

LES BANCS D'ESSAIS VOLANTS

moteurs nouveaux et avions de légende

par Jean Bourguinat

Ayant travaillé dans l'industrie des moteurs aéronautiques, j'ai eu l'occasion de connaître les techniques des essais moteurs, réalisés au sol dans des bancs d'essai. J'ai appris qu'un Constellation avait permis de réaliser les premiers essais en vol du Larzac, bien avant d'installer ce moteur sur les prototypes d'Alpha Jet, et cela m'a donné envie de découvrir le monde des bancs d'essais volants.

Cet article va donc vous faire découvrir ces couples moteur-avion improbables, pour lesquels la différence d'âge a été certainement un atout, les moteurs prototypes étant hébergés sur des avions anciens, en fin de carrière, donc facilement disponibles.

Je remercie Marie et Daniel pour leurs conseils, et le Patrimoine Safran pour les photos et divers documents que j'ai pu consulter.

DÉVELOPPEMENT DES BANCS D'ESSAIS VOLANTS DE TURBORÉACTEURS ; EXEMPLE DE LA SNECMA

Dans les années qui ont suivi la seconde guerre mondiale, la Snecma avait pour objectif technique de réaliser sous sa responsabilité les essais en vol des réacteurs, et non sous la responsabilité de l'avionneur, comme cela se pratiquait avant-guerre sur les moteurs à pistons.

Deux types d'appareils ont ainsi été utilisés pour les essais en vol :

- Des appareils multimoteurs de taille importante, sur lesquels étaient installés les réacteurs, ce qui permettait d'embarquer enregistreurs et personnels d'essai. Ce sont ces appareils dont nous développons ici des exemples, par ordre chronologique Armagnac, Constellation et Caravelle.
- Des appareils militaires à un ou deux réacteurs, qui emportaient des moyens d'enregistrement réduits, mais permettaient de tester les moteurs dans les conditions pour lesquelles ils avaient été conçus.

Par ordre chronologique, voici donc :

LES MOTEURS ATAR, TESTÉS SUR DIFFÉRENTS BANCS D'ESSAIS VOLANTS

Rappelons que les moteurs ATAR, développés par la Snecma de la fin des années 1940 jusqu'à la fin des années 1960, ont équipé les avions de combat Dassault, comme le Super-Mystère B2, les Mirage III, IV, F1, l'Étendard, puis le Super Étendard. (cf. Aéroscope info n° 13, Le SNEMA C-450 « Coléoptère »).

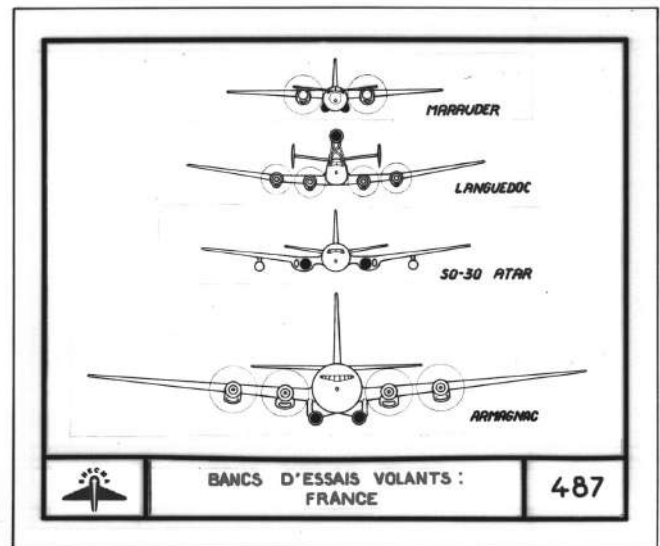
Ces moteurs ont permis d'obtenir des poussées de 2 Tonnes jusqu'à 8 Tonnes. Certains modèles, équipés de post-combustion ont permis aux avions de combat français de dépasser Mach 2.

