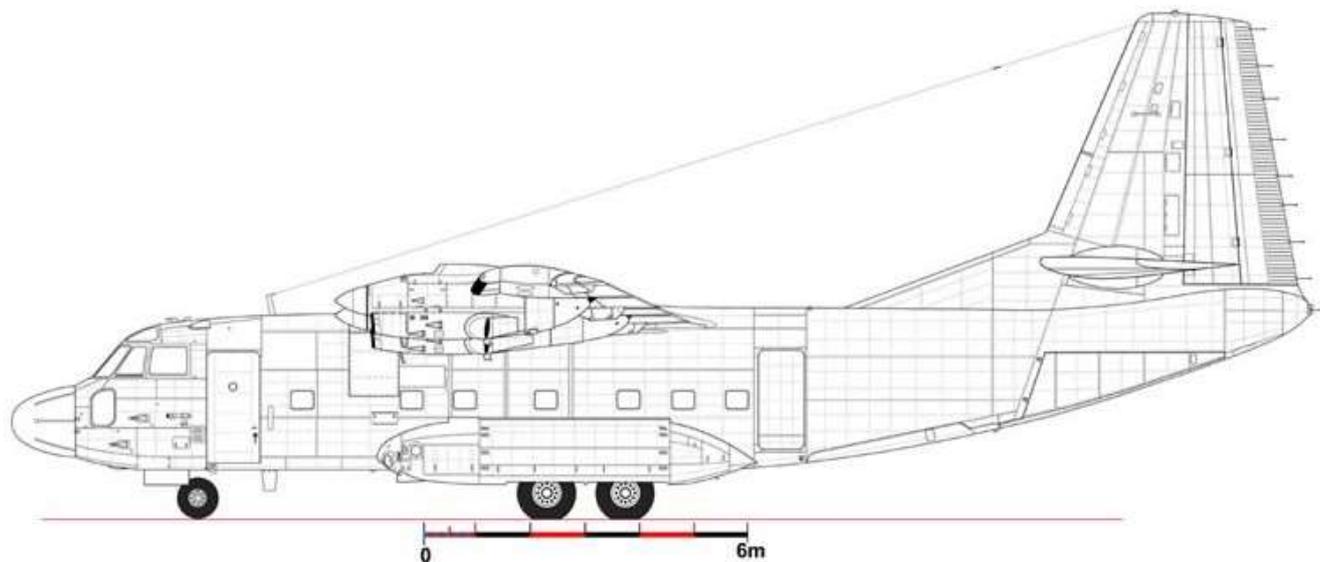
De cet avion, il ne reste plus aujourd'hui que deux exemplaires : le numéro 4 dans les réserves extérieures du Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, l'autre préservé par l'AAT.



Construit en 1968, le Bréguet 941 S n°3 (F-RANC), codé 62-NC, a été employé pendant quatre années, entre 1970 et mars 1975, au sein de l'escadron de transport ET 3/62 "Ventoux", sur la base aérienne 112 de Reims. Il est à noter que le Mont Ventoux, battu par le mistral et au nom si évocateur, rappelle la technique particulière du soufflage de l'aile de l'aéronef dont était doté cette unité.

A l'issue de sa carrière militaire il fut exposé sur la base aérienne d'Ambérieu-en-Bugey. Il a ensuite rejoint, dans les années 1990, un parc d'attraction en Ardèche, à Aubenas, où il fut équipé d'une plate-forme sur vérins pour en faire un cinéma dynamique. En 2014, le parc ayant des difficultés met l'avion en vente au prix de la ferraille. L'AAT le rachète pour le ramener à Toulouse. Ce transfert a nécessité trois expéditions de démontage et deux de rapatriement des différents éléments de l'avion (ailes, empennages, moteurs, fuselage). Il a fallu pas moins de quatre camions pour ramener l'appareil dont un avec une remorque surbaissée de 32 m de long. Le fuselage est arrivé en janvier 2015.

L'avion est actuellement en cours de remontage, mais cette opération va prendre un peu de temps, le premier démontage de l'appareil (pour rejoindre Aubenas) ayant fortement endommagé l'appareil.



Bréguet 941 "S" (Stol) motorisé par quatre turbopropulseurs "Turmo III D3" de 1450 cv unitaire.

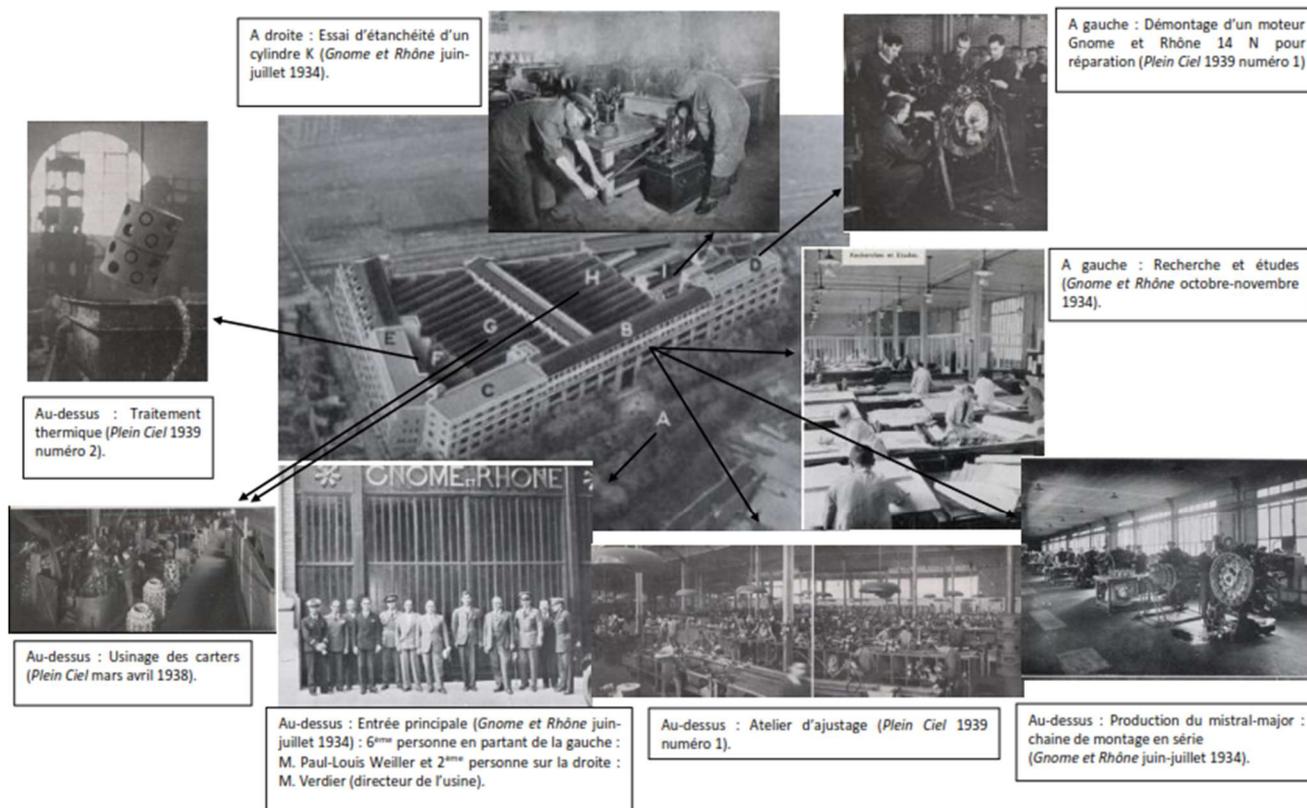
L'aile dotée de volets hypersustentateurs doubles, pouvant être déployés jusqu'à 105° était soufflée sur toute son envergure par quatre hélices tripales de 4,5 m de diamètre.

Il y a 50 ans, la fin de Kellermann (Première partie)

Court résumé de l'histoire de Kellermann (par Maurice Beguin, Directeur de la Snecma)

Outre les ateliers de fabrication et de montage, l'usine de Kellermann abrite la direction technique, ses bureaux d'études, ses ateliers et ses laboratoires, les directions de la Qualité, de l'Après-Vente, des Installations nouvelles.

Plan de l'usine de Gnome et Rhône à Kellermann (*Gnome et Rhône* de 1931) : A/Entrée principale, B/Bureau d'études, ajustage, montage, C/Arrivée des marchandises, magasins, D/Outillage, atelier d'études, réparation, expédition, E/Décolletage, F/Traitements thermiques, G/ et H/ Usinage, I/ Essais.



La surface de cette usine passe de 300 m² en 1908 à 36 000 m² en 1934, 76 000 m² en 1939 et 80 000 m² en 1965, répartis sur 5 étages, et les effectifs évoluent de 3 500 personnes en 1929 à 5 500 en 1935 et 4 500 en 1965.



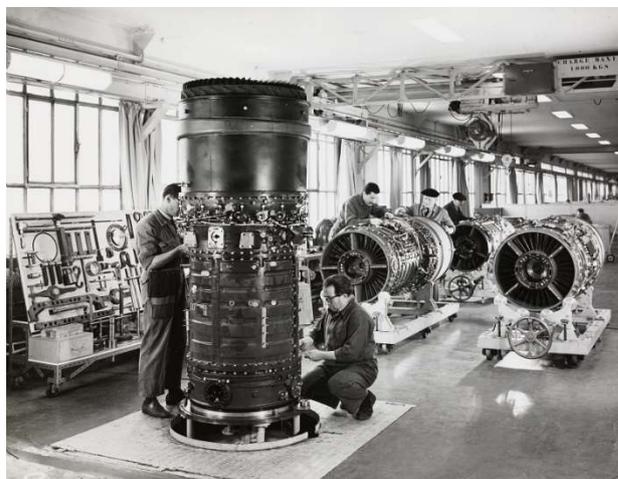
Le montage de moteurs en étoile au 5^{ème} étage en 1934 (Copyright Espace Patrimoine@Safran)

De 1908 à 1940, 37 450 moteurs à pistons de 5 à 14 cylindres disposés en étoile y seront construits, du rotatif de 50 CV avec hélice en bois en prise directe au 14 cylindres de 1600 cv avec compresseur, réducteur, hélice à pas variable, livré capoté, prêt à être avionné.

De 1950 à 1968, seront construits 4 200 turboréacteurs destinés aux Vautour II, Mystère II, Super Mystère B2, Etendard IV, Mirage III, IV et 5, dont la puissance équivalente à Mach 1 au sol atteint 30 000 CV pour les derniers modèles.



Chaîne d'usinage des carters
(Copyright Espace Patrimoine@Safran)



Chaîne de montage (Copyright Espace Patrimoine@Safran)

Leur architecture n'a rien de commun avec celle des moteurs à pistons, et nécessite en 1950 un remaniement complet des installations et des machines et en 1962 un renouvellement du parc machine pour tenir compte des nouveaux matériaux utilisés pour résister aux vols supersoniques des Mirage III et surtout Mirage IV.

Ce sont ces nouvelles techniques et ces machines modernes qui seront transférées dans l'usine de plein pied de Corbeil, usine dont l'agencement et les capacités seront appréciés lors de la signature avec General Electric des accords qui permettront à la SNECMA d'entrer dans le domaine civil avec le CFM56.



Atelier de montage au 1^{er} étage du blockhaus (Copyright Espace Patrimoine@Safran)

Le transfert à Corbeil en 1968 et la fermeture du site de Kellermann

(d'après "Pégase" n°99 octobre 2000)

Décidée en 1961, la nouvelle usine ne sera prête, pour une part, qu'en 1966 et pour le reste en 1967. Elle ne voit en effet le jour que grâce à l'opiniâtreté des dirigeants successifs de SNECMA. Ainsi, c'est le Président Blancard qui, en dernier ressort, persuade en 1965 le Premier Ministre Georges Pompidou d'envoyer un membre de son cabinet, Jacques Chirac, constater sur place combien les bâtiments de Kellermann (en étages, longs, étroits, etc..) sont devenus impropres à l'organisation et à l'évolution d'une fabrication industrielle.

A la suite de cette visite, M. Blancard est convoqué par le Général de Gaulle, qui lui dit simplement " Bien, vous aurez votre usine. Faites-moi simplement les bons moteurs dont la France a besoin " !!!



Bureau de dessin et de calcul
(Copyright Espace Patrimoine@Safran)



Bureau d'études
(Copyright Espace Patrimoine@Safran)

Les délais nécessaires pour décider puis pour réaliser le nouveau site sont mis à profit à Kellermann pour achever la mise au point des procédés nouveaux, débiter la fabrication des pièces et de l'arrière-corps des moteurs du Concorde, apprendre, en réalisant à grande cadence des disques de compresseur JT8D pour Pratt & Whitney, et structurer en unités autonomes certaines activités en vue de leur transfert.

Quitteront ainsi Kellermann entre 1961 et 1967, conformément au plan de redéploiement industriel établi en 1961 par la Direction des Programmes de SNECMA :

- pour Villaroche, les bureaux d'études et les ateliers de la Direction Technique,
- pour Le Havre, les ateliers de petite mécanique, la fabrication et l'assemblage des canaux de postcombustion,
- pour Billancourt, la fabrication et le montage des chaînes cinématiques,
- pour la Sochata à Billancourt, la réparation des réacteurs,
- pour Rungis, les magasins de pièces de rechange, situés à proximité de l'aéroport d'Orly ils seront ainsi en mesure de garantir des délais de livraison courts, ce qui nécessite une permanence 24 heures sur 24, 7 jours sur 7,
- pour Corbeil, en 1967, les services de production et leurs 1800 machines-outils, ainsi que le solde des laboratoires de la Direction Technique.



Bureau programmation
(Copyright Espace Patrimoine@Safran)

Un nouveau site industriel est né, sa qualité, ses dimensions, ses équipements impressionnent nos concurrents et facilitent les accords avec General Electric.

Pourquoi et comment fermer Kellermann ?

Kellermann était une usine à étages, inadaptée pour les gros et lourds turboréacteurs, d'où la construction d'une grande usine à un seul niveau à Corbeil-Essonnes, entrée en service en 1968. Le déménagement dura plus d'une année.

Des services de la Snecma continueront de fonctionner dans la partie Blockhaus (jamais démoli) jusqu'en 1970.

Il a été longtemps question de transférer le siège de Snecma du boulevard Haussmann dans le blockhaus de Kellermann.

La plus grande partie de l'usine (13 720 m² au sol) fut vendue le 6 avril 1970 au Ministère de la Défense qui en fit une caserne de gendarmerie mobile.



Vue aérienne du site
(Copyright EspacePatrimoine@Safran)

L'autre partie était composée essentiellement de l'ancienne rue Mathias Duval et du BLOCKHAUS. Il s'agissait-là d'un ouvrage absolument remarquable, construit à partir de 1938 par la Société des Moteurs Gnome & Rhône dans le cadre de l'effort de guerre entrepris alors, bien tardivement.

Le blockhaus de Kellermann (d'après Guy Dodanthun "Kellermann 20 ans après")

Délimité par le boulevard Kellermann, la rue Cacheux, la rue des Longues Raies et la rue Mathias Duval, le blockhaus comprenait 5 niveaux d'une surface interne de 3.000 m² dont 2 en sous-sol desservis par un ascenseur gigantesque.

Pour le construire, il avait fallu 35 000 m³ de béton, 1 500 tonnes d'aciers ronds, et 4 500 tonnes de rails, soit un poids total estimé de 95 000 tonnes pour un bâtiment de forme à peu près rectangulaire, d'une longueur de 130 mètres et d'une largeur de 30 mètres l'angle du boulevard Kellermann et de la rue Cacheux étant composé de plusieurs étages de bureaux.

L'ensemble entra en service en 1940...



Le blockhaus aujourd'hui, rue Cacheux

Par la suite, en 1942, furent construits sur le toit du blockhaus deux étages à usage de bureaux. Une telle construction - la seule usine française d'armement à l'épreuve des bombes - était très difficile à démolir et la Snecma mit longtemps à trouver l'acquéreur capable d'utiliser les locaux en l'état, jusqu'à ce que, à nouveau, l'Etat Français, en la personne du Secrétariat d'Etat aux Communications, l'achète, dans le but d'y installer un central téléphonique, le 3 février 1975.

Cette acquisition était particulièrement nécessaire car la France s'était décidée alors à faire disparaître le retard pris dans son réseau téléphonique et le blockhaus se prêtait particulièrement bien à l'installation des équipements lourds alors en usage, sans oublier que du point de vue de la sécurité, c'était bien sûr parfait.

Des usines voisines ferment en même temps que Kellermann...

(d'après "Des usines à Paris" et "Panhard Racing Team")

A l'époque où Kellermann fermait ses portes, d'autres grandes usines parisiennes du 13^{ème} arrondissement étaient démolies pour être remplacées par des immeubles d'habitation ou de bureaux, comme Panhard-Levassor, 19 avenue d'Ivry.

En 1965, la société Panhard et Levassor est absorbée par Citroën (1). La production est arrêtée deux ans plus tard. Le 20 juillet 1967, la dernière voiture sort des chaînes.

De septembre 1967 à l'automne 1969 (2), les ateliers Panhard vont usiner des pièces mécaniques de 2 CV, de Dyane et d'Ami 6, et monter environ 150 fourgonnettes 2 et 3 cv par jour, accompagnées, à partir de juillet 1969, de quelques Ami 8.



