

Le cœur du SR-71 "Blackbird" : le puissant réacteur J-58

par Philippe Ricco

NASA



Première partie :

Genèse



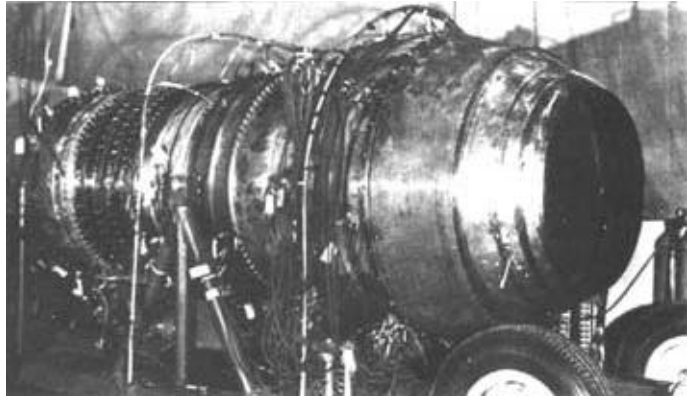
Ph. Ricco

1.1 : Développement	page A-1
1.2 : Évolutions	page A-4
1.2 : Les essais	page A-6
1.4 : Perfectionnements	page A-11
1.5 : Projets et dérivés	page A-12
1.6 : Notes sur les désignations	page A-14

Genèse : 1.1 : Développement

Le Blackbird est le seul appareil jamais construit autour du J-58 (JT-11). Ce turboréacteur a été développé pour un programme de l'US Navy par Pratt & Whitney, au centre de recherches et de développements de West Palm Beach en Floride. Si l'existence du Blackbird ne fut révélée que le 28 février 1964 par le président américain Lyndon B. Johnson, le réacteur JT-11 en revanche était déjà connu des spécialistes.

Le premier réacteur trisonique conçu par Pratt & Whitney pour équiper le bombardier North-American XB-70 était le J91 (alias JT-9). Cependant, l'horizon de ce bombardier hexaréacteur étant incertaines, les fruits de ses études furent mis à profit pour réaliser un autre réacteur plus petit, lui aussi trisonique, destiné à la marine et désigné JT-11, qui allait devenir le J-58. Les premières études de ce turboréacteur furent lancées en 1956. Au début, il était étudié sur fonds propres de la société, mais rapidement, l'U.S. NAVY, qui développait un avion d'attaque de la catégorie Mach 3, en finança le développement. Les besoins de l'US Navy concernaient un moteur capable de fournir une poussée suffisante pour un vol soutenu aux environs de Mach 2,5 avec des pointes à plus de Mach 3 durant quelques secondes. Initialement, il devait équiper une variante poussée du North American A3J-1 qui donna plus tard naissance au RA-5C "Vigilante".

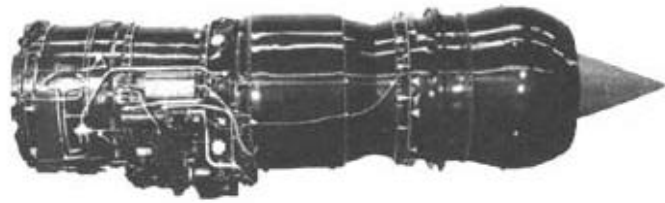


Le prototype du moteur à hydrogène Pratt & Whitney 304 qui devait équiper le projet Lockheed "Suntan".

© Pratt & Whitney

Dans le cadre de ce programme, deux projets virent également le jour chez Vought sous les désignations V-418 et V-419, plus connus sous le nom plus générique de F-8U-3 "Crusader III". Le premier était équipé d'un J-75, le second devait recevoir un J-58. Le réacteur devait utiliser le principe du statoréacteur pour suppléer le faible taux de pression du compresseur axial. Il était prévu pour fournir 11 800 kg de poussée (26 000 lb) avec postcombustion, au niveau de la mer. La première aide officielle aurait été fournie en août 1959: 11,2 millions de dollars (55 M.F.), à l'occasion d'une première commande de 30 prototypes. Entre-temps, le YJ-58 avait commencé ses essais au banc (en 1957). Les essais de qualification de 50 heures datent d'août 1958, ce qui dénote une grande célérité dans le développement de ce nouveau réacteur. Hélas, devant l'excessive augmentation du coût, l'US Navy finit par abandonner le projet. Seul le Vought V-418 aboutit à la réalisation de deux prototypes XF-8U-3, mais, là encore, le projet fut abandonné après la sortie d'usine du premier F-8U-3 de présérie au profit du Mc Donnell Douglas F4H-1 "Phantom II".