Au total, plus de 4 000 moteurs ATAR ont été produits.

Les essais en vol ont été conduits par la Snecma sur l'aérodrome de Melun Villaroche, de 1948 à 1972. Cet aérodrome était proche du centre Snecma ou étaient installés notamment la Direction Technique et les bancs d'essai au sol. Après 1972, les essais en vol ont été transférés à Istres.

Pour réaliser les essais en vol de développement de ses moteurs, la Snecma a successivement utilisé :

- un Martin B-26 « Marauder », le réacteur étant installé en utilisant la soute du bombardier, ⁽¹⁾
- le SNCASE SE.161 « Languedoc », sur lequel les réacteurs étaient montés en pylône, ⁽²⁾
- le SNCASO SO.30 « Bretagne », dont les 2 moteurs à piston étaient remplacés par 2 ATAR en test, et qui fut donc rebaptisé SO.30 ATAR ; cet avion était pressurisé, avec un équipage comportant un pilote et 3 techniciens d'essai ; il a permis d'effectuer des essais à 50 000 pieds, l'équipage étant muni de scaphandres pressurisés, ⁽³⁾
- le SNCASE SE.2010 « Armagnac », qui fut le banc d'essai volant le plus grand et le plus sophistiqué utilisé par Snecma, sera renommé SE.2060, ce dernier avion va être développé ci-après. ⁽⁴⁾



*Les premiers bancs d'essais volants de la SNECMA
document © Espace Patrimoine Safran*

CARRIÈRE COMMERCIALE DE L'ARMAGNAC

Le SNCASE SE.2010 « Armagnac » est un avion de ligne quadrimoteur, dont le développement a commencé pendant la seconde guerre mondiale, avec pour programme les vols transcontinentaux ; c'était un projet ambitieux, avec un avion de près de 50 mètres d'envergure, une masse de 77 Tonnes, et une cabine pressurisée ; en fait il était assez proche comme dimensions et

programme du « Super Constellation », qui a connu une tout autre carrière...

Le premier vol date de 1949, l'entrée en service de 1952, et le retrait du service du dernier appareil de 1975. Seulement 8 exemplaires de l'« Armagnac » ont été construits, l'avion a été opéré par SAGETA, ancêtre d'UTA, Air France n'ayant pas accepté l'appareil dont le rayon d'action, 5 000 km s'avérait trop court pour traverser l'Atlantique. L'« Armagnac » a surtout fait des liaisons Toulouse-Saigon durant la guerre d'Indochine, 130 au total. Celle-ci terminée on lui trouve difficilement une exploitation rentable. De sa mise en service à 1955 il a transporté 20 000 passagers (journal « Les Ailes » 8 juin 1955). La lecture des « Ailes » montre que l'avion était vu comme dépassé dès 1949, mais on voulait quand même y croire. Les articles alternent entre soutien et découragement.

BANC D'ESSAI VOLANT

L'« Armagnac » était donc une très bonne plateforme pour devenir un banc d'essai volant, du fait de ses dimensions généreuses permettant d'accueillir les réacteurs à tester et de loger les ingénieurs et techniciens d'essai et leurs enregistreurs de paramètres.

Sur le SE.2060, les modifications comprenaient l'adjonction sur la cellule de 2 nacelles situées sous le plan des ailes, et qui permettaient le montage d'une gamme étendue de réacteurs, l'installation d'un système d'extinction d'incendie spécifique, un périscope situé à l'arrière du fuselage pour visualiser les gaz chauds.

Le personnel d'essai était installé dans une portion de fuselage de 20 mètres de long, où étaient réunis tous les enregistreurs de paramètres (pression, température, vibrations...).

Un réseau téléphonique interne reliait l'équipage et le personnel d'essais, et permettait l'enregistrement des conversations.