Mais ces activités se poursuivent dans des conditions qui se dégradent de plus en plus, dans des installations vétustes et qui ne sont plus entretenues puisque la fermeture en est déjà connue du personnel et programmée à délai rapproché, avec des circuits complexes qui vont de l'emboutissage au rez-de-chaussée à la peinture au 2^{ème} étage, puis à " la grande chaîne de l'atelier 85 " au 1^{er} étage, le tout avec des tâches pénibles, éreintantes, passant de la soudure à l'étain, au montage des vitres, à la confection des sièges avant et au transport des caisses dans la cour.

L'univers est cruel où 1 200 personnes - dont plus de la moitié sont des travailleurs émigrés - sont encadrés par une maîtrise impitoyable.

Ces ateliers étaient en effet condamnés à disparaître et Citroën se devait de transférer au plus vite les fabrications qui y subsistaient dans des ateliers plus modernes, mieux organisés et plus humains. Ce sera chose faite à la fin de 1969.

Depuis, ont été construites à cet endroit les "tours des Olympiades".

La proximité du quartier chinois actuel s'explique en partie par l'emplacement de l'usine Panhard qui a employé de nombreux ouvriers asiatiques pendant la Grande Guerre.

Cette plaque commémorative, au numéro 16 avenue d'Ivry, témoigne aujourd'hui, avec quelques bâtiments de l'usine historique réhabilités, de cette grande épopée pour laquelle des milliers de travailleurs ont construit des dizaines milliers d'automobiles, camions....pendant de très longues années.. et dans des conditions souvent difficiles...

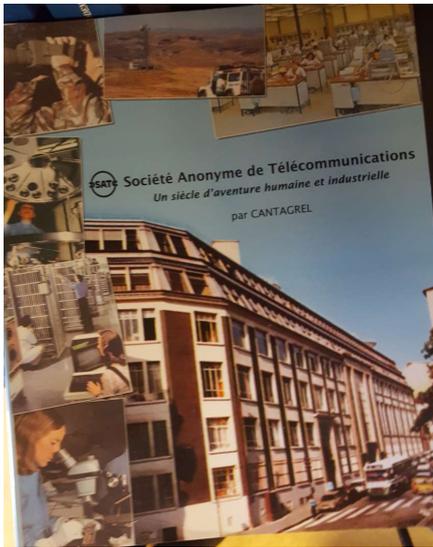


Tandis que d'autres poursuivent leur activité...

D'autres grandes usines du 13^{ème} arrondissement, comme SAT (Société Anonyme de Télécommunications, 41 rue Cantagrel, absorbée par Sagem en 1998), AOIP (appareils de mesure, équipements téléphoniques, rue Charles Fourier), ou la SUDAC (usine de production d'air comprimé), vont cependant continuer leur activité pendant de longues années (jusqu'en 1985 pour A.O.I.P. rue Charles Fourier, et, en 1994, pour la Sudac). Rappelons que l'usine SUDAC (Société Urbaine d'Air Comprimé), 3 quai Panhard-Levassor, Paris 13^{ème}, a alimenté, entre 1881 et 1994, un réseau parisien d'air comprimé de force motrice destiné dans un premier temps au fonctionnement des horloges de la ville de Paris, puis de très nombreuses machines de la petite industrie parisienne, des machines de travaux publics, ascenseurs, roulettes de dentistes... etc... profitant des difficultés de la distribution électrique à Paris, à ses débuts, dans les années 1910-1930...

Les usines AOIP (Association des Ouvriers en Instruments de Précision, 1896-1985) fabriqueront, entre 1896 et 1985, des appareils photo, appareils de mesure, équipements pour centraux téléphoniques, des gyrocompas, etc.... constituant la plus grande coopérative d'Europe.

La SAT (1932, acquise par Sagem en 1939, 1978 : SAT, Sagem et CSEE constituent G3S, 1998 : absorption de SAT par Sagem), quant à elle, va fabriquer dans son usine de la rue Cantagrel, de très nombreux systèmes électromécaniques puis électroniques pour les télécoms et l'aéronautique (tout comme Sagem).



Copyright " Satsouvenir " (le livre qui raconte l'histoire de la SAT)



La rue Cantagrel en 1960. Au premier plan, le site de l'entreprise Thourand, en passe d'être racheté par la SAT, qui possède déjà l'immeuble voisin au 16, et un autre au 41 de la rue. Pour la petite histoire, les établissements Thourand ont fabriqué les dalles des escaliers du métro. Elles étaient tellement solides que l'entreprise a fait faillite. En arrière-plan, derrière les voies ferrées, on aperçoit les Grands Mousins.

Copyright " Satsouvenir "

Rappelons également que le 13^{ème} arrondissement avait abrité auparavant d'autres grandes usines, en particulier d'automobiles, comme Delahaye, rue du Banquier, fermée en 1954 après son absorption par Hotchkiss.

La reconstruction du 13^{ème} arrondissement



Suite à la destruction des grandes usines du 13^{ème}, des opérations immobilières d'envergure se succèdent pour construire de nombreux immeubles d'habitation dont beaucoup de grandes tours (3). L'opération Italie 13 (1969-1977) est particulièrement importante. Inspirée par les théories urbaines de Le Corbusier, elle devait remodeler une zone allant de la Butte-aux-Cailles à la rue Nationale et du boulevard Vincent-Auriol à la porte d'Italie. Elle a laissé dans le 13^{ème} plus de trente tours d'une centaine de mètres de hauteur, dont en particulier le quartier sur dalle des Olympiades. Cette opération s'est interrompue au milieu des années 1970.

À l'emplacement prévu pour la tour Apogée fut édifié à partir de 1988 un ensemble immobilier et le fameux complexe audiovisuel Grand Écran Italie.



Vue des trois principaux quartiers de tours depuis la tour Super-Italie : l'îlot Galaxie, les Olympiades et l'ensemble Masséna

1 " Des usines à Paris ".

2 " Panhard Racing Team ".

3 D'après le site Internet Wikipédia, l'encyclopédie libre : 13^{ème} arrondissement de Paris (Mars 2019).

Marc Birkigt et Paul-Louis Weiller : portraits croisés

Deux grands noms de l'industrie des moteurs d'avions et de l'automobile

L'histoire passionnante et dramatique des débuts de l'industrie des moteurs d'avions et d'automobiles est merveilleusement incarnée par ces deux grandes figures : Marc Birkigt et Paul-Louis Weiller, deux ingénieurs de formation, qui ont, chacun à sa façon, développé, avec beaucoup de génie, pendant de longues années et dans des périodes très mouvementées, cette industrie de pointe, stratégique. On peut dire qu'ils ont été les principaux artisans de cette toute nouvelle et très belle industrie, au début du vingtième siècle, à qui l'on doit aujourd'hui, de pouvoir partir en voyage à l'autre bout de la planète... en toute sécurité...



Marc Birkigt



Paul Louis Weiller

Tout comme Rolls-Royce et Bristol en Angleterre, Daimler-Benz, Junkers Motoren (Jumo) et BMW en Allemagne ou encore Allison, Wright, Pratt & Whitney aux USA, Hispano-Suiza (M. Birkigt) et Gnome-Rhône (P-L. Weiller) ont été les deux champions français des moteurs d'avion, le premier tenant des moteurs en étoile et le deuxième, farouche défenseur des moteurs " en V ".

Marc Birkigt a commencé dès 1901 à dessiner des moteurs d'automobiles, pour, en 1904, participer activement à la création de " La Hispano Suiza Fabrica de Automoviles SA ", à Barcelone, et, en 1915, concevoir ce merveilleux V8 de 150 cv pour avions SPAD et beaucoup d'autres...

Paul-Louis Weiller, de son côté, as de la Grande Guerre, a pris les rênes de Gnome et Rhône en 1922, pour la sauver de la faillite financière et l'emmener vers la prospérité et le leadership mondial, jusqu'en 1940. Hispano-Suiza fabriquera ses moteurs d'avions et ses automobiles dans sa grande usine de Bois-Colombes, à partir de 1914, tandis que les usines Gnome-Rhône sont à Gennevilliers et boulevard Kellermann, Paris 13^{ème}. Durant toute l'entre-deux guerre, M. Birkigt avec Hispano-Suiza et P-L. Weiller, avec G & R seront les deux grands leaders des moteurs d'avions, et rivaux, devant les Renault, Lorraine, Salmson et bien d'autres... Malheureusement, tous ces moteurs seront progressivement surclassés sur le plan de la puissance, par les productions étrangères, et notamment allemandes, et ce sera une des raisons de la défaite de 1940...

Origines familiales

Né en 1893, Paul-Louis Weiller est le fils de Lazare Weiller, directeur de banque, sénateur, industriel, passionné d'aviation et de systèmes de télécommunication. Lazare Weiller avait financé une tournée de démonstration en France des frères Wright, ce qui avait donné l'occasion à Paul-Louis de passer son baptême de l'air à l'âge de quinze ans.

Marc Birkigt, né en 1878, d'origine plus modeste, est le fils d'un tailleur de la rue Rousseau, à Genève. Il perd ses parents à l'âge de douze ans et est élevé par sa grand-mère.

Formation

Ingénieurs, l'un comme l'autre, l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris pour P-L. Weiller, et Ecole de Mécanique de Genève pour M. Birkigt.

Caractères et personnalités

Autant P-L. Weiller fut une personnalité très brillante, mondaine, et un grand amateur d'art, autant Marc Birkigt était avant tout un ingénieur très inventif, passionné de mécanique, et d'un caractère plus réservé. Il déposera à son nom plus de cent cinquante brevets.

La guerre de 1914-1918

P-L. Weiller, alors âgé de vingt-deux ans, fut un as de l'aviation française. Abattu et blessé trois fois, il fut décoré de la Croix de Guerre, de la Military Cross, et reçut la croix de Chevalier de la Légion d'Honneur. Il remporta quatre victoires aériennes et développa la reconnaissance photographique aérienne.

M. Birkigt, plus âgé, resta à la direction de ses usines et développa le fameux moteur V8 de 150 cv, qui équipera en particulier les Spad VII et XIII français et autres SE-5 britanniques, et sera produit à plus de 50 000 exemplaires.



Capitaine Fonck



Lieutenant Nungesser

Les choix industriels stratégiques, les moyens industriels

Marc Birkigt a conçu lui-même de nombreuses machines-outils spéciales, permettant de résoudre les différents problèmes de fabrication et d'optimiser la production.



Copyright Espace Patrimoine Safran

En 1930, Marc Birkigt, soucieux de la qualité des matières employées dans ses fabrications, décida qu'Hispano-Suiza fondrait elle-même les alliages d'aluminium dont elle avait besoin.

La fonderie d'Hispano-Suiza constituait une usine complète en soi, disposant de fours électriques pour les opérations de fusion, d'étuves à noyau électrique, de sableries automatiques, de fours de traitement à régulation automatique, d'installations pyrométriques... En 1937 est construite la soufflerie de l'usine H-S de Bois-Colombes, permettant les essais de moteurs " en conditions de vol ".



Entrée d'air de la soufflerie de l'usine H-S de Bois-Colombes (Copyright Espace Patrimoine Safran)

Un " tunnel de tir " est également construit, pour les essais de canons de 20 mm. Enfin, un centre d'essais de moteurs est réalisé à Bouviers, dans les Yvelines.



Cabine de banc d'essais d'équipements (Copyright Espace Patrimoine Safran)

De son côté, Paul-Louis Weiller fit construire en 1938 une " usine blindée " ou " blockhaus ", comme agrandissement de l'usine Kellermann, et devant résister aux bombardements aériens.

Aussi, il décida de produire lui-même les hélices métalliques en aluminium forgé pour ses moteurs, de même que les compresseurs. Il créa également la compagnie aérienne CIDNA (Compagnie internationale de navigation aérienne), qui deviendra Air France en 1933.

La diversification dans l'automobile et les motos

Marc Birkigt fut d'abord et avant tout un grand constructeur automobile, tandis que P-L. Weiller, principalement passionné d'aviation, a néanmoins fait produire et prospérer les motos de la célèbre marque " Gnome & Rhône ", dans l'usine de Gennevilliers.



Publicité pour les motos Gnome

Les automobiles Hispano, comme les motos Gnome & Rhône s'illustreront dans de très nombreuses compétitions.

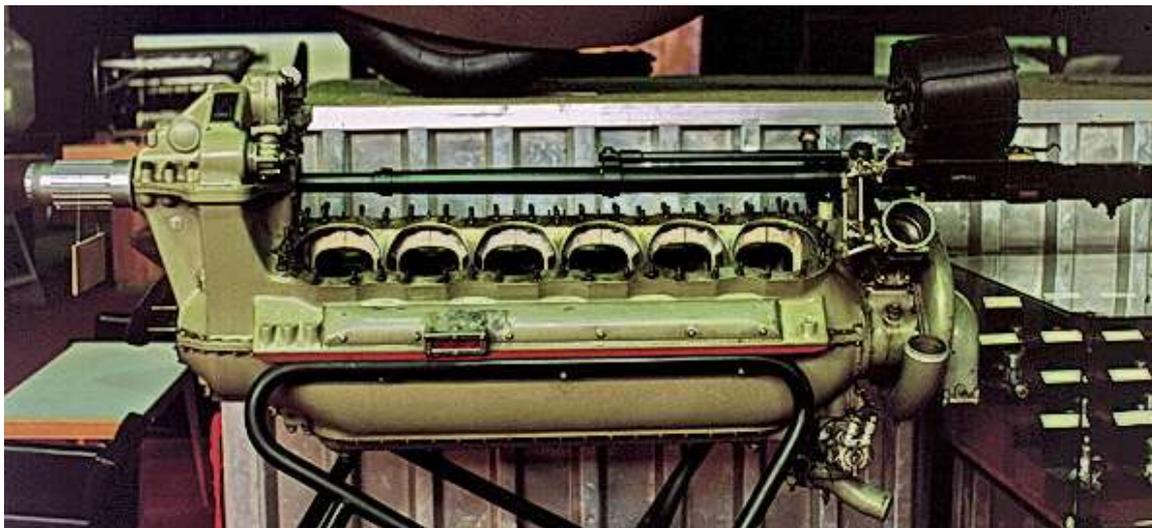


Hispano-Suiza coupé 1933 (Copyright Espace Patrimoine Safran)

Les principales innovations

Les deux constructeurs adopteront tant le turbocompresseur que le réducteur de vitesse. Marc Birkigt installa dès 1916 un réducteur dans son V8, permettant de passer de 150 cv à 220 cv. La même année, il introduisit le moteur-canon, en incorporant un canon Hotchkiss de 37 mm dans le V8 (1916) qui sera utilisé avec succès par Guynemer.

Puis, dans les années 30, il développa le fameux canon de 20 mm HS 404 qui va équiper les chasseurs français de 1940 : Morane-Saulnier 406, Dewoitine 520 et Bloch 152, en étant intégré, ou non, au fameux moteur H-S 12 Y. Également fabriqué en Angleterre, il armera tous les chasseurs britanniques : "Spitfire", "Hurricane", "Typhoon"...



Canon HS 404 intégré au moteur H-S 12 Y (pour avions D-520 et M-S 406)

La deuxième guerre mondiale

La deuxième guerre mondiale condamna à l'exil l'un et l'autre des deux industriels, P-L. Weiller au Canada, et M. Birkigt en Espagne.

P-L. Weiller a proposé en vain ses services au gouvernement des Etats-Unis, peut-être une conséquence tardive de " l'affaire des moteurs japonais ". Il va faire alors fortune dans l'industrie pétrolière et gazière. Durant le conflit, Gnome et Rhône continuera de produire des moteurs en étoile, 14 M, 14 N, et BMW 132 pour des avions allemands, Messerschmitt Me 323 "Gigant" et Junkers Ju 52 (surnommé "Tante Ju" en allemand).

A l'inverse, l'usine H-S de Bois-Colombes refusera de produire pour l'ennemi et la quasi-totalité des machines partiront pour l'Allemagne. Elle sera quand même durement bombardée en 1943, tout comme l'usine G&R de Gennevilliers...

A son retour en France, P-L. Weiller ne parviendra pas à reprendre sa place à la tête de la société nouvellement rebaptisée Snecma ; il se consacrera alors à l'industrie de la finance et au mécénat artistique. Après la guerre, M. Birkigt prendra la direction de l'établissement Hispano-Suiza de Genève, qui fabriquera avec succès des machines-outils, des machines textiles et de l'armement, tandis que l'usine Hispano-Suiza de Bois-Colombes retrouvera la prospérité, de son côté, avec, en particulier, la fabrication sous licence des turboréacteurs à flux centrifuge " Nene " pour le compte de l'Armée de l'Air française.

Maquettes au Saint-Chamas : d'un canard à l'autre

"Le modélisme, c'est en effet la passion de reproduire fidèlement à échelle réduite, mais en ordre de marche, une machine ou un ensemble de machines."

Claude MOUSSEZ

Dans les trois premiers halls du musée Safran, on découvre une douzaine de maquettes d'aéronefs suspendus au plafond. Mis à part le bombardier Amiot 143, toutes les répliques à l'échelle 1/6^{ème} ou 1/10^{ème} ont été réalisées par l'atelier maquettes. Participant à la mise en valeur des moteurs à pistons, qu'ils soient fixes ou rotatifs, et des turboréacteurs, chacun de ces modèles constitue une date marquante dans l'histoire de l'aviation.