À cette même époque, des essais étaient menés dans les installations spéciales de Wilgoos. Là, sur les bancs d'essais, des conditions de vol à Mach 3,2 jusqu'à plus de 30 000 m étaient simulées. La chambre d'expérience pouvait être alimentée en air sous haute pression (deux atmosphères) à raison de 340 kilogrammes par seconde (750 lb/s). Pratt & Whitney envisageait alors deux développements possibles de son super-moteur: une version militaire, réacteur puissant, étudié pour propulser un appareil à haute altitude à Mach 3, et une variante civile, capable de fournir une poussée importante (de l'ordre de 20 tonnes) durant des temps assez longs. Il se présentait alors sous l'aspect typique des projets des années 1950 : le "tout supersonique".

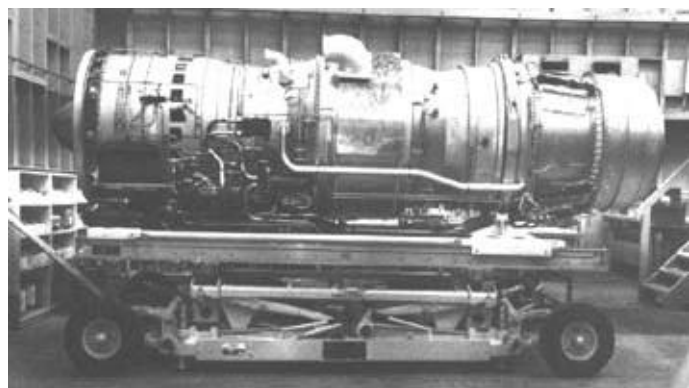


L'une des premières versions du J-58, sans postcombustion, tel qu'il apparut au début des années 1960 dans les publicités Pratt & Whitney. Il s'agit très probablement d'un YJ-58

© Pratt & Whitney

En parallèle, Pratt & Whitney effectuait la mise au point de son moteur à hydrogène Modèle 304 qui, malgré son abandon officiel, poursuivit des essais satisfaisants jusqu'en octobre 1958. Ce dernier avait alors tourné 25h½ sur bancs d'essais à West Palm Beach. Le réacteur 304 resta malgré tout à l'état de prototype et le projet "Suntan" auquel il était destiné fut clos à la fin de 1958, après avoir englouti près de 250 millions de dollars. Par ailleurs, lorsque le General Electric J-93 fut officiellement choisi le 6 novembre 1957 pour le B-70, le budget de développement du J-91 fut abandonné.

Lockheed se lança alors dans le plus grand secret dans une série de projets d'appareils à hautes performances destinés à succéder aux U-2, numérotés à partir de A-1 jusqu'au A-12. De nombreuses motorisations furent envisagées, parmi lesquelles figuraient les réacteurs de grande puissance Pratt & Whitney J-58 qui totalisaient alors près de 700 heures de fonctionnement. Grâce à l'influence de Kelly Johnson et de l'ingénieur en chef de Pratt & Whitney William H. Brown, Lockheed obtint, le 29 août 1959, un avant-marché pour son projet désigné A-12, équipé de deux J58, en dépit d'un coût prévu d'environ 600 millions de dollars pour le développement. Le programme, malicieusement baptisé "Oscart" (char à bœufs) aboutit à un marché signé le 30 janvier 1960, pour la construction de 12 appareils pour la CIA.