Photo © Espace Patrimoine Safran

LES ESSAIS DU LARZAC SUR BANC VOLANT CONSTELLATION

Le moteur Larzac est dû à un consortium Snecma-Turbomeca. Ce petit turboréacteur double flux, de 1,3 Tonne de poussée était initialement prévu pour équiper des avions de transports civils

En fait, il a connu le succès sur un avion militaire, l'Alpha Jet, biréacteur d'entraînement et d'appui construit par Dassault Dornier, à cinq cent douze exemplaires, et utilisé par seize pays différents. Plus de 1 000 « Larzac » ont ainsi été produits ; L'« Alpha Jet » est toujours utilisé par la Patrouille de France.

Le SNCASE SE.2010 « Armagnac » avec les deux nacelles sous l'emplanture des ailes
Photo © Espace Patrimoine Safran





le "Constellation" F-ZVMV en vol avec le moteur Snecma "Larzac"

photo © Espace Patrimoine Safran

Le Lockheed L749 « Constellation » F-BAZR était un avion Air France qui a été acquis par l'État français en 1963, après 31 000 heures de vol, pour devenir banc d'essai volant spécialisé dans les essais de givrage, sous la responsabilité de la CGTM (Compagnie Générale des Turbomachines). Le « Constellation », qui avait été rebaptisé F-ZVMV était basé sur l'aérodrome d'Istres, et permettait de réaliser des essais sur des moteurs à hélice comme sur des réacteurs, les propulseurs étant installés en pylône. ⁽⁵⁾

Turmo IIID/D3 destinés au Breguet Br-941, Bastan VI pour le Nord 262, le moteur CF 700 de General Electric, un turboréacteur destiné au Mystère 20 de Dassault, et enfin les moteurs Turbomeca « Astazou » et « Larzac ».

La transformation de l'avion par les ateliers d'Air France a nécessité 35 000 heures de main-d'œuvre pour le renforcement de l'avion et l'installation de nouveaux équipements. Ces travaux comprenaient principalement le renforcement de la structure au niveau des attaches moteur et du banc de givrage, un réservoir de 1 500 l d'eau distillée, l'installation d'APU Turbomeca pour fournir l'air comprimé pour le givrage et alimenter l'installation d'essais, des installations d'alimentation en carburant spécifiques aux réacteurs, et un pupitre de contrôle du moteur à tester.

LE 1ER ESSAI EN VOL DU « LARZAC » SUR BANC VOLANT « CONSTELLATION »

Le programme de développement du turboréacteur Larzac a été marqué en février 1971 par l'avionnage du moteur à Istres sur le banc d'essai Lockheed « Constellation ». Monté en nacelle, le « Larzac » subissait un premier point fixe de contrôle le 19 février.

Retardé par le mistral, le premier vol a eu lieu le 2 mars 1971. Il a duré 2 heures dix minutes, dont 1 heure 40 en fonctionnement du moteur. Une équipe de la Snecma conduisait les essais qui se poursuivront tout au long de l'année.



moteur Snecma "Larzac" sur le "Constellation" F-ZVMV

photo © Espace Patrimoine Safran

Le F-ZVMV a permis de tester en vol les moteurs

Le « Constellation » continue sa carrière de banc volant jusqu'en 1975 où il est confié au Musée de l'Air et de l'Espace. Il est en chantier depuis de nombreuses années pour être remis aux couleurs d'Air France

LES ESSAIS DU CFM 56 SUR « CARAVELLE »

Le succès technique et commercial des CFM56

Les moteurs CFM56 sont une série de turbo-réacteurs double flux à fort taux de dilution fabriqués par CFM International. La poussée maximale des moteurs de cette gamme s'échelonne de 8 à 15 Tonnes de poussée.

Ces moteurs sont issus d'une coopération franco-américaine, engagée au début des années 1970 entre les sociétés Snecma (devenue Safran Aircraft Engines en 2016) et General Electric. Ils transposent les progrès technologiques qui ont fait leur apparition dans les années précédentes, sur des moteurs deux à trois fois plus puissants, destinés aux avions gros porteurs.