Les moteurs rotatifs en étoiles. Cinq aéroplanes, tous de configurations aérodynamiques

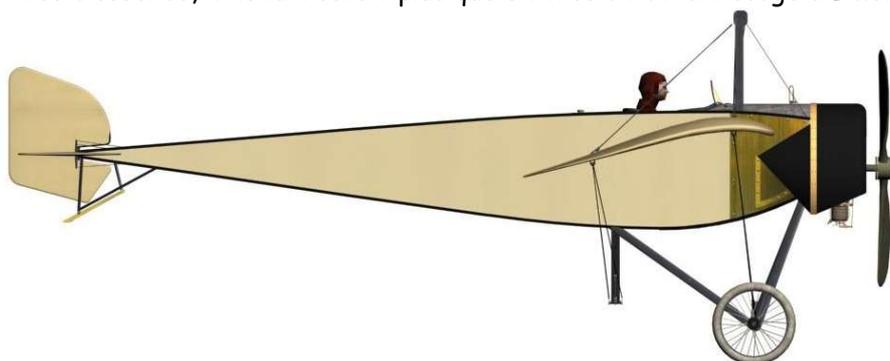


différentes - monoplan, biplan, sesquiplan, triplan - avec hélice tractive ou propulsive, illustrent la suprématie des moteurs rotatifs en étoiles pendant la première décennie du siècle dernier. Compact, refroidi par son propre mouvement dans l'air, le moteur rotatif vibrait moins et était plus léger que les premiers propulseurs à refroidissement par eau. L'introduction du rotato fut un pas décisif dans l'histoire de

l'aviation ; il était, en effet, le premier à posséder un bon rapport poids-puissance, ce qui permettait d'avoir une réserve d'énergie pour des vols plus longs et pour des avions plus lourds.

L'hydravion ou plutôt hydro aéroplane, comme on l'appelait alors, ou le canard Fabre est propulsé par l'un des premiers moteurs Oméga de série (numéro 2), implanté à l'arrière. Si Alphonse Penaud est le premier à imaginer un aéroplane capable de "partir et arriver tangentiellement sur l'eau en glissant sur le fond de sa nacelle", c'est Henri Fabre qui sera le premier aviateur à voler sur sa machine, le 28 mars 1910, au-dessus de l'étang de Berre en réalisant un vol d'environ 500 mètres. Son originalité repose sur sa formule canard c'est-à-dire avec des gouvernes de profondeur situées à l'avant de la voilure principale.

Vient ensuite le monoplan Morane-Saulnier type H de la traversée de la Méditerranée de 1913, piloté par Roland Garros. C'est avec ce monoplan, équipé d'un moteur Gnome "Sigma" de 60 Ch que le pilote réussit la première traversée, de France en Afrique, "d'un seul coup d'aile", le 23 septembre 1913. Un périple de 730 kilomètres au-dessus de la "Grande Bleue" parcouru en un peu moins de 8 heures. Parti de Saint-Raphaël avec 170 litres d'essence, il ne lui restait plus que 5 litres à l'atterrissage à Bizerte.



Morane-Saulnier type H propulsé par un Gnome "Sigma" de 60 Ch (1913)

Pour souligner l'importance et la suprématie des moteurs rotatifs en étoile, Gnome et Le Rhône, lors de la première guerre mondiale, trois répliques d'aéronefs aux couleurs flamboyantes et de configurations aérodynamiques différentes sont présentés :

- un biplan biplace De Havilland Airco DH 2 à moteur propulsif. Chasseur monoplace rapide, le DH 2 fut le premier appareil à intégrer les forces aériennes britanniques. C'était une machine très sensible aux commandes, terrifiant certains pilotes peu entraînés, ce qui lui valut le surnom de "Spinning Incinerator" (Incinérateur en vrille), mais après une bonne prise en main il se révélait assez facile à

piloter. Il était équipé d'un moteur français, un Gnome Monosoupape de 100 ch, car, au moment du déclenchement des hostilités, la Grande Bretagne ne disposait pas d'un moteur aéronautique d'origine nationale digne d'intérêt. Au cours de la Grande Guerre 12 800 moteurs seront fournis au Royaume-Uni.

La maquette représente le DH 2 serial 6011 du squadron 24 abattu par un chasseur allemand du Kampgeschwader 1 et légèrement endommagé, en juillet 1916.



Fokker triplan Dr1 "Dreidecker"



De Havilland Airco DH 2 "Pusher"

- le Fokker triplan Dr1 du fameux baron Manfred Von Richthofen dont il disait "il grimpe comme un singe et manœuvre comme un diable". As des as de la première guerre mondiale avec 80 victoires, le Rittmeister (capitaine de cavalerie) préférait les moteurs fabriqués en France à ceux qu'il recevait de Suède. Quand un avion français ou anglais tombait dans les lignes allemandes, si le moteur Le Rhône 9 JB ou 9C était encore bon état, on le conservait pour Von Richthofen. De plus, les Allemands vidangeaient systématiquement les avions alliés pour récupérer l'huile de ricin, dont ils ne maîtrisaient pas la production industrielle !

La maquette représente le Fokker Dr.1 427/17, n° de série 2009, de Manfred Von Richthofen sur lequel il fut abattu le 21 avril 1918 près de Sally-le-Sec, au nord de Vaux-sur-Somme, par le capitaine A. Roy Brown du squadron 209 de la Royal Air Force sur Sopwith Camel.

- le sesquiplan Nieuport type XVII BB de Charles Nungesser, le "Hussard de la Mort", immédiatement reconnaissable à son insigne personnel peint sur le fuselage, À l'époque, la dénomination BB - B pour biplan pour le constructeur, suivi de B pour chasseur pour le ministère de la Guerre français - fait qu'il est vite surnommé " bébé Nieuport ". Chasseur auréolé de gloire, le Bébé Nieuport n'était pas plus lourd qu'un ULM d'aujourd'hui. Avec un pilote léger, il "grimpeait comme une sorcière". La maquette représente de l'avion de Charles Nungesser avec lequel il obtint la plupart de ses 45 victoires.



Nieuport XVII avec Le Rhône 9J de 110 Ch

Les moteurs fixes en étoiles. Dans l'entre-deux guerres, l'évolution la plus marquante concerna la recherche de la vitesse et de la fiabilité. Parmi les nombreux appareils de cette époque, équipés de moteurs Gnome et Le Rhône à refroidissement par air,



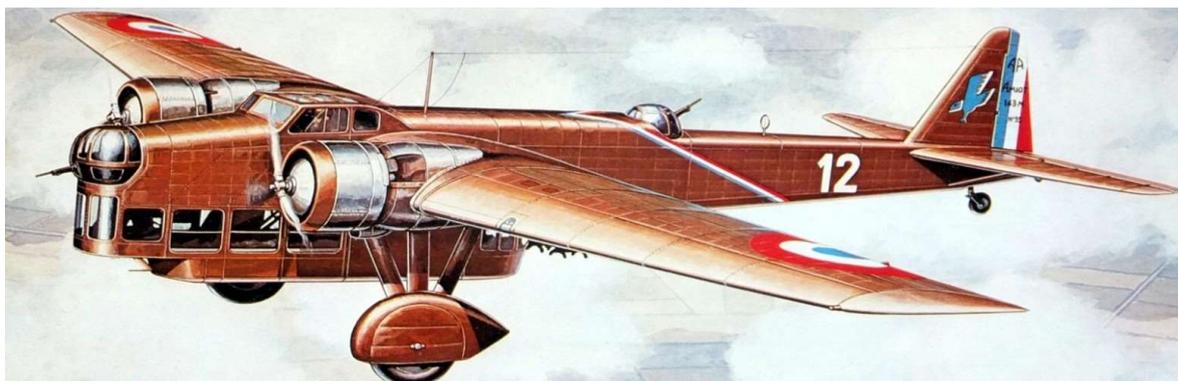
composés d'une simple étoile ou d'une double étoile de quatorze cylindres (14 K, 14 M et 14 N), quatre types particuliers sont représentés : un hydravion, un bombardier, un chasseur bi et monomoteur.

Illustrant la réussite du premier moteur fixe en étoile d'origine britannique construit par Gnome & Rhône, le Jupiter de 9 cylindres, l'hydravion triplace d'observation embarqué Gourdou-Leseurre GL 810 Hy était un

monoplan à aile basse datant de 1933. De type catapultable (air comprimé), l'hydravion pouvait décoller en 30 mètres avec une accélération de 2,7 g.

Apparus en 1923, les moteurs Jupiter furent vendus avec une garantie de 200 heures de fonctionnement sans panne. Très communs à la fin des années 1920, ils équipèrent plus de 100 types d'avions. La maquette de cet hydravion représente le 1^{er} appareil de la flottille 753 en service sur les croiseurs et bâtiments de ligne.

Symbolisant les moteurs Gnome & Rhône séries K, qui deviendront de plus en plus puissants et compacts, le bombardier bimoteur quadriplace Amiot 143 M, datant de 1935, était un vraiment drôle d'avion ! On lui attribuait le surnom "d'autobus" Amiot car ses lignes anguleuses lui donnaient l'aspect d'un autocar sur lequel on aurait greffé une paire d'ailes monstrueusement épaisses... " Des mauvaises langues racontent même que cet " autobus " - également appelé "belvédère volant" - volait tellement lentement, que des chasseurs ennemis devaient sortir le train d'atterrissage de leur avion pour pouvoir livrer bataille à l'Amiot 143 !

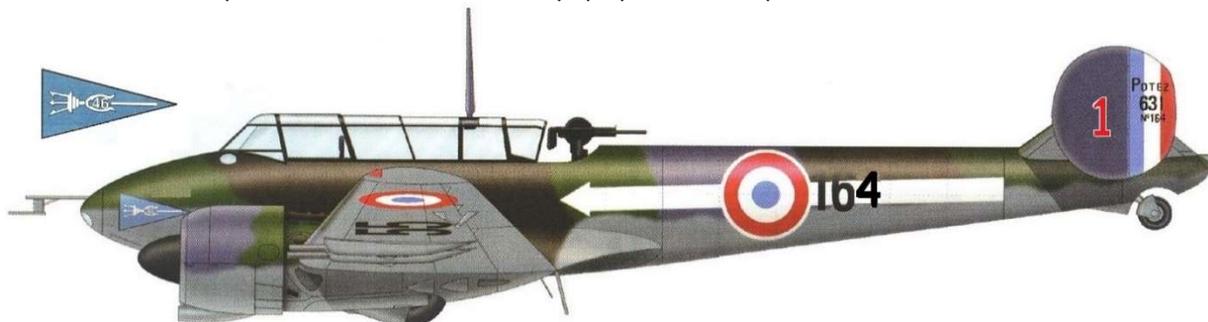


Amiot 143 M Groupe de bombardement II/22, 3^{ème} escadrille CAP-115 "Gypaète" - Chartres (1936)

L'appareil exposé, le n°12 dit "à nez court" portant le matricule militaire E1-70, a tout d'abord appartenu au Groupe de Bombardement GB II/22 basé à Chartres puis à Orléans : à la 3^{ème} escadrille (1935 - juin 1937) puis à la 4^{ème} escadrille où il est codé "11" le mois suivant. Par la suite l'appareil fut affecté, en octobre 1938, à la 1^{ème} escadrille du GB I/38 où il servira à l'entraînement jusqu'en mai-juin 1940. Son sort ultérieur est inconnu.

Aux lignes pures et élégantes, la présence du bimoteur Potez 631 C3 de la bataille de France s'explique par ses deux moteurs en étoile 14 M "Mars", tournant à un régime élevé et délivrant une puissance remarquable pour sa faible cylindrée, le 14 M fut considéré à l'époque comme une brillante réussite de Gnome-Rhône. Exceptionnellement manœuvrable pour un bimoteur, aux dires de certains de ses pilotes, "le Potez 631 pouvait faire tout ce que faisaient les chasseurs monoplaces".

L'appareil exposé, le n° 164 (matricule militaire : X9-33), porte le nom commémoratif "SGT-CHEF COLLINOT" sur le nez (appliqué après l'armistice), en souvenir du pilote de l'Escadrille de Chasse de Nuit (ECN) 4/13 tué le 23 mai 1940 quand son avion a été attaqué par méprise par un Bloch MB-152, probablement victime de la ressemblance du Potez avec le Messerschmitt Me 110 allemand. C'est à la suite de ce tragique incident que tous les Potez 63 reçurent une large bande blanche peinte sur leurs flancs. Lors de l'Armistice, l'avion est stationné sur la base de Nîmes-Courbessac puis est affecté, de fin juin 1941 à novembre 1942, à Gabès en Tunisie. Il disparaît lors de l'invasion du pays par les troupes allemandes en novembre 1942.



Potez 631 C3 de l'Escadrille de Chasse de Nuit (ECN) 4/13. L'appareil porte un "1" rouge sur la dérive, marque du commandant d'escadrille. En juin 1940, cette unité a stationné pendant quelques jours sur l'aérodrome de Villaroche.

Dernier avion de chasse construit en grande série par Marcel Bloch avant la Seconde guerre mondiale, le monoplacement MB-152 C1 fut utilisé pendant la bataille de France.

Sorti de l'usine de Bordeaux-Mérignac en fin d'année 1939 avec un moteur 14N49, l'appareil n°389 est affecté au Groupe de Chasse GC II/1 (Spa 94 et Spa 62). Au déclenchement de la campagne de France, le 10 mai 1940, il est transféré au GC II/8 : il ne survivra pas aux combats et disparaîtra des effectifs le mois suivant. Portant le numéro de matricule militaire Y-876 et le code de fuselage "1", l'appareil appartient à la 3^{ème} escadrille dite du "requin" (3C1) du GC II/8.

Le MB-152 se singularise par un décalage de 2°30 vers la gauche de l'axe du moteur 14N et un calage du plan fixe de la dérive de 1° vers la droite pour compenser le couple de renversement.

Selon les décomptes officiels, les Bloch ont remporté 159 victoires confirmées pour 94 appareils perdus en combat aérien et 51 pilotes tués, blessés ou portés manquants. Malgré de faibles performances, le monomoteur était réputé pour sa robustesse comme l'a démontré un avion MB-152C-1 qui s'est posé le 15 mai 1940 après un combat contre 12 Messerschmitt Bf-109 avec pas moins de 360 impacts de balles.

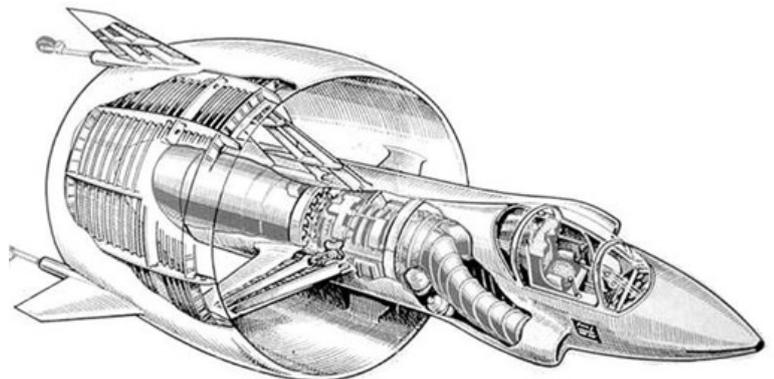


Bloch MB-152 C1 n° 389 du GC II/8 (Juin 1940). Le moteur 14N marque la naissance du concept du groupe motopropulseur (GMP), intégrant à la fois le moteur, les équipements, les câblages, les tuyauteries, les capots et les fixations, jusqu'à la cloison pare-feu qui devient de la responsabilité de l'avionneur et non plus du motoriste.

De l'Atar au M88. Quatre appareils singuliers figurent dans le hall réservé aux turboréacteurs militaires conçus et fabriqués par Snecma entre 1945 et les années 1990 : le C-450 "Coléoptère", le Nord 1500 Griffon II, le Mirage 2000-5 et le Rafale B. Mis à part le Coléoptère gréé d'une aile annulaire, les trois autres, dotés d'une aile delta et de plans canards, illustrent les trois générations successives de moteurs militaires : Atar, M53 et M88. Le point commun entre tous ces appareils étant leur empennage canard ou "moustaches" de type escamotable, fixe ou mobile.

Tout en poursuivant le développement du turboréacteur Atar, le motoriste Snecma se fait avionneur en développant de 1952 à 1959 un programme d'avion à décollage vertical dont le C450, "Coléoptère" (Atar 101 E-5Z de 3 700 kg de poussée), un avion expérimental à aile annulaire surnommé "aile en boîte de conserve" ou "encore char de carnaval". En juillet 1959, le crash du C-450 au cours de son neuvième vol libre mettra fin au programme.

Le C-450 "Coléoptère" totalisait alors plus de 20 heures de fonctionnement dont moins de 45 minutes de vol libre.



Ecorché C-450 Coléoptère surnommé "le char de Carnaval"



Majestueux malgré son fuselage "bedonnant" avec son immense tuyère (diamètre supérieur à 1 m 50), le Griffon II était un avion expérimental à aile delta très pure et plans canard combinant un Atar 101 E et un statoréacteur. Piloté par le célèbre pilote d'essais André Turcat, il est détenteur du record international de montée à 16 400 mètres à Mach 2,19, en février 1959,

d'où la présence du ruban arc-en-ciel, en travers de son entrée d'air, qui orne les avions détenteurs de records mondiaux. Seuls, sept autres appareils français ont reçu cette décoration sur leur fuselage : le SO 9050 Trident II, le Nord 1402 Gerfaut, les Dassault Mirage III A, C, R, Mirage IV 01 et même les biréacteurs d'affaires Falcon 10 et 20. Le Griffon II a permis à la France d'explorer de nombreux domaines spectaculaires : l'aile Delta, le statoréacteur, les échauffements cinétiques aux grands Mach, Mach 2 et au-delà...