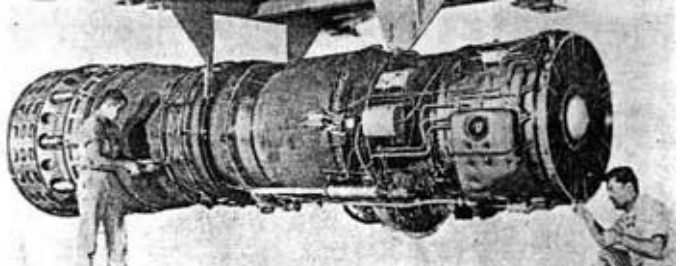
Cette maquette à l'échelle 1 d'un J-58-P2 fut réalisée chez Pratt & Whitney à Hartford en juillet 1961 pour étudier l'encombrement global du réacteur

© Pratt & Whitney

L'équipe d'étude de ce moteur, dirigée par Brown, initialement composée de 27 ingénieurs pour les phases d'étude et de développement initial, comprenant Don Pascal, Norm Cotter, Dick Coar et Ed Esmeier, fut rejointe par William Gordon (qui dirigeait les établissements de Pratt & Whitney en Floride). Ce dernier bénéficiait d'une bonne réputation qui aida à la promotion et aux relations à la fois avec Lockheed et les

commanditaires. De plus, l'équipe était peu nombreuse et soigneusement sélectionnée. Elle travaillait, (tout comme le faisaient les "Skunk Works"), en employant un minimum de papiers et de contrats écrits, les données étant le plus souvent communiquées uniquement d'ingénieur à ingénieur. Des relations très privilégiées étaient de plus entretenues entre Lockheed et Pratt & Whitney.

Pratt & Whitney disposait à l'époque de l'un des plus puissants ordinateurs du marché, un IBM-710. Sa capacité de calcul, malgré son encombrement imposant, atteignait à peine celle de certaines calculatrices de poche des années 1980. En fin de compte, le J-58 était encore surtout issu de bonnes vieilles règles à calcul. En dépit de toutes les courbes et essais, la plupart des problèmes d'intégration ne pouvaient être résolus qu'en vol. Le tandem Lockheed - Pratt & Whitney bénéficia de plus de la compréhension des membres du gouvernement chargés de ce dossier. Ceux-ci laissèrent le duo faire face aux problèmes comme il l'entendait, n'intervenant que très peu dans la phase de développement, pour des modifications ayant des répercussions opérationnelles ou budgétaires majeures. Il en résulta des réactions rapides face aux difficultés techniques et, si le gain de temps sur l'avancement du projet ne s'en trouva guère modifié, il en découla des économies substantielles.



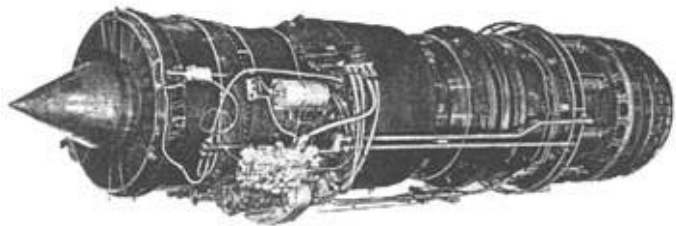
Le J-58 fut ensuite équipé d'une postcombustion. Ce modèle était généralement présenté comme un J-58-P2, tel qu'il devait équiper l'US Navy, sur le F8U-3 et A3J.
© Pratt & Whitney

Au début du programme Ocart, des noms de code étaient employés pour désigner chaque partie du groupe propulseur. Ainsi, les trappes de dérivation avant furent baptisées "*coupeur d'oignons*" ("*onion slicer*"), alors que celles de derrière étaient appelées "*coupeur de chou*" ("*cabbage slicer*") et les volets tertiaires étaient référencés sous le nom plus classique de "*plumes de queue*" ("*tailfeather*"). Mais ces désignations furent rapidement abandonnées et une note circula pour mettre fin à l'emploi de ces surnoms, laissant place aux termes usuels.

Genèse : 1.2 : Évolutions

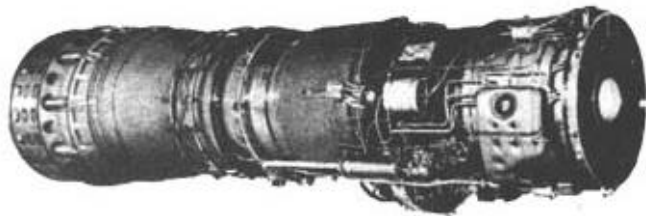
Les difficiles conditions de vol, encore relativement inexploré au point complexe. Le vol soutenu à plus de Mach 3 à haute altitude demanda de longs essais en caisson supersonique (dont certains initialement menés sur des J75), mais aussi l'étude de carburants et lubrifiants nouveaux. De plus, en raison du domaine de températures de fonctionnement du moteur, chaque pièce dût être fabriquée avec des alliages spéciaux (acier inoxydable, Hasteloy X, titane,...), jusqu'alors utilisés seulement pour de petites pièces telles que les aubes de turbine. Les études menées jusqu'alors sur les avions expérimentaux des séries "X" ne pouvaient être d'un grand secours car la plupart d'entre eux étaient propulsés par moteur fusée, et ne volaient que durant des temps très courts.