Les CFM56 équipent de nombreux types d'avions. Ils ont tout d'abord été adoptés pour la re-motorisation de quadriréacteurs utilisant des moteurs devenus obsolètes : les Boeing KC-135 militaires (avions ravitailleurs) et les Douglas DC-8 civils; puis installés sur des avions de ligne moyen-courrier biréacteurs, Airbus A320 et Boeing 737, et l'Airbus A340.

Jusqu'en 2022, un total de 34 000 moteurs de la famille CFM56 a été produit, ce qui constitue le succès commercial le plus important dans le monde des turbo-réacteurs civils.

Cette coopération, jugée équilibrée et mutuellement profitable, a été maintenue depuis les années 1970 sans changement significatif dans la répartition des tâches, elle a été reconduite pour le LEAP, moteur entièrement nouveau qui succède au CFM56. Grâce au renouvellement de l'accord en 2008, les deux entreprises restent associées jusqu'en 2040. Des CFM56 continueront à être produits comme moteurs de remplacement, probablement jusqu'aux années 2040.

Au sein de CFM International, GE Aircraft Engines est chargé de la partie haute pression du moteur, aussi appelée « core » (compresseur haute pression, chambre de combustion et turbine haute pression) et Snecma de la partie basse pression (la soufflante ou fan, le compresseur basse pression ou booster et la turbine basse pression) ainsi que des auxiliaires et de la tuyère d'éjection.

Les essais en vol sur « Caravelle »

Le premier CFM56 commence à fonctionner au banc en juin 1974.

Le premier vol a lieu aux États-Unis à bord d'un McDonnell Douglas YC-15 modifié pour l'occasion, où un prototype CFM56 remplace un des quatre Pratt & Whitney JT8D en février 1976, (Le YC-15 est un avion-cargo militaire à décollage vertical STOL).

Le 17 mars 1977, c'est le premier vol à Mérignac du second prototype CFM56, monté sur Sud Aviation « Caravelle III » n°193, en remplacement d'un réacteur Rolls Royce « Avon ». ⁽⁵⁾

La campagne d'essais en vol va ensuite continuer à Istres.

L'équipage d'essais comprendra 5 navigants, dont un ingénieur d'essais, et un expérimentateur, appartenant tous à la Snecma ; s'y ajouteront des observateurs éventuels, et, pour certains vols, un ingénieur de General Electric.

La « Caravelle III » n° 193 était déjà un banc d'essai volant pour le M53, qui deviendra le moteur du Mirage 2000. Elle a fait l'objet d'un protocole de prêt entre les services officiels et la Snecma. Pour accueillir le M53 et sa nacelle, la structure du fuselage et les gouvernes de l'avion avaient été renforcées, et une centrale d'essais avait déjà été mise en place.

La « Caravelle » permettait ainsi de tester le M53 dans tout le domaine de vol subsonique couvert par l'avion, jusqu'à une altitude de 50 000 pieds, le domaine supersonique jusqu'à Mach 2,2 étant exploré sur le Mirage F1/M53.

La « Caravelle » a ainsi été transformée à Bordeaux, par la Sogerma, de fin 1976 jusqu'au début de 1977, pour être à la fois capable de réaliser alternativement les essais M53 et CFM 56.

Les modifications ainsi apportées concernent principalement :

- la cloison pare-feu qui constitue la frontière entre l'avion et la nacelle motrice essayée, qui est rendue capable de recevoir indifféremment une nacelle M53 ou une nacelle CFM56.
- l'équipement de mesure, sur lequel sont ajoutés des dispositifs nouveaux : console de visualisation permettant à l'ingénieur d'essais en vol de surveiller directement sur écran les principaux paramètres ou des évolutions transitoires de certains d'entre eux ; système d'enregistrement magnétique instantané de ces phénomènes ; système de pré-traitement de certains

paramètres (afin d'obtenir les débits réduits et les vitesses standards) ; système de télémétrie tournante permettant d'effectuer certaines mesures directement sur les parties tournantes (disque, compresseur BP, soufflante, etc.), réalisé par la SNECMA et sa division ELECMA : accroissement de la capacité totale de mesure, portée à 380 paramètres.