Rapidement identifiable grâce à sa livrée, bleu supériorité aérienne, le monoréacteur Mirage 2000 est l'aboutissement de la lignée des chasseurs delta de Dassault. Cet avion intègre de nombreuses innovations telles que les commandes de vol électriques, des matériaux composites, une aile à cambrure variable. La version Mirage 2000-5 exposée dans le musée se caractérise par un radar aux capacités multicibles permettant de poursuivre simultanément 18 cibles et d'en engager 6 prioritaires, un poste de pilotage conçu autour du concept Hotas (Hands On Throttle And Stick/ Mains sur Manette des gaz et manche) dépourvu entièrement des cadrans analogiques au profit de cinq écrans de visualisation. Propulsé par le M53-P2, il représente la deuxième génération des réacteurs militaires français. Ce moteur modulaire est un peu particulier puisque c'est le seul moteur militaire d'architecture simple corps - double flux à cycle variable jamais mis en service.



Mirage 2000-5F

Mirage 2000-5F 102-EF n° 45 - EC 1/2 "Cigognes"

Symbolisant avec brio le savoir-faire de l'industrie aéronautique française, le biréacteur de combat multirôle Rafale se démarque avec sa formule delta canards pilotés, sa décoration haute en couleurs et son impressionnante panoplie guerrière : trois bidons de 2 000 litres, quatre missiles d'autodéfense Mica et deux missiles de croisière Scalp. C'est la compacité et la masse réduite du moteur M88-2 qui a permis d'influer positivement sur le dessin du Rafale.

La maquette représente un biplace B307 codé 330-EE, qui fut spécialement décoré à l'occasion du NATO Tiger Meet qui se déroula en Espagne, en 2006, le "Côte d'Argent" étant l'un des escadrons "tigres" de l'armée de l'Air composé alors de deux escadrilles : "tigre du Bengale" et "tigre de Sibérie", le félin portant un pelage différent sur chaque face de la dérive.



Le biréacteur de combat multirôle Rafale B - 7-HI n°313 - EC 1/7 "Provence"

Atterrisseur principal automoteur à quatre roues motrices de l'hélicoptère SA 330 "Puma" F-ZWWS n° 06

Au cours du développement du programme d'hélicoptère SA 330 "Puma" de transport tactique, vers le milieu des années 1960, eurent lieu l'expérimentation d'un atterrisseur principal automoteur à quatre roues motrices sur la machine de présérie n° 06, immatriculé F-ZWWS.



L'hélicoptère SA 330 A "Puma" surnommé initialement Alouette IV

Hélicoptère moyen, bimoteur, quadripale, à train escamotable, le "Puma" a été fabriqué à l'origine par la société Sud Aviation devenue aujourd'hui Airbus Helicopters. D'une masse à vide de 4,1 tonnes, il peut emporter jusqu'à 16 passagers pour une masse maximale de 7 tonnes (7,4 tonnes sous dérogation). Ses deux turbomoteurs Turbomeca Turmo III C4 développent chacun 1 450 Cv. Il possède une autonomie maximale de 3 heures, une distance franchissable maximale de 400 Nm et une vitesse de croisière de 135 kt. Entre 1969 et 1987, 705 "Puma" furent livrés, Turboméca fabriquant 2020 moteurs. L'hélicoptère fut produit sous licence en Roumanie, en Indonésie et en Afrique de Sud, et le Turmo en Roumanie et en Afrique de Sud.

Plus de cinquante ans après son vol inaugural, le SA 330 "Puma" vole toujours dans le monde entier. Tous les exemplaires livrés sont pourvus d'un train d'atterrissage tricycle Messier classique.



Le train d'atterrissage à huit roues motrices unique au monde.
L'appareil est embourbé.



Train du SA 330 "Puma" de
présérie n° 06

Une exigence de la Fiche de Caractéristique Militaire (FCM) pose des problèmes particuliers : la capacité de se mouvoir seul au sol. L'appareil de présérie n°06 (F-ZWWS) est utilisé pour essayer un train équipé de chenilles motorisées de Messier Hispano à la place des 3 diabolos devant permettre le déplacement en

roulage, rotor arrêté et " replié ", afin de se dissimuler au couvert d'arbres à des fins de camouflage. Mais ce système s'avère lourd (surcroît de l'ordre de 200 kg), complexe, peu fiable et très coûteux ce qui provoque son abandon.



SA 330 A "Puma" immatriculé F-ZWWS n°06 équipé des deux bogies

Cette configuration est alors remplacée par un train automoteur à dix roues, unique au monde, et d'une technique révolutionnaire est mis au point en coopération entre les sociétés ERAM (Etudes et Réalisations Accessoires Mécaniques) et PRECIMO (PRECIsion MOderne) - DOP (Dispositif Oléo Pneumatique).

Ce train d'atterrissage à quatre roues motrices sur chaque jambe principale, montées sur pneus, conférait au " Puma " une mobilité au sol, moteurs arrêtés. Ce dispositif se composait de deux bogies arrière et d'un diablo avant équipé d'un patin de franchissement d'obstacle. L'entraînement des roues de l'atterrisseur principal se faisait à l'aide de moteurs hydrauliques, permettant de gravir une pente de 10 % et de franchir une tranchée de 50 cm de large. L'hélicoptère pouvait, ainsi équipé, rouler en marche avant ou arrière à une vitesse de 4 km/h sur des sols meubles, sablonneux ou détremés.

Les essais réalisés en situation réelle sur l'appareil de présérie n°06 dans le cadre de la campagne d'évaluation ne furent pas prometteurs. La vitesse en automoteur est jugée trop faible, l'adhérence des pneus insuffisante et la répartition des couples entre les différents automoteurs en fonction de l'adhérence sol est mauvaise.

Compte tenu de l'importance des problèmes techniques à résoudre et des modifications à envisager, cette solution très novatrice ne sera pas retenue pour des raisons de complexité et de coût de fabrication trop élevé.

Le 9 janvier 1969 les services officiels abandonnent définitivement ce projet.

Tous les appareils de série seront équipés d'atterrisseurs rétractables de configuration tricycle, avec jambes directes, vérins contrefiches et freins sur les roues principales. Semblables aux atterrisseurs d'avion, ils résistaient à une vitesse verticale de 2,5 m/s.

Logotypes des sociétés



Dispositif Oléo Pneumatique (DOP) (1944 - 1963)



Etudes et Réalisations d'Accessoires Mécaniques (Eram)



PRECIsion Moderne (Precimo) (1963- 1968)

Bref historique du train d'atterrissage en France



L'industrie des trains d'atterrissage est née en France à la fin des années 1920. Le pionnier en la matière fut incontestablement Georges Messier : en 1939, 85% des avions français avaient un train Messier. Après la seconde guerre mondiale, l'industrie du train d'atterrissage voit apparaître, en plus de Messier (créé en 1927 et initialement connue sous le nom de " Société Française de Matériel d'Aviation ") et de la SAMM, une demi-douzaine de sociétés : la Société Aéronautique du Centre, Air-Equipement, MAP, DOP (Dispositif Oléo Pneumatique), ERAM (Etudes et Réalisations Accessoires Mécaniques) et Hispano-Suiza. Au début des années 1950, SAMM qui a réalisé les trains des

prototypes Nord 1500, 2100 et 2200 se retire des trains d'atterrissage, la Société Aéronautique du Centre est dissoute et à la fin de la décennie MAP disparaît.

Créée en 1944, c'est DOP qui réalisa le train d'atterrissage du quadrimoteur de transport commercial "Armagnac" de la SNCASE (Société Nationale de Construction Aéronautique du Sud-Est) basée à Toulouse et ancêtre de Sud-Aviation. Construit à quelques exemplaires, cet avion ne connut malheureusement pas le succès escompté. De son côté ERAM, fondée en 1946, s'est fait connaître pour avoir équipé les avions Max Holste MH 1521 "Broussard" (385 appareils produits), puis ensuite les Nord 262, les biréacteurs Morane-Saulnier MS 760 "Paris" I et "Paris" II et SN 601 "Corvette" et les bimoteurs brésiliens de transport régional "Bandeirante" (500 avions produits). Entre temps ERAM avait absorbé DOP.

En 20 ans d'existence, de 1951 à 1971, le département train d'atterrissage d'Hispano-Suiza étudia et fabriqua le train des avions Bréguet 1050 "Alizé" (92 appareils) et 1150 "Atlantic" (87 appareils), SO 4050 "Vautour" II (165 avions produits), SE 210 "Caravelle" construit à 282 exemplaires, Dassault Falcon 10 produits à 226 exemplaires mais surtout les trains principaux du Concorde.

A la fin des années 1960, il ne restait plus que trois industriels français : Messier, Hispano-Suiza et Eram. En 1971, c'est la fusion de Messier et des activités atterrisseurs d'Hispano-Suiza et, vingt-trois ans plus tard, la création de Messier-Dowty International, Dowty étant une firme anglaise créée en 1931. Aujourd'hui, Safran Landing Systems (nouveau nom depuis 2016) est le leader mondial dans le domaine des atterrisseurs.

En 90 ans d'existence, Messier est devenu le premier constructeur mondial de train d'atterrissage.

Messier ? Tout le monde connaît ou, plus exactement, connaît ses réalisations. Elles se comptent en dizaines, parmi lesquelles, en vrac et entre autres, Breguet "Deux-Ponts", CM-170 Fouga Magister, C-160 Transall, Dassault Flamant, Ouragan, Mystère IV A, Etendard IV, Super Etendard, Mercure, Falcon 20, 50, 900, 2000, 7X, 8X ainsi que toute la gamme des Mirage et Rafale, Fiat G-91 et G-222, Nord Gerfaut et N2501 Noratlas, Concorde (train avant), les hélicoptères Puma et Super Puma, ATR 42 et 72, toute la famille des Airbus, de l'A300 à l'A380, l'A400M "Atlas" ne sont vraiment pas - ou n'ont pas été en leur temps - des inconnues.

Le saviez-vous ?

Les suspensions oléopneumatiques de George Messier étaient initialement conçues pour les automobiles (et la fameuse " Messier sans ressorts "), mais c'est finalement grâce aux avions que la société connaîtra son grand succès commercial ! Depuis 2008, un exemplaire de la " Messier sans ressorts " est exposé au Musée Safran à Villaroche.

Racines françaises du turbo-réacteur

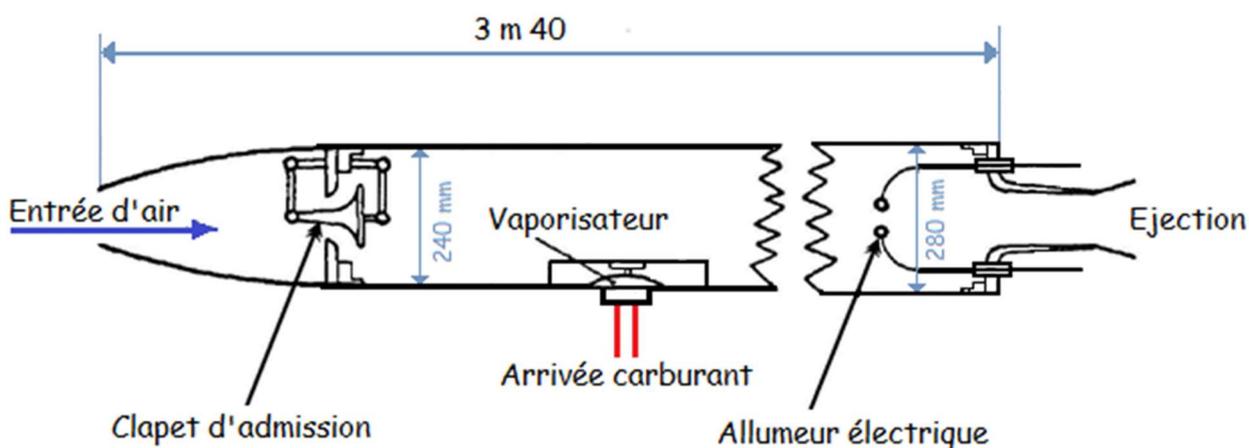
La possibilité de déplacer un corps par l'éjection d'un jet de fluide à grande vitesse est connue depuis l'antiquité. L'observation du mode de déplacement de certains animaux, comme la pieuvre, en a été sans doute à l'origine. Ce phénomène avait souvent été exploité pour la réalisation de jouets d'enfants ou d'appareils destinés aux sociétés savantes du XVIII^{ème} siècle, mais il fallut attendre la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle pour qu'un moteur permettant la propulsion directe par un jet d'air soit proposé.

Mais que fut l'implication française dans l'avènement du turbo-réacteur ?

L'idée de la propulsion aérienne par réaction revient à un Français, Monsieur Charles de Louvrié, qui présenta, le 26 octobre 1863 à l'Académie des Sciences, un mémoire intitulé "Locomotion aérienne : l'Aéronave" se rapportant à un engin volant plus lourd que l'air.

Ce ne fut qu'en 1867 qu'il en définira le moteur, qu'il appela "fusée dynamique". Ce moteur se présentait comme une enveloppe cylindrique dont l'avant était équipé d'une soupape d'admission et l'arrière d'une tuyère convergente-divergente d'éjection. Derrière la soupape d'admission, et par un autre clapet, était introduit le carburant, ("huile de pétrole ou benzine") qui était mis au contact d'une "petite masse métallique, en forme de champignon, préalablement chauffée, et sur laquelle l'huile s'étend et se vaporise". Le mélange gazeux est enflammé par une étincelle électrique qui jaillit entre les boules d'un éclateur.

L'explosion ferme les deux soupapes d'admission de l'air et du combustible, et les gaz s'échappent par la tuyère, en produisant par réaction une poussée vers l'avant. Le cycle devait recommencer à raison de 30 à 40 détonations par minute. Ce projet restera sous forme "papier" mais la description est très proche de celle des premiers pulso-réacteurs utilisés sur les bombes volantes V1 de la deuxième guerre mondiale. On peut donc considérer que le Français Monsieur de Louvrié a eu, le premier, l'idée du moteur d'avion à réaction, alors qu'aucun avion n'avait encore volé.



Projet de pulso-réacteur de Monsieur Charles de Louvrié (1867)

Le premier brevet décrivant une turbomachine, fournissant directement une poussée et ressemblant aux turbo-réacteurs tels que nous les connaissons aujourd'hui, est également français. Il a été déposé par Maxime Guillaume en 1921. Ce fait est trop oublié (car il ne conduisit pas à des réalisations immédiates) et amène certains à croire que cette invention est anglaise ou allemande. Le brevet de Frank Whittle, généralement considéré comme le "père" du turbo-réacteur ne sera déposé que 9 ans plus tard, le 16 janvier 1930 et celui de l'Allemand Hans Von Ohain en 1934. Là encore, c'est donc un Français qui le premier a breveté l'idée du turbo-réacteur.

L'invention de Monsieur Guillaume comprenait, montés sur un même arbre, un compresseur axial et une turbine entre lesquels était installée une chambre de combustion. Comme l'écrivait l'inventeur, "l'aspiration de l'air à l'avant du compresseur et la projection de l'air à l'arrière de la turbine sont deux forces qui s'ajoutent pour constituer la force de propulsion par réaction. Cette déclaration, associée à l'image qui l'accompagnait, constitue bien la première relation du principe et de la disposition technologique du turbo-réacteur.

Vt. — Moteurs et navigation.
A. — Moteurs, aéroplanes. N° 534.801

Propulseur par réaction sur l'air.
M. MAXIME GUILLAUME résidant en France (Meuse).

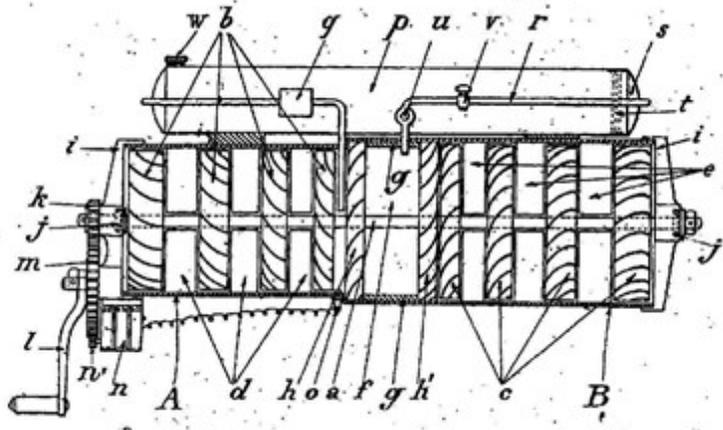
Demandé le 2 mai 1921, à 15^h 10^m, à Paris.
Déposé le 17 janvier 1922. — Publié le 3 avril 1922.

La présente invention a pour objet un propulseur applicable à tous véhicules et permettant notamment la création d'un nouvel appareil de locomotion aérienne plus simple que l'aéroplane actuel, et plus rapide possédant toutes les vitesses sans les inconvénients aéroliers que des très grandes vitesses et especially de celles de côtes.