À l'origine, la tuyère à géométrie variable faisait partie intégrante du réacteur. Il fut décidé, conjointement avec Lockheed, que celle-ci serait intégrée à la cellule, afin d'économiser de la masse. Par contre, Pratt & Whitney garda la responsabilité des performances du canal et de la tuyère de postcombustion. De plus, Pratt & Whitney s'occupa de la fabrication des mécanismes de commandes car les ingénieurs de Lockheed n'avaient aucune expérience concernant les matériaux pour les engrenages, paliers et soudures, ayant à soutenir de telles températures. Le motoriste n'avait guère plus d'expérience, mais devait forcément l'acquérir pour venir à bout de ce programme.



Ce réacteur Pratt & Whitney J58-P2 fut présenté au public français à l'occasion du salon du Bourget de 1963.
© Pratt & Whitney via Jane's

Le J-58 subit de nombreuses modifications telles que l'ajout, dès 1960, de conduits de dérivation, le passage du nombre d'étages du compresseur de 8 à 9, afin d'augmenter le taux de pression assez modéré, ou encore l'adaptation d'une réchauffe destinée à rester en fonctionnement continu durant toute la mission. Le J-58-P4, conçu pour le A-12 ne possède en fin de compte que très peu de pièces communes avec le J-58-P2 initialement étudié pour l'US Navy. Seuls l'encombrement et l'aérodynamique des aubes de compresseur et de turbine purent être conservés dans un premier temps. Mais même cela fut modifié quelque temps plus tard.



Autre variante avec postcombustion du JT11. Ce modèle n'était pas encore équipé des six veines de décharges caractéristiques J-58-P4 du SR-71.
© Pratt & Whitney

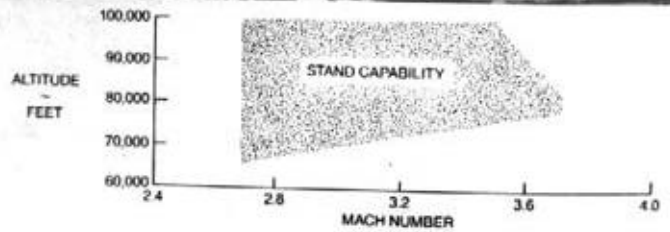
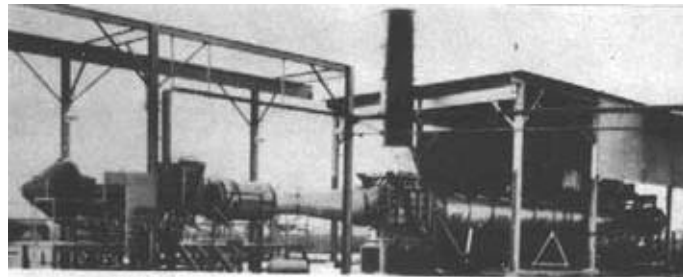
Les études menées alors conjointement avec Lockheed sur le nouvel appareil firent apparaître, dès le début, que pour des nombres de Mach élevés, le réacteur ne parviendrait plus à aspirer tout l'air fourni par l'entrée d'air. Il en résultait un engorgement du compresseur ainsi qu'une perte d'efficacité et de poussée aux grandes vitesses.

Pratt & Whitney modifia donc son JT-11 en l'entourant d'une série de veines de dérivation fixes, en aval du quatrième étage du compresseur, absorbant l'excédent d'air à travers six longs tuyaux le long des flancs du réacteur. Le surplus est ainsi envoyé directement du compresseur dans la chambre de postcombustion, refroidissant les brûleurs et enrichissant le mélange, permettant aussi une élévation de la température de combustion, d'où un accroissement de poussée. Ce principe, très novateur à cette époque, fut par la suite plus largement développé dans d'autres moteurs dits "*double flux*". Le J58 n'est pas à proprement parler un double flux - principe encore méconnu à l'époque- la dérivation