- la nouvelle nacelle CFM56 étudiée et réalisée à Toulouse par Latécoère sous maîtrise d'œuvre SNECMA. Il s'agit d'une nacelle sans inverseur, mais capable de loger une instrumentation très étoffée ; celle-ci est logée dans la manche d'entrée ; s'y ajoutent les dispositifs de simulation de charge mécanique (prélèvement de puissance, prélèvement d'air destiné à la pressurisation et au dégivrage).



Le moteur CFM 56 avec son petit frère, le moteur Rolls Royce « Avon » installé d'origine
Photo © Espace Patrimoine Safran

Les essais réalisés sur le banc d'essai Caravelle seront ainsi les suivants :

- chaque vol peut durer jusqu'à trois heures. Le but de ces essais est évidemment multiple : il s'agit en effet d'essais de développement, avec relevés simultanés de 200 à 250 paramètres. Le démarrage au sol du CFM56 s'effectue au moyen d'un groupe générateur Turbomeca « Palouste » alimentant le démarreur ABG-SEMCA ; dans certains cas, il peut y avoir nécessité d'assister le redémarrage en vol, ce qui est réalisé par prélèvement d'air sur l'autre moteur (Rolls-Royce « Avon »). Le CFM56 sera alimenté en carburant par le circuit de base de l'avion.

- ces essais permettront d'étudier de près le fonctionnement en vol du CFM56, mais aussi d'effectuer des mesures très fines (essais de calibration). La détermination de la poussée s'effectuera par mesure des pressions à l'entrée du moteur et au niveau de la tuyère, avec des instrumentations en peigne.

- les paramètres mesurés étant enregistrés sur bandes magnétiques, celles-ci subiront d'abord à Istres un premier traitement informatique par Snecma, puis un traitement plus sophistiqué sur le calculateur central de la société à Villaroche. Le résultat final sera alors prêt à être transmis à GE Aircraft Engines par câble ou par liaison par satellite déjà utilisée pour les essais au banc.



CFM56-2 sur banc d'essais volant « Caravelle »
photo © Espace Patrimoine Safran

CONCLUSIONS :

Évoquer ces bancs d'essais volants rappelle la renaissance de l'industrie aéronautique française après la seconde guerre mondiale, d'abord dans le domaine des avions militaires, puis dans le domaine de l'aviation commerciale avec les partenariats européens pour les cellules, et le partenariat Franco-américain pour les moteurs.

Notre reconnaissance va vers tous ceux et celles qui ont permis ces avancées, et en particulier vers les pilotes et les personnels des essais en vol ■

⁽¹⁾ Il s'agissait du Martin B-26 G-10 « Marauder » s/n 43-34584 livré à la France en septembre 1944 et qui avait servi au GBM 1/22 « Maroc ». Affecté au CEV le 18/01/1946 puis à la SNECMA en janvier 1947. (Les Marauders français, Patrick Ehrardt, Éditions du Polygone, ISBN 2-913832-05-9)

⁽²⁾ Le CEV a utilisé les « Languedoc » n°6, 31, 81, 96 et 97 comme avions porteurs de maquettes, prototypes ou moteurs.

⁽³⁾ Un SO.30P « Bretagne » est préservé sur le site Airbus de Gron St Nazaire.

⁽⁴⁾ premier « Armagnac » de série n°1 F-ZWSQ.

⁽⁵⁾ Un lien sur le « Constellation » F-BAZR : https://aviatechno.net/constellation/metamorphose_f-bazr.php