Le dessin annexé représente schématiquement à titre d'exemple, un dispositif réalisable en mode de réalisation de l'invention.

Sur un arbre *a* sont fixés les arbres *b* d'un compresseur *A* et les arbres *c* d'une turbine *B*. Entre les arbres *b* et *c* sont disposés des arbres *d* et entre les arbres *c*, des arbres *e* et *f* sont disposés *g*. Le compresseur *A* et la turbine *B* sont séparés par la chambre de combustion *f* qui comporte un réservoir réducteur *g* et des arbres *h* et *i*, également réducteurs. Aux extrémités de l'arbre *a* se trouvent deux supports *j* fixés au réservoir et basés à l'arbre *a*. Un côté du compresseur *A* l'extrémité de l'arbre *a* est fixé en engrenage à deux arbres *k*. Une manivelle articulée *l* agit sur un engrenage *m* à la suite en outre du groupe compresseur-turbine et permet d'augmenter ou de diminuer la puissance des arbres *b* et *c*.

Un réservoir *n* d'essence *o* alimente l'appareil. L'alimentation est réglée par un piston *p*, un tuyau *q*, un réservoir *r* en communication la chambre de combustion *f* avec le fond *s* de



2 [534.801] AÉROSTATION, AVIATION.

de régler à volonté la vitesse de groupe compresseur-turbine dans la chambre de combustion.

Appliqué à la locomotion aérienne l'appareil s'élève verticalement et aussi horizontalement que le globe le désire, puis s'élève sur l'horizontale grâce à un gouvernail de profondeur et avance par ses hélices actionnées par la vitesse de translation de l'appareil; l'aspiration d'air à l'avant du compresseur et la projection d'air à l'arrière de la turbine sont les deux forces qui s'ajoutent pour constituer la force de propulsion par réaction.

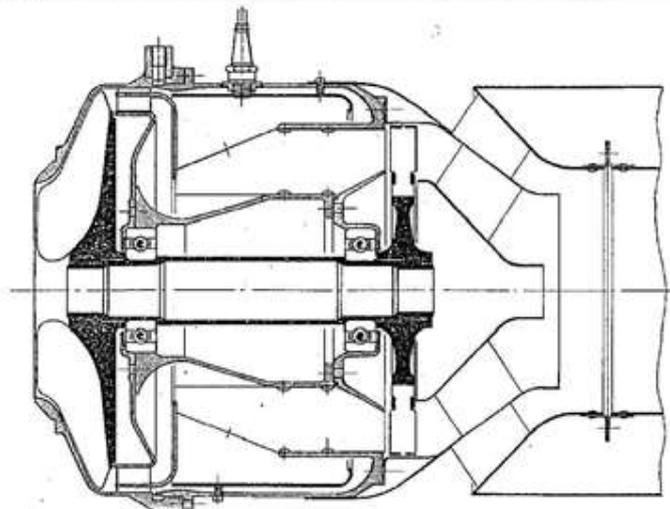
résumé.

15 Cette invention a pour objet :
a) Un système de propulseur par réaction sur l'air susceptible notamment en ce qu'il comporte un compresseur d'air actionné par une turbine à air comprimé qui est elle-même actionnée ou actionnée par l'air comprimé du compresseur auquel on ajoute préalablement les réserves adhésives pour compenser les pertes de toutes natures et obtenir la force de propulsion désirée par réaction sur l'air qui est constituée par la somme des forces dues à la l'aspiration d'air à l'avant du compresseur et à la projection d'air à l'arrière de la turbine.
b) Un mode d'alimentation d'un propulseur par réaction sur l'air décrit selon le principe précédent.

M. GUILLAUME.
Par son avocat :
Lecroix et Walle.

Brevet d'invention de Maxime Guillaume (1921)

A la fin des années 1930, trois pays, la France, l'Angleterre et l'Allemagne travaillaient à la réalisation des premiers turboréacteurs. Les travaux de Hans Von Ohain permirent le premier vol, en août 1939, d'un avion propulsé par un turboréacteur, le Heinkel He-178 équipé du moteur He-S3 B et ceux de Frank Whittle, le vol du Gloster E.28/39, équipé du moteur Power Jets W1 en mai 1941. Si, à cause de la guerre, la France fut absente de la réalisation des premiers avions équipés de turboréacteur, il n'en reste pas moins que, dès 1937 et jusqu'à l'occupation allemande, elle développa un petit turboréacteur. Ce moteur, que très peu de monde connaît, a été l'œuvre de Sensaud de Laveau, un ingénieur mécanicien beaucoup plus connu comme spécialiste des boîtes de vitesse automatiques, et de son associé monsieur Brunet.



Turboréacteur de Sensaud de Laveau (1937)

Le moteur Sensaud de Laveau, dont l'exemplaire unique se trouve dans les réserves du Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, poursuivait ses essais au sol, aux Lilas, près de Paris, lorsque la deuxième guerre mondiale éclata. Le moteur fut alors démonté par les ouvriers en charge de ses essais et, pour le soustraire aux Allemands, enterré dans des "jardins ouvrier", près de Lyon. Il ne fut retrouvé que pendant les années 50, mais les essais ne furent pas poursuivis.

Ce petit moteur qui était très simple, comprenait un compresseur centrifuge et une turbine axiale. Le rotor était supporté par deux roulements à billes dont la tenue mécanique fut la cause principale des problèmes de développement. La chambre de combustion était du type "annulaire à feuillets".



Chambre de combustion du turbo réacteur Sensaud de Laveau

L'échappement du générateur de gaz formait l'écoulement primaire d'un éjecteur dont le flux secondaire était alimenté par une deuxième entrée d'air annulaire. Le mélange des deux flux de la trompe était éjecté par la tuyère propulsive. Ce moteur a donc constitué la première application mondiale du concept "double flux".

A la fin de la guerre, l'industrie française des moteurs était anéantie. Ses Bureaux d'Etudes étaient vides et ses installations de production, qui avaient travaillé pour les Allemands, avaient été bombardés et étaient en ruine. Le renouveau de l'industrie aéronautique fut alors une priorité des gouvernements d'après-guerre et, pour refaire le handicap, l'idée géniale a été de confier l'activité de conception à des spécialistes allemands du turbo réacteur. Ceux-ci furent attirés chez nous par des contrats très avantageux. C'est comme cela que la SNECMA, nouvellement créée pour punir Gnome et Rhône de sa collaboration avec les nazis, et aussi Turboméca, purent se hisser au niveau de leurs concurrents anglais et américains. La SNECMA bénéficiera de l'aide du Groupe O dirigé par Herman Oestrich, ancien directeur technique de BMW, pour développer le moteur ATAR et Turboméca, de celles du Dr. Ekert et de W.Syring, des anciens de chez Daimler Benz, pour développer le turbo réacteur B-701, qui fut rapidement abandonné au profit de turbomachines beaucoup plus petites.



Le prototype de l'ATAR 101 à Decize (1948) - Photo Voisin

La France était donc bien présente lors du développement des premiers turbo réacteurs et a su remonter en moins de 15 ans le handicap que la deuxième guerre mondiale lui avait infligé.

Le turbopropulseur Snecma TB-1000

La restauration

Le 15 octobre 2018, l'association des Ailes Anciennes Toulouse (AAT) nous a fait parvenir un turbopropulseur TB-1000, réalisé à la fin des années 40 par la nouvelle S.N.E.C.M.A., ex Gnome et Rhône tout juste nationalisée. Se lancer dans sa restauration s'est avéré être une tâche très difficile étant donné le manque de documentation détaillée sur ce moteur qui est resté à l'état de projet mais qui fut, rappelons-le et ce n'est pas une gageure, le premier turbopropulseur homologué en France. Mais il en fallait plus que cela pour démotiver l'équipe de François Battistini, Marc Deseuche, Edmond Izard, André Touzet, Jean-Louis Vergraud et Didier Vouillon.



Le TB-1000 tout juste livré

Le début de la restauration a commencé en janvier dernier avec en premier lieu le démontage du cône avant et de l'ensemble porte-hélices, ces dernières (3 à 120°) étaient pour certaines réduites, très certainement pour faciliter le stockage dans une précédente vie durant laquelle des ouvertures avaient également été pratiquées sur les différents carters ainsi que sur deux des 6 tubes à flamme de cette chambre de combustion afin de faire découvrir la technologie interne de ce turbopropulseur très innovant pour l'époque.

C'est ensuite le capotage d'entrée d'air qui était démonté laissant apparaître l'ensemble réducteur à pignons droit entraînant l'arbre porte-hélice, mû par l'arbre de turbine à deux étages, ainsi que les systèmes d'entraînement des divers accessoires. Puis c'est à l'arrière que se sont portés les efforts afin de pouvoir accéder à l'arbre de turbine. Dans un premier temps, l'ensemble des éléments composant la tuyère d'éjection fixe a pu être démonté sans trop de difficultés. Mais le démontage de l'arbre de turbine et du carter externe de turbine restaient les défis à relever rendus difficiles sans plans qui auraient pu orienter les compagnons quant à l'ordre de démontage. Mais c'était sans compter sur le professionnalisme et l'expérience de chacun...



Cône-avant monté sur le porte-hélice et capot d'entrée d'air



Porte hélices

Vue de l'arrière



Vue de l'avant



Système d'entraînement des divers accessoires et premier étage fixe et mobile du compresseur axial



Vue arrière du carter externe de turbine et de la chambre de combustion à 6 tubes à flamme - 27/02/2019



Tuyère d'éjection fixe



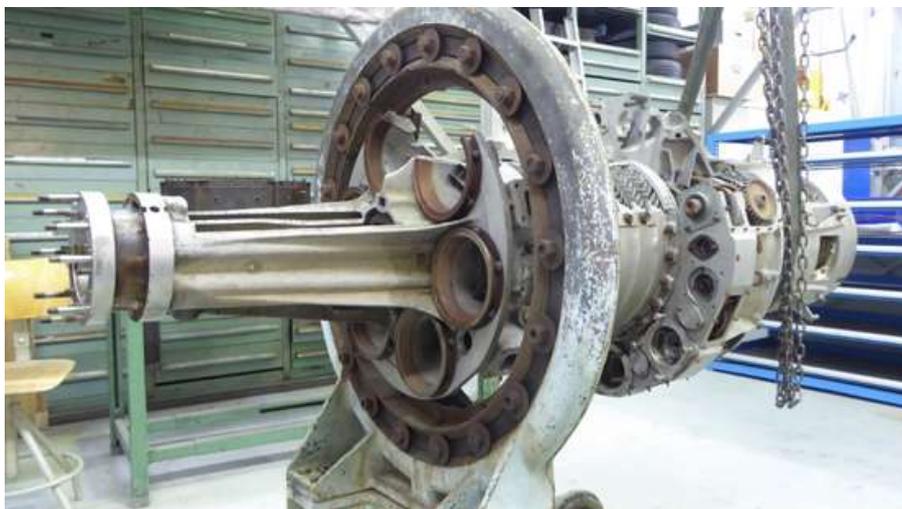
Carter externe de turbine



Arbre de turbine



Marc Deseuche et Jean-Louis Vergnaud à l'ouvrage - 13/03/2019



Après démontage complet des tubes à flamme de la chambre de combustion - 17/04/2019

La restauration des pièces primaires va maintenant pouvoir commencer.

SNECMA TB-1000

Le premier turbopropulseur français

Contexte

Au mois d'août 1944, le général de Gaulle propose le Ministère de l'Air à Charles Tillon, député-maire communiste d'Aubervilliers, dans l'espoir de rallier la classe ouvrière à l'effort de renouveau de l'aviation française. Le ministre confie alors la Direction Technique et Industrielle à l'ingénieur Général Suffrin-Hébert, et le charge de la mise en place d'une industrie capable d'effectuer une reconstruction rapide de notre aviation militaire.

Si la remise en fonctionnement des usines de constructions d'avions est rapide, il n'en est pas de même des motoristes français dont une grande partie des usines a été détruite par les alliés, et surtout n'ont pas encore d'expérience dans le domaine des turboréacteurs naissant. Trois entreprises françaises sont sur ce marché : Gnome & Rhône et Hispano-Suiza pour leurs moteurs, et Turboméca pour ses compresseurs.

Au printemps 1945, le Directeur Technique de la SNCASO est envoyé en mission chez de Havilland et Rolls-Royce afin de trouver un moteur capable d'équiper rapidement le chasseur Dassault " Ouragan ". Le choix du Ministère se porte sur le moteur " Nene " de Rolls-Royce, évolution du " Derwent ", qui sera construit sous licence par Hispano-Suiza à Bois-Colombes. Ce moteur sera monté sur tous les avions de combat à réaction français de 1947 à 1950 (SO 6020 Espadon, NC 1080, Arsenal VG 90, SO 4000, Bréguet 960, etc..).

Il faut désormais relancer les études stoppées durant la guerre. Mais l'évolution des moteurs à pistons est de plus en plus compromise du fait des puissances nécessaires en constante évolution. L'avenir est désormais au turboréacteur. Les entreprises françaises les plus en pointe à cette époque dans ce domaine sont la S.R.A. Société Rateau-Anxionnaz, dont les ingénieurs (MM. René Anxionnaz et Marcel Sedille) sont à l'origine du premier brevet de turboréacteur double-flux au monde déposé en 1939 avec le SRA-1, et par la Société de Construction et d'Equipements Mécaniques pour l'Aviation, qui sous licence de la Compagnie Electro Mécanique SOCEMA-CEM (Georges Darrieus - M. Destival) a développé le turbopropulseur TGA-1 (baptisé Turbine à Gaz pour Autorail) dont le marché d'étude, passé sous le couvert de la SNCF, a pu être mené au nez et à la barbe de l'occupant.

Le 29 mai 1945, une ordonnance transfère à l'état la propriété de toutes les actions de la Société Gnome et Rhône qui devient le 28 août 1945 la Société Nationale d'Etudes et de Construction de Moteurs d'Aviation. M. Marcel Weil, ancien directeur de Citroën, est nommé Président Directeur Général de la nouvelle entreprise nationalisée. Pour profiter de l'expérience acquise en matière de turboréacteur par des spécialistes, la S.N.E.C.M.A. passe alors un accord de collaboration technique intime avec la Société RATEAU¹. L'étude d'un turbopropulseur S.N.E.C.M.A. / RATEAU est entreprise fin 1945. La première étude démarre en 1946 sous la direction de l'ingénieur en chef Michel Garnier avec l'équipe de techniciens de chez RATEAU parmi lesquels Racine, Constant et Lafond.

Notes :

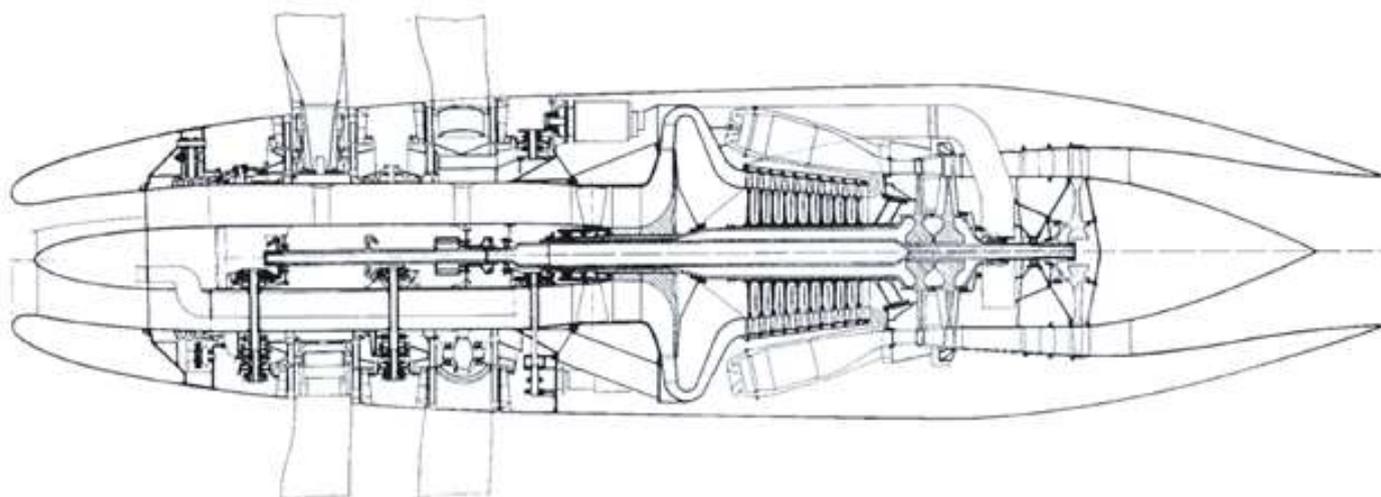
¹ La Sté RATEAU a intégrée Alstom aujourd'hui GE Power Services. Son fondateur est Auguste Rateau (1863-1930), inventeur du turbocompresseur pour moteur à combustion interne. A sa mort, c'est son associé Marcel Sedille qui dirigea l'entreprise.

1946 – Les prémices avec le TA-1000

Le moteur désigné TA-1000, de la classe de puissance de 5 000 cv, est destiné à un projet d'avion de transport de la Société Nationale de Construction Aéronautique du Sud-Est (SNCASE).

Conçu comme un turbopropulseur à 2 arbres, il comprend :

- un compresseur centrifuge suivi d'un compresseur axial à 10 étages,
- une chambre de combustion "à retour" à 12 tubes de flamme,
- une turbine à 2 étages,
- et une turbine de puissance à 1 étage entraînant 2 hélices coaxiales contrarotatives par l'intermédiaire d'un réducteur (rapport 0.150).



Coupe du turboréacteur SNECMA TA-1000

Trois prototypes TA-1000 sont lancés, mais par suite de l'abandon du programme avion, l'étude et la réalisation seront stoppées en 1949.

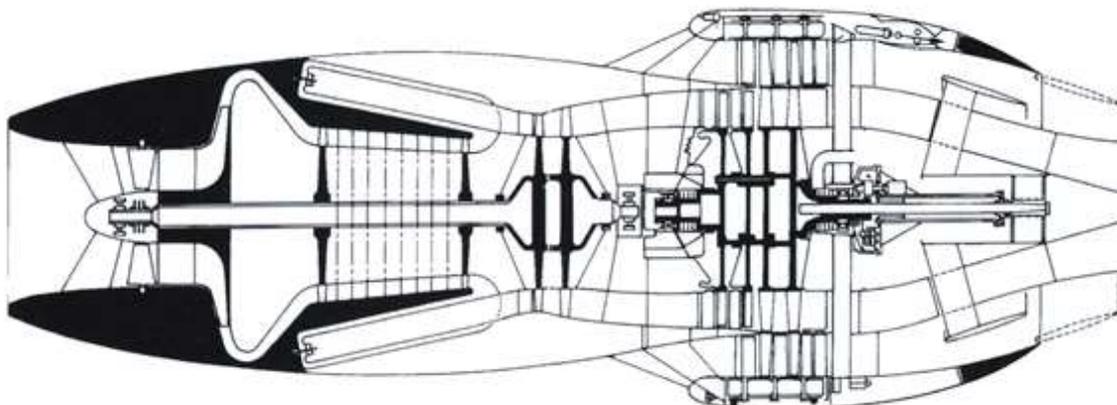
Ce turbopropulseur va alors servir de base à l'étude d'un turboréacteur double-flux qui doit fournir une poussée de 3 280 kgp au décollage. Démarré mi-1946, il doit donner naissance à un turboréacteur à utilisation civile offrant alors une poussée au décollage de 60 % supérieure et une consommation spécifique égale à la moitié de celle d'un moteur monoflux similaire.

Le générateur retenu est celui du TA-1000 qui comprend :

- une directrice d'entrée à calage variable,
- un compresseur centrifuge de gavage solidaire d'un axial à 10 étages,
- une chambre de combustion à 12 tubes de flamme à contre-courant disposés autour du compresseur,
- une turbine à deux étages.

La soufflante arrière comprend :

- une turbine de puissance à 4 étages, dont les deux derniers portent à leur périphérie, les aubes de soufflantes. Cet ensemble est désigné à l'époque "compresseur de dilution". Cette soufflante à stator à calage variable est basée sur le brevet Rateau/Anxionnaz n° 910.103 de janvier 1942, solution qui sera reprise par General Electric en 1957 pour ses double flux CJ. 805-21 qui équiperont la Caravelle type VII en 1961 pour être finalement remplacés par des Pratt & Whitney JT8 D sur la Caravelle 10 A et les Rolls-Royce Avon sur la Super Caravelle 10 B3.



Projet d'un turboréacteur double flux à soufflante arrière
SNECMA / RATEAU (1946) sur base du TA-1000

La section de sortie est réglable par une tuyère à corps central munie d'une virole profilée. Malgré un diamètre de l'ordre de 1 880 mm, la disposition arrière de la soufflante permet de réduire considérablement la traînée du capotage moteur par aspiration de la couche-limite. On prévoit également d'adapter un dispositif de freinage par des volets mobiles disposés au bord de fuite du carénage extérieur de la soufflante, volets actionnés par vérins hydrauliques.

Ce double-flux est calculé pour fournir une poussée de 900 kgp à 10 000 m (vitesse de vol 900 km/h), une consommation spécifique de 0.93 kg/kgp/h pour un débit du flux primaire de 13 kg/s. La poussée au sol étant de l'ordre de 3 280 kgp, il est prévu en cas de besoin d'adapter une réchauffe pour le décollage portant la poussée à 4 270 kgp.

Un compresseur d'essai à l'échelle 1/2 est lancé. Il comporte 4 étages à calage variable : premier étage à 24 aubes et quatrième à 48 aubes réglables. Le diamètre extérieur est de 648 mm.

Principales caractéristiques :

- Poussée au sol : 3 280 kgp
- Consommation spécifique : 0.51 kg/kgp/h
- Diamètre de soufflante : 1 350 mm
- Rapport de pression du générateur de gaz : 9.7
de la soufflante : 1.22
- Température de sortie de chambre : 1250°K
(hypothèses de calcul très avancées pour l'époque)

Soumis aux mêmes contraintes budgétaires que le TA-1000, le projet de ce double flux très en avance pour l'époque est purement et simplement abandonné. Il faut noter que l'Atar 101 vise alors la même poussée (avec réchauffe) dans un encombrement moindre. Car vers 1946, le Ministère de l'Air, étant intéressé par des turbopropulseurs à puissance élevée, avait également proposé au groupe " O ", installé à Decize, l'étude d'un projet à trois variantes différentes : un turbopropulseur Atar 201 avec un diamètre de 990 mm et une puissance calculée au décollage de 5 600 cv (destiné au projet SNCASO 5000), un turbopropulseur Atar 202 avec un diamètre de 1250 mm et une puissance calculée de 10 000 cv, un petit turbopropulseur Atar 203 avec un diamètre de 868 mm et une puissance calculée de 2 500 cv. Tous ces turbopropulseurs étaient basés sur la base de l'Atar 101 avec compresseur à 7 étages, mais entraînés par une turbine à 2 étages, et avec ou sans turbine de puissance. Aucun de tous ces projets n'a été mis à exécution, et ils ont finalement été abandonnés en 1949.

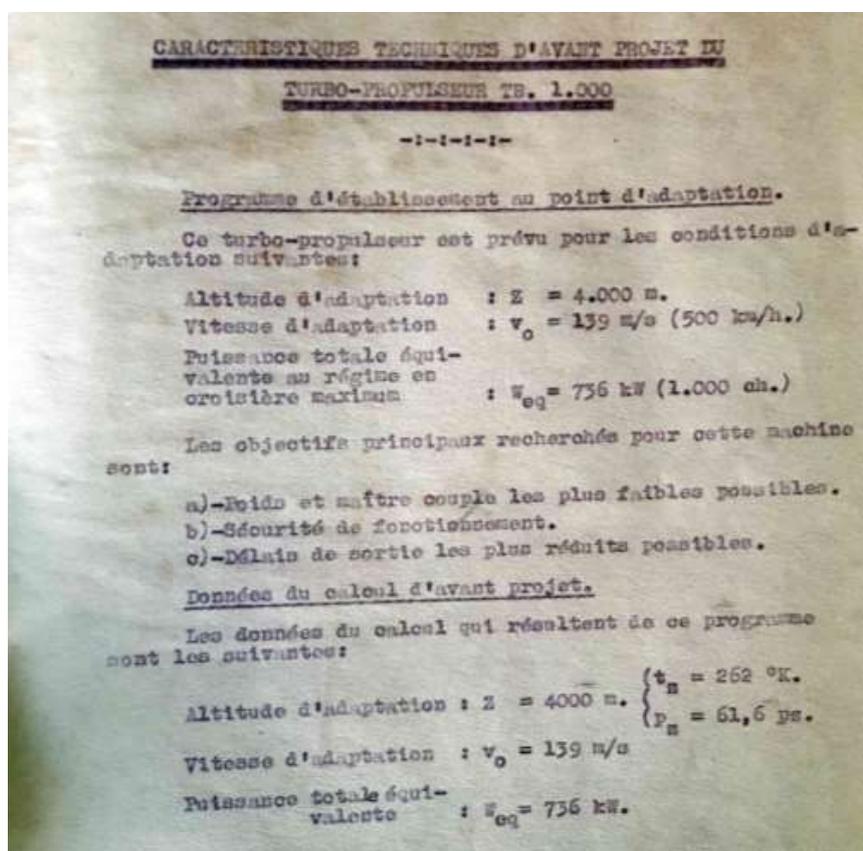
Le TB-1000

Le 9 avril 1947, le STAé - Service Technique de l'Aéronautique du Ministère de l'Air adresse un courrier à la Direction Technique de la SNECMA précisant les caractéristiques de base à l'étude d'un autre turbo-propulseur de 800 Kw (note 34.214 STA/MO). Ce nouveau projet baptisé TB-1000 est de couvrir une gamme d'avions de plus faible tonnage que ceux destinés au TA-1000.

Le 17 juin 1947, M. Raymond Marchal, directeur du Service Technique de la SNECMA adressait un courrier (n° 8597 S/DT) en réponse et dans lequel étaient joints un schéma du futur turbopropulseur de la classe des 2 000 chevaux, ainsi que les données générales techniques le concernant. Il était également précisé :

...D'autre part, nous prenons les mesures nécessaires pour terminer avant la fin de cette année (1947) les dessins des plans principaux afin de pouvoir passer le plus rapidement possible les commandes d'approvisionnement des matières premières principales, pièces de forge, pièces de fonderie, pour six machines prototypes... "

Les heures d'études préparation, fabrication et essais pour 1947 étaient estimés à 70 000 heures pour un coût de 5 millions de francs.

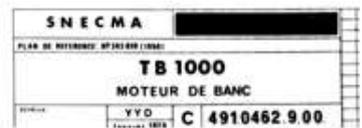
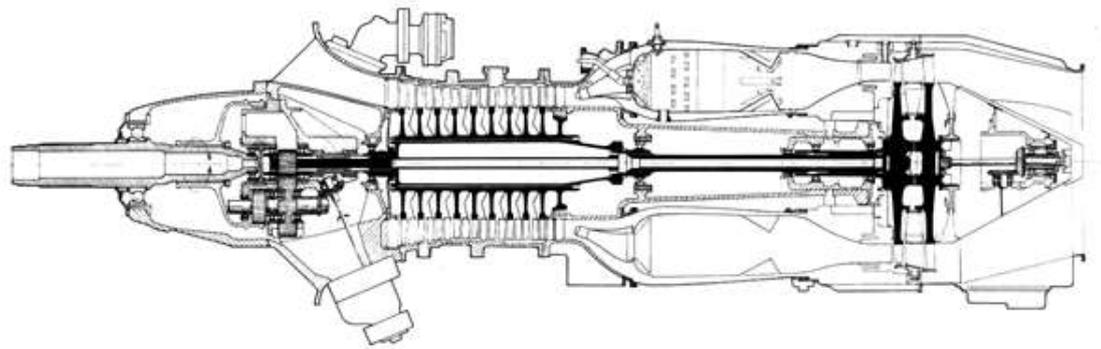


Les données générales techniques de l'avant-projet du TB-1000

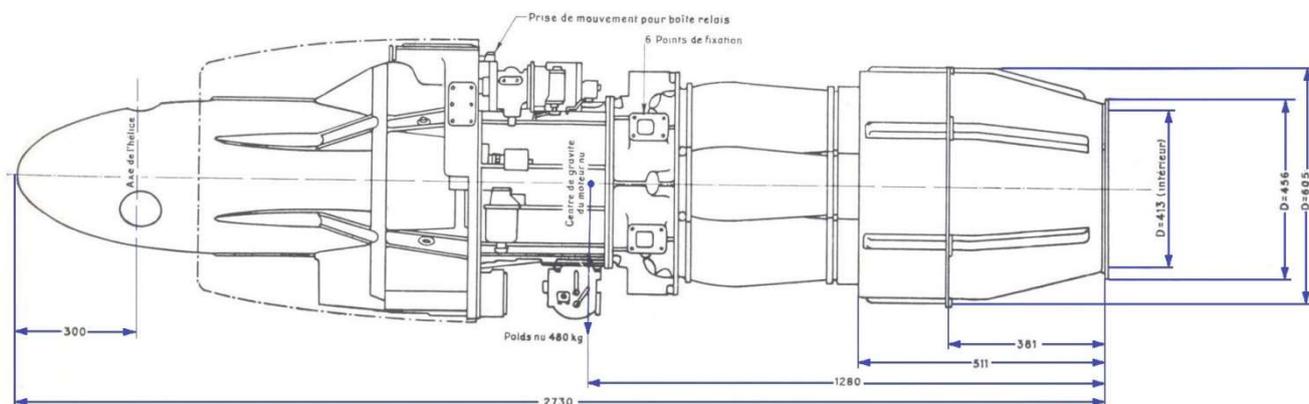
La 1^{ère} édition de la notice provisoire Sncema du TB-1000 de novembre 1948 référencée DT.300-21 indique :

Le turbopropulseur TB-1000 est un moteur à turbine de moyenne puissance. Cette machine à un seul arbre de conception extrêmement simple comprend :

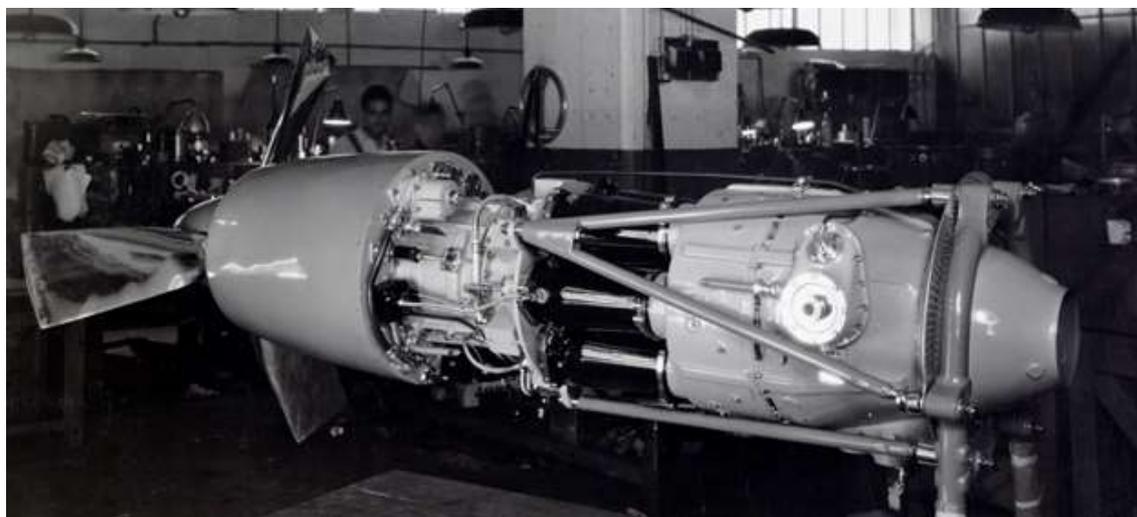
- un compresseur axial à 9 étages en alliage léger,
- 6 chambres de combustion à écoulement direct,
- une turbine à 2 étages de détente,
- un réducteur de vitesse à pignons droits,
- une hélice,
- une tuyère d'éjection.



Coupe du TB-1000 - moteur de banc (1950) © Espace Patrimoine SAFRAN



Coupe longitudinale du TB-1000



Le TB-1000 - © Espace Patrimoine Safran

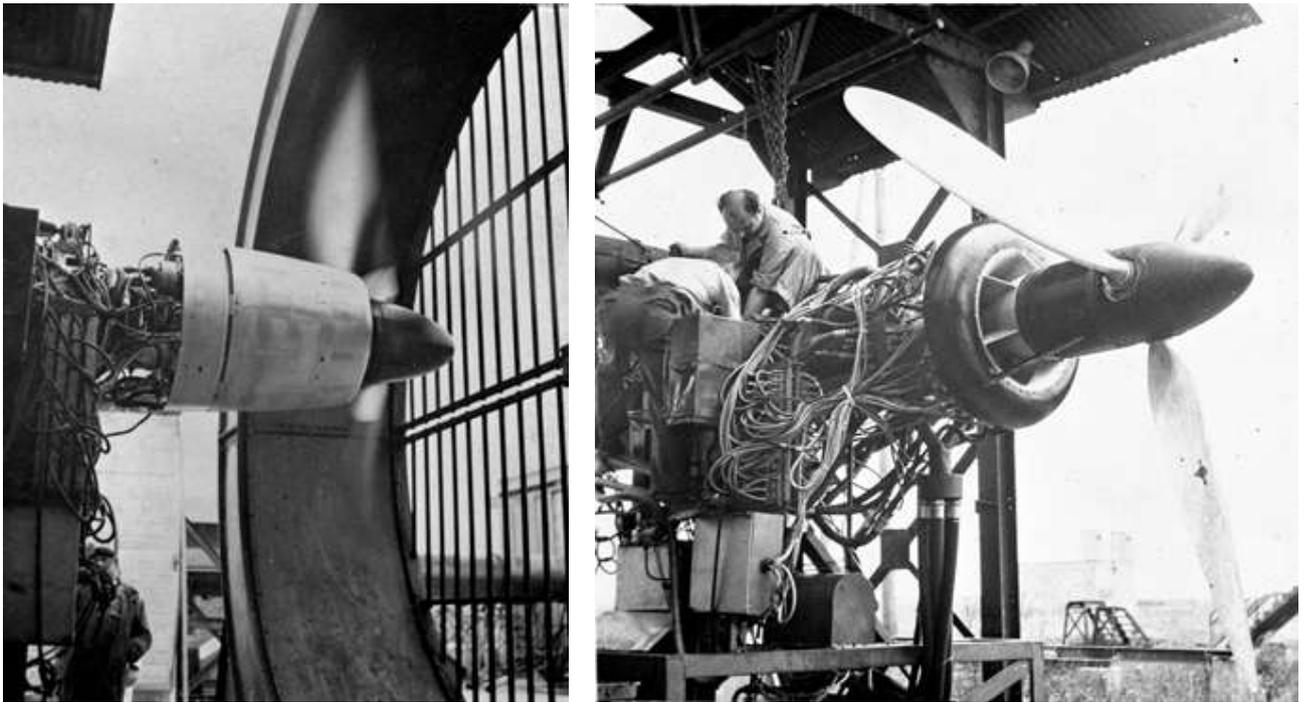
Les deux étages de turbine entraînent directement le compresseur axial et l'hélice par l'intermédiaire d'un réducteur à pignons droits (rapport de réduction 0.1165).

L'hélice est une tripale à pas variable à commande automatique et à renversement de pas permettant le freinage aérodynamique à l'atterrissage.

La tuyère d'éjection permet de récupérer, sous forme d'une poussée supplémentaire, l'énergie de détente encore contenue dans les gaz à la sortie des turbines.

Le combustible utilisé dans cette machine est, en principe, du "Kérosène" (spécification britannique RDE/F/KER).

Le TB-1000 comporte deux prises de mouvement destinées à l'entraînement d'une boîte d'accessoires. La vitesse de rotation de ces prises est dans un rapport de 0,357 avec celle du moteur, la puissance disponible est de 100 cv à 5000 tr/mn. Le démarrage est effectué à l'aide d'un moteur électrique.



Le TB-1000 au banc d'essais à Villaroche- © Espace Patrimoine Safran

Le poids du turbo-propulseur TB-1000 est de :

- 480 kg pour le moteur nu et sec, c'est-à-dire le moteur avec les accessoires nécessaires à son fonctionnement (pompes d'alimentation, injecteurs, rampes, tuyauteries, filtres, démarreur, la prise de mouvement pour la boîte d'accessoires avion, sans accessoires avions, sans huile, sans capotage et sans hélice).
- 650 kg environ pour le moteur avec les accessoires nécessaires à son fonctionnement, la prise de mouvement pour boîte d'accessoires avion, le capotage et hélice, sans accessoires avions et sans huile.

Caréné, le turbo propulseur TB-1000 a un maître couple dont le diamètre est de 0.700 m.

Henri Potez, administrateur spécial de la Snecma, comparait en 1949 le TB-1000 aux turbopropulseurs anglais Armstrong Siddeley "Mamba" A.S.M. 3 et "Naiad" de Napier.

Huit prototypes sont commandés et le premier moteur tourne au banc à l'été 1950 à la puissance de 1 000 cv. Le SNECMA TB-1000 est le premier turbopropulseur à être homologué en France.

Les résultats acquis par les essais au banc du TB-1000, qui se sont poursuivis sur un petit nombre de prototypes durant l'année 1950, ont permis d'obtenir les caractéristiques prévues et de constater la valeur élevée des rendements organiques des divers éléments de la machine.

Présenté en juin 1951 au 19^{ème} Salon de l'Aéronautique, la formule du turbopropulseur était à l'époque encore très discutée. Cependant le bon rendement de l'hélice au décollage et jusqu'à des vitesses de l'ordre de 800 km/h avait orienté les constructeurs vers ce type de turbomachines, particulièrement bien adapté pour les avions volant dans ces limites ; il apparaissait d'ailleurs que ce domaine d'utilisation satisfaisante des hélices pouvait être étendu vers des vitesses supérieures élargissant alors l'emploi des turbopropulseurs.

Ce turbopropulseur a été initialement dessiné pour une puissance équivalente de l'ordre de 1 500 ch au décollage, mais avec des marges techniques permettant d'assurer un développement ultérieur de ce matériel. La gamme de puissances choisie est celle dans laquelle il existe le plus grand nombre de moteurs à pistons et il apparaît qu'elle est utilisable sur de très nombreux avions.

Fin 1951, un essai contractuel est effectué à la puissance totale équivalente de 1 520 cv. A la suite des premiers résultats acquis par le prototype, il apparaît qu'il est possible de prévoir un développement des performances sans augmenter sensiblement l'encombrement et la masse. La nouvelle version TB-1000A réussit au banc en janvier 1952 un essai contractuel de courte durée à une puissance totale équivalente de plus de 2 000 cv (1 720 cv sur l'arbre). Mais en dépit de ces résultats encourageants et malgré l'intérêt de certains avionneurs (les essais en vol étaient prévus sur l'avion-cargo Nord 2501), l'étude est stoppée en 1952 par manque de crédits après plus de 1000 heures d'essais en fonctionnement et par suite d'une décision du Gouvernement à cette époque de se consacrer uniquement aux moteurs militaires.



Le TB-1000 présenté au président de la République Vincent Auriol au salon de l'Aéronautique de 1951
© Espace Patrimoine Safran

Caractéristiques de construction

	<u>TB-1000</u>	<u>TB-1000 A</u>
- Diamètre hors tout du turbopropulseur avec carénage	700 mm	700 mm
- Surface frontale	0.382 m ²	0,382 m ²
- Longueur	2730 mm	2765 mm
- Poids à sec sans carénage, ni hélice	480 kg	450 kg

Caractéristiques de fonctionnement

	<u>TB-1000</u>	<u>TB-1000 A</u>
- Point fixe au sol (Décollage) :		
- Puissance totale équivalente	1 450 cv	2 000 cv
- Vitesse de rotation de la turbine motrice	15 400 tr/mn	15 400 tr/mn
- Croisière en altitude :		
- Altitude	4 000 m	4 000 m
- Vitesse de l'avion	500 km/h	500 km/h
- Puissance totale équivalente	1 055 cv	1 425 cv
- Vitesse de rotation	14 000 tr/mn	14 000 tr/mn
- Consommation spécifique (rapportée à la puissance totale équivalente)	315 g/cv/h	255 g/cv/h
- Combustible	Pétrole	
- Lubrifiant Huile minérale d'aviation	Huile minérale d'aviation	

Il est également intéressant de noter qu'une version raccourcie du TB-1000 a été étudiée chez SNECMA comme le montre un document datant du 15 juin 1950. Il était baptisé TBR-1000 et différait de la version

classique par sa longueur totale de 2200 m (2730 mm pour le TB-1000) et pour un poids nu de 300 kg (480 kg pour le TB-1000). Le plan de ce TBR-1000 portait le n°37700. On trouve également cité le TB-1000 B.

Les études des turbopropulseurs TA-1000 (de 5 000 cv) et TB-1000 (de 2 000 cv) sont abandonnées en 1949 et 1952 et, après l'intégration en 1950 du groupe " O " de Decize dans le groupe " Y ", tous les efforts de la S.N.E.C.M.A., tant techniques qu'industriels, porteront à développer sa capacité à étudier et produire des turboréacteurs. Enfin c'est en 1952 que la S.N.E.C.M.A. acquiert la licence du moteur Bristol " Hercules " qu'elle va produire à partir de 1953.

Les projets d'avions de transport équipés du TB-1000

Au début des années 50, la SNCASO travailla sur un projet d'avion de transport de 27 tonnes équipé de 4 turboréacteurs TB-1000. Mais c'est la société Louis Bréguet, qui, voyant un avenir très prometteur au TB-1000, étudia plusieurs projets d'avions de transport de la famille 978 T et 978 TA, équipés soit de 4 turbopropulseurs TB-1000, ou en propulsion mixte avec 4 turboréacteurs Atar 101. Ardent défenseur du turbopropulseur, Louis Breguet était parvenu à couper la poire en deux au terme de multiples études autour du Br.978 en configuration à ailes de croissant. Sept avant-projets furent présentés ayant en commun le même fuselage et une voilure basse différente selon les modes de propulsion.

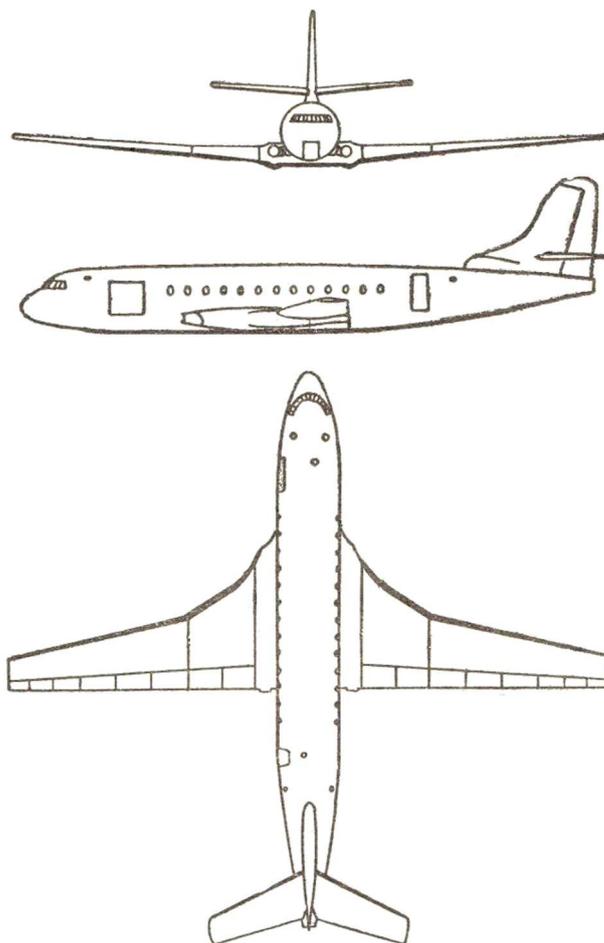
- **Le Br.978 A** était équipé de trois réacteurs Atar 101 D, deux noyés dans l'épaisseur de la voilure, le troisième dans la partie arrière du fuselage. Une sorte de formule De Havilland " Comet " ou Vickers " Valiant " avec l'originalité du troisième propulseur. Le diamètre intérieur de la cabine devait permettre de loger six passagers de front avec une soute inférieure. L'aile de construction caisson se caractérisait par sa forme en plan : la partie centrale de grande corde à l'emplanture et la flèche importante au bord d'attaque avec les entrées d'air comportant un piège à couche limite. La structure supportait le train d'atterrissage (deux doubles diabolos).
- **Le Br.978 F** : équipé de quatre doubles flux suspendus séparément sous chaque aile de forme trapézoïdale classique sans flèche notable. A part les différences indiquées ci-dessus, les dispositions adoptées pour le 978 A se retrouvaient ici.
- **Le Br.978 T** : cette version était équipée de quatre turbopropulseurs TB-1000 B disposés dans la voilure en avant du caisson central. Les tuyères d'échappement passaient à travers le caisson et débouchaient derrière les volets interrompus au droit de chaque turbopropulseur. L'aile était analogue à celle du 978 F.
- **Le Br.978 P** : ce type se caractérisait par deux turbopropulseurs Bristol " Proteus " placés en avant du caisson central avec tuyères d'échappement passant au-dessus de l'aile, par ailleurs analogue à celle du 978 F. En outre, un réacteur " Atar " ou " Avon " était situé dans la partie extrême arrière du fuselage. Avec le Br.978 P, Breguet attaquait la " formule mixte " dont découlèrent les modèles suivants. Outre, selon le constructeur, une économie d'exploitation avec des manœuvres au sol n'impliquant que les turbopropulseurs, le principal intérêt de la formule résidait dans ses possibilités de décollages " courts " comparativement aux turboréacteurs classiques. La vitesse de croisière annoncée devait atteindre les 650 km/h.
- **Le Br.978 AP** : cette version constituait en somme le complément du 978 T, en ce sens qu'au lieu d'avoir deux turbopropulseurs et un réacteur, elle comprenait deux réacteurs disposés comme sur le 978A et un turbopropulseur " Proteus " logé à l'avant du fuselage dont la tuyère débouchait sous le fuselage. L'aile était la même que celle du 978 A. La disposition du moteur à l'avant fut considérée comme un inconvénient ; de fait, la commission estima qu'une telle formule ne présentait pas de réels avantages au point de vue du décollage, de la consommation et de l'emport de charges.
- **Le Br.978 TA** : dérivée du 978 T, dont elle possédait les quatre turbopropulseurs TB-1000 B et la même aile, cette version mixte avec un réacteur de queue, surpuissante au décollage, fut considérée comme dépassant nettement le cadre du programme.

- **Le Br.978 S** : la finalité de l'ensemble des formules mixtes étudiées par les bureaux de l'ingénieur en chef Jean Barge : Cette version conservait la voilure du 978A avec ses deux réacteurs latéraux " Atar 101 D " montés à l'emplanture, mais on y avait adjoint deux turbopropulseurs TB-1000 B en avant de l'aile et supprimé le réacteur de queue. En cours de développement, on changea les " Atar " pour des " Avon ", dès que la commission, qui avait implicitement imposé à l'origine des réacteurs français, fit volte-face.

Avec une vitesse de croisière de 750 km/h, l'appareil devait présenter des facilités de décollage analogiques à celles d'un quadri-turbopropulseur avec une charge marchande atteignant 9 000 kg (65 passagers) sur toutes les étapes. Avec l'expérience du Br.960, Breguet affirmait qu'il saurait obtenir de bons rendements d'hélices à la vitesse de croisière indiquée. De plus, le prix de revient d'une formule mixte était considéré comme intermédiaire entre celui des avions à réaction et des appareils turbopropulsés.

Bien accueillie par la presse spécialisée, cette " formule hardie " avait conquis de nombreux adeptes. Malheureusement, malgré tout son intérêt pour l'époque, il apparut vite que la mise au point de tels groupes moteurs ne pouvait déboucher rapidement sur une solution fiable.

Resté à l'état de projet, le Br.978 (ci-contre) devait répondre au cahier des charges qui finalement aboutira à la production de la Caravelle SE.210 par Sud Aviation (ex SNCASE).



Bibliographie Espace Patrimoine SAFRAN

Merci à Dominique Prot

- L'Atar et tous les moteurs Snecma d'Alfred Bodemer et Robert Laugier - Décembre 1996
- L'industrie aéronautique et spatiale française 1907-1982 - Tome 2 édité par le GIFAS - Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales
- Rapport trimestriel n°2 établi par Mr Henri POTEZ Administrateur spécial du 24 février 1949
- Conseils d'Administration SNECMA de 1945 à 1953
- Revue de l'Aéroclub de France - 18^{ème} salon aéronautique de l'aviation - Avril 1949
- Les ailes - 17 janvier 1953 - N°1406

Photographies © Espace Patrimoine SAFRAN

Archives Historiques Safran Aircraft Engines

Merci à Marina Dal Soglio et Marc Scaglione

- TB-1000 - Documentation novembre 1948 - cote 130AHL VL6
- TBR-1000 - Notice provisoire du réacteur - 12 juin 1950 - cote 130AHL VL7
- TB-1000-1 - Caractéristiques aux régimes variés - 1950 - cote 130AHL VL8

La Caravelle n°193, banc d'essais des moteurs M53 et CFM56



Au début des années 1970, la Snecma a entrepris le lancement de deux programmes majeurs de turboréacteurs : tout d'abord, le moteur militaire M53, un turbofan à faible taux de dilution, alors destiné à deux avions de combat de Dassault, le Mirage F1E International monomoteur et l'Avion de Combat Futur (Mirage G8 A) biréacteur, puis le second, en partenariat avec le motoriste américain General Electric, le CFM56, moteur civil double flux de la classe des 10/12 tonnes de poussée.

Il se posa alors, pour la Snecma, le problème du choix d'un nouveau banc d'essai volant pour ses deux moteurs. Le quadrimoteur à hélices Armagnac, qui avait longtemps été utilisé pour ce genre d'essais, n'était plus apte aux vitesses élevées des avions modernes.

Le banc volant : maillon essentiel des essais moteur. Afin d'assurer la mise au point en conditions réelles d'utilisation des turboréacteurs M53 puis CFM56, la Snecma choisit, en 1972, une Caravelle, non pas en raison de ses dimensions, mais pour la robustesse de sa structure - elle était conçue pour une vie en fatigue d'au moins 30 000 heures de vol ou de dix ans - et parce que son équipement de mesures faisait appel alors à des méthodes modernes d'enregistrement et d'exploitation. Pour être adapté à ses nouvelles fonctions, l'avion pouvait être profondément modifié.

Le motoriste sélectionna la SE 210 Caravelle III n° 193 comme banc volant car cet appareil disposait d'un potentiel important.



SE 210 Caravelle III aux couleurs d'Air France. C'est au cours du développement que, pour éviter l'absorption de cors étrangers, les entrées d'air furent légèrement orientées vers le haut et l'intérieur.

La SE 210 Caravelle. Après le De Havilland "Comet", entré en service en 1952, la Caravelle a été le second avion commercial à réaction européen. Mis en ligne en mai 1959, le biréacteur s'est assuré un succès mondial dans le domaine des court et moyen-courriers. Avion à la ligne élégante, la Caravelle c'est : 32 m de long, 34 m d'envergure, une vitesse de croisière de 600 km/h, une capacité 60 passagers et une tonne de fret. Le biréacteur français a été construit à 280 exemplaires, dans sept versions différentes, et utilisé par des compagnies aériennes françaises ou étrangères.

De 1959 à 1981, la Caravelle a été utilisée par 34 compagnies aériennes dans le monde, et a transporté 400 millions de passagers, dont 100 millions sous les couleurs de la France. En 2003, il en restait sept exemplaires connus en état de vol.



SE-210 Caravelle III n° 193 immatriculé SE-DAH "Torgny Viking" (mars 1965 - mars 1969)

Son nom lui a été donné par le directeur de la SNCASE, Georges Hérel, en 1955. Il choisit Caravelle d'après les petits vaisseaux légers, élégants et rapides d'origine portugaise qui furent utilisés entre les XV^{ème} et XVII^{ème} siècles. Deux de ces navires appartenaient à Christophe Colomb.

La SE 210-308 Caravelle III n° 193. Sortie de chaîne en février 1965 avec le numéro de rang 186, l'appareil, immatriculé initialement F-WJAN, est réceptionné par la compagnie aérienne scandinave, Scandinavian Airlines System (SAS), en mars 1965 qui le re-immatricule SE-DAH. En plus d'être le premier client étranger de la caravelle, SAS devient le second plus gros client après Air France avec un total de 29 exemplaires. La compagnie suédoise exploite commercialement la n°193 pendant quatre années jusqu'en mars 1969. Au cours de sa carrière commerciale, lors d'un atterrissage sur la piste de l'aéroport de Bergen, l'appareil a été légèrement endommagé aux volets suite à un contact de l'extrémité de l'aile gauche avec le sol. Baptisée "Torgny Viking", la Caravelle réalise sous les couleurs de la SAS, 9 831 heures de vol et 9327 atterrissages.

Elle est par la suite utilisée par la première compagnie charter française, Trans-Union, sous l'immatriculation F-BRIM jusqu'en avril 1972. Pendant une courte période, de mai à juillet 1969, le biréacteur sera sous loué à la compagnie allemande Panair basée à Düsseldorf. En fin d'année 1971, la Caravelle totalise alors 13 980 heures de vol et 11 394 atterrissages.



La Caravelle III n° 193 immatriculée F-BRIM aux couleurs de Trans-Union (1969 - 1971)

Les essais du M53. Au début des années 1970, la Snecma avait besoin d'une plateforme pour essayer en vol le M53. Le Service Technique de l'Aéronautique (STPA/STAé) racheta à l'Aérospatiale la Caravelle III n°193 destinée à la Snecma, qui fut livrée à la Sogerma (filiale d'Aérospatiale) le 28 décembre 1971 à Bordeaux-Mérignac pour y subir les modifications nécessaires. Le moteur M53-2 destiné aux essais en vol arriva à la Sogerma, en août 1972.

La nacelle droite de l'avion - à l'origine équipé de deux turboréacteurs Avon 527 B de 5 300 kgp - a été remplacée par une nacelle spéciale pouvant recevoir le moteur M53-2 à l'essai (5 600 kgp à sec, 8 500 kgp avec réchauffe). Pour résister aux efforts provenant du moteur M53-2, le fuselage a été renforcé au niveau des cadres portant les nacelles motrices et réaménagé de manière à permettre la mise en place des postes de travail de l'équipage d'essais et du système d'enregistrement des mesures. Pour faire face aux contraintes thermiques et acoustiques importantes du M53 avec postcombustion, les revêtements des empennages et des surfaces de contrôle furent remplacés. De même, il a fallu rééquilibrer l'appareil : la nacelle motrice M53, qui remplaçait le moteur "Avon" de gauche, étant plus lourde ainsi que redimensionner le circuit carburant pour assurer l'alimentation du moteur avec réchauffe et sa capacité portée de 9000 à 36 000 litres/heures.



La Caravelle III n° 193 banc d'essais volant du moteur M53-2 (1973 - 1975)

L'installation avait été conçue de manière à ce que l'on puisse échanger le M53 au CFM56 au cours d'un chantier d'une durée d'un mois environ.

Enfin, un système moderne d'enregistrement des mesures d'une capacité de 360 paramètres a été installé. L'instrumentation permettait la capture des paramètres à une fréquence de 1 à 16 fois par seconde, sous le contrôle d'une console montée à l'avant de la cabine, sur le côté droit, et équipée de deux sièges.

Il permettait la transcription en clair, dans l'heure suivant le vol, de toutes les grandeurs physiques intéressant l'essai : au cours du vol, ces paramètres dont une vingtaine seulement étaient visualisés au niveau du poste ingénieur pour lui permettre le contrôle et la conduite de l'essai, étaient par ailleurs stockés sur bande magnétique en enregistrement numérique. Une station au sol, équipée d'un ordinateur T-2020, était spécialisée dans le travail de transcription.



La SE 210-308 Caravelle III n° 193 (immatriculée F-ZACF) avec un moteur M53-2 de 8 500 kgp avec postcombustion.

Immatriculée F-ZACF, une série utilisée par les utilisateurs gouvernementaux comme la DTI et le Centre d'Essais en Vol (CEV), la Caravelle III n° 193 vola pour la première fois avec le prototype du M53-2 en position droite depuis Bordeaux-Mérignac, le 18 juillet 1973. Le vol dura 2 heures et 25 minutes, l'avion étant piloté par Jean Dabos de la SNIAS avec René Farsy de la Snecma.

Après avoir été évalué par le CEV, l'appareil fut utilisé à partir du 20 septembre 1973 depuis Istres par la Snecma pour une campagne de mise au point dans le domaine subsonique. Jusqu'à la mi-février 1974, le M53 accumule 100 heures de vol ; à la fin mars 1974, plus de 40 vols d'essais avec postcombustion sont accomplis, soit 150 heures de vol, en 37 sorties, dont 40 avec postcombustion. Au 15 Décembre 1974, 81 vols ont été réalisés facilitant ainsi la mise au point - pour les vitesses subsoniques - du Mirage F1 E qui effectue son premier vol, le 22 décembre 1974. Tous les aspects des performances du M53 furent couverts, avec et sans postcombustion, y compris des arrêts en vol suivis de rallumages.



Préparation d'un M53-2. Dans les faits, la seule application de ce moteur à double flux à un seul corps - une configuration atypique - fut le Mirage 2000 de Dassault.

La n°193 atteint 44 000 pieds et Mach 0.82, Mach limite pour la cellule standard de la Caravelle.

Du fait de l'arrêt du programme Mirage F1 E, les essais sur la Caravelle sont stoppés en juillet 1975 : le moteur ayant accompli à cette date 233 vols représentant 585 heures de vol.

Une fois la campagne de mise au point du M53-2 achevée, en juillet 1976, l'appareil entre en chantier de modifications pour mettre en place le moteur double-flux franco-américain CFM56, plus volumineux, alors destiné à la remotorisation des quadriréacteurs de ravitaillement en vol Boeing KC-135 et Douglas DC8-60 ainsi que plusieurs projets : biréacteur Dassault Mercure 200 et quadriréacteur Airbus. Puis, après la première campagne d'essais CFM56, ce dernier fut déposé en mai 1977 pour céder la place au M53-5 destiné au monoréacteur Mirage 2000.



Installation du turbofan M53-2. La nacelle droite avait un diamètre de 1 m 66.

Pour l'anecdote, le moteur de développement M53-5, n° 229, exposé dans le musée Safran de Melun-Villaroche a été testé sur la Caravelle, lors de deux vols (9 heures), en mars 1978.

Les essais du CFM56. En plus des modifications de structure dont l'appareil avait fait l'objet en 1973, des travaux supplémentaires furent nécessaires dont le montage d'une nouvelle cloison pare-feu destinée à la protection de la partie arrière du fuselage. S'y ajoutaient les dispositifs de simulation de charge mécanique (prélèvement de puissance, via la chaîne cinématique entraînée par le mobile HP, au moyen de pompes branchées sur le relais d'accessoires et permettant ainsi la mise en charge de ce dernier), et de simulation de prélèvement d'air (destiné à la pressurisation et au dégivrage).

D'un diamètre de 2 m 30 et longue de 5 m 70, la nacelle dépourvue d'inverseur de poussée était calée à 1,5° par rapport à l'axe du fuselage. Sa géométrie était celle d'une nacelle longue à flux confluents (mélange naturel) avec partie arrière coulissante, ce qui permettait un accès facile au capotage de la partie haute pression du moteur. Le bord d'attaque de la manche d'entrée était dégivré par de l'air chaud prélevé sur le compresseur HP. En plus d'une nouvelle nacelle, la Caravelle était équipée d'une instrumentation d'essais en cabine comportant un dispositif de télémessure des parties tournantes du moteur (disque, compresseur BP, soufflante etc.), pesant 400 kg, permettant la surveillance de 380 paramètres.

Avant de faire voler la Caravelle avec un CFM-56, des essais en soufflerie furent effectués par le Centre d'Essais Aéronautique de Toulouse (CEAT) avec la participation de l'Aérospatiale afin de vérifier les qualités de vol de l'appareil avec deux nacelles aussi différentes que celle de l'Avon et celle du CFM-56.

Equippée du sixième moteur CFM56 du programme de développement, la Caravelle III n°193 vola à nouveau le 17 mars 1977 aux mains de Jean Franchi, chef pilote d'Aérospatiale, avec Michel Jarriges de la Snecma pendant 3 heures et 7 minutes. A partir du cinquième vol, l'avion fut remis à la Snecma à Istres où les essais se déroulèrent entre les mois d'avril et octobre 1978.



Au cours des années 1977 à 1980, la Caravelle n° 193 effectua un certain nombre de vols, entrecoupés de déposes du CFM56, motivées par les campagnes de mise au point du M53-5 destiné au Mirage 2000.

S'inscrivant dans le processus de certification du moteur - le premier prototype du quadriréacteur de

transport militaire McDonnell-Douglas YC-15 (72-1875) fut utilisé de façon similaire aux Etats-Unis - le domaine de vol exploré par la Caravelle alla jusqu'à 45 000 pieds (13 700 mètres) et Mach 0.82. Ces tests ont couvert les redémarrages en vol, la gestion de la poussée incluant la pleine puissance au décollage et la position de la manette des gaz en altitude de croisière, la vérification des circuits de lubrification et de carburant, les phénomènes vibratoires. Deux types de nacelles ont également été évaluées : celle avec confluence, dite longue, et celle, plus conventionnelle, dite à flux séparés. Au total, cinq campagnes d'essais furent effectuées, la dernière ayant eu lieu en 1981 pour évaluer le comportement d'un moteur de définition DC-8-71, version remotorisée avec le CFM56-2.

La certification française du CFM56-2 fut obtenue en novembre 1979 mais une dernière campagne - la cinquième - destinée à évaluer le comportement d'un moteur CFM56-2 de définition DC-8 eu lieu à partir de mai 1981. Complétés par les essais effectués sur le YC-15 au cours de 69 vols soit 130 heures d'essais entre février et novembre 1977 et le Boeing 707-700 (220 heures entre 1979 et 1980) pris en compte par General Electric, les essais de la Caravelle auront ainsi été déterminant pour la mise au point du moteur franco-américain.

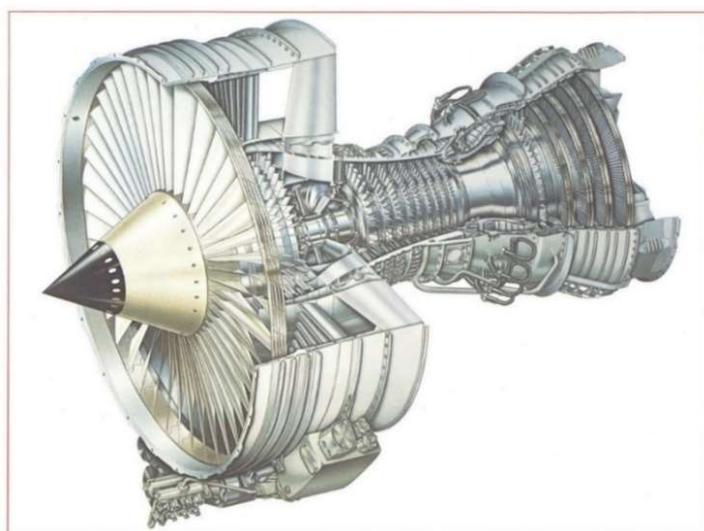


La Caravelle III n° 193, codée CF pour Charlie Foxtrot, banc d'essais volant du CFM56 (1978).
La nacelle droite avait un diamètre de 2 m 30.

Coincidence heureuse, l'indicatif radio de la Caravelle "Charlie Foxtrot" rappelait la désignation du préfixe "CF" (Commercial Fan, utilisé par General Electric pour ses moteurs commerciaux) et du numéro du projet Snecma M56. Si, dans les années 1970, le concept du CFM56 fut accueilli avec scepticisme, il deviendra le plus grand succès commercial de l'histoire des moteurs d'avion avec, à ce jour, plus de 34 700 exemplaires livrés. Depuis sa mise en service, en avril 1982, la flotte a franchi le cap des 1 milliard d'heures de vol.

Retrait du service. Depuis son premier vol, en mars 1965, jusqu'à son retrait du service en février 1982, soit en quinze années d'activités dont seulement sept en service commercial, la Caravelle a accumulé un total de 15 930 heures de vol et 12 549 atterrissages. Pendant cette période de mise au point des deux réacteurs, l'appareil a totalisé 1 950 heures de vol dont 1350 heures (163 vols) au profit de la mise au point du CFM56.

Retirée du service en février 1982, la Caravelle n° 193 a été ferrailée en mars 1986, à Istres-le-Tubé. Les ailes ont été transportées, en 1997, à l'ENSAE (Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique) dite "SupAéro", la pointe avant étant achetée par le sculpteur Richard Baquié, à Marseille.

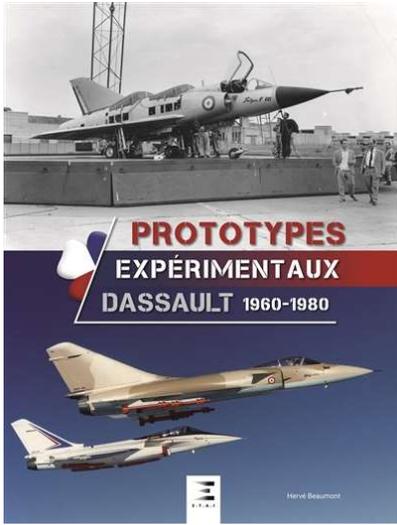


Ecorché du moteur CFM56-2

Notes de lecture

Les commentaires ci-après portent sur des ouvrages aimablement communiqués par les maisons d'éditions ; ce n'est donc pas une revue exhaustive des publications aéronautiques.

Prototypes expérimentaux Dassault 1960-1988 Par Hervé Beaumont



La société de Marcel Dassault a développé à partir des versions du Mirage III des avions prototypes expérimentaux militaires, qui, s'ils ne connurent pas de carrière opérationnelle, contribuèrent aux progrès techniques intégrés sur les autres types d'avions produits en série. Ce fut d'abord le vol à décollage et atterrissage vertical, avec trois avions prototypes, les : Balzac V 001, Mirage III V 01, Mirage III V 02 et avec deux avions bancs d'essais pour les moteurs, les : Mirage III T 01 et Mirage III F2 ; puis ce fut le vol avec voilure à géométrie variable, avec trois avions prototypes, les : Mirage G, Mirage G8 01, Mirage G8 02. Pour la Suisse, à la fin des années 1960, le Milan S 01 fut développé avec de nouveaux équipements d'avionique et avec des surfaces portantes mobiles pour des performances de vol et d'armements améliorées.

Enfin, le Super Mirage 4000, prototype aux performances exceptionnelles, qui ne fut pas retenu pour des raisons budgétaires. À ce jour, aucun livre ne retrace et ne rassemble la genèse et l'histoire complète

de ces Mirage prototypes expérimentaux Dassault. À partir du contexte des différentes époques abordées, le livre décrit le développement de ces avions prototypes au travers de leur définition technique, de leur construction et de leurs essais, en lien avec les évolutions des besoins de l'Armée de l'air.

Le livre comprend de nombreux documents, illustrations et photographies originaux d'époque, pour la plupart inédits et se fonde sur des témoignages exceptionnels, recueillis par l'auteur depuis près de vingt ans auprès des acteurs majeurs de ces programmes.

TROIS EJECTIONS Par Denis Turina

S'échapper d'un avion en perdition n'est pas la chose la plus simple qui soit !

- Trois éjections sans l'aide d'un siège Martin Baker...
- 10 000 m de perte d'altitude en Mirage III dans les nuages avec le réacteur en panne...
- Trois mois de plâtre après une éjection sur F-100 Super Sabre, avant de pouvoir revoler comme instructeur sur Fouga.
- Soixante ans d'aventures stupéfiantes aux commandes de plus de vingt machines différentes.

À propos de l'auteur

Orphelin de père mort en service aérien commandé en 1947. École des pupilles de l'air, Denis Turina a été nourri au grand cirque de Pierre Clostermann. Breveté pilote de chasse en 1966, commandant d'escadrille sur Mirage III E, puis commandant en second d'escadron sur F-100, il a quitté l'armée de l'Air en 1979 pour une carrière d'ingénieur dans l'industrie aéronautique où il a travaillé pendant 20 ans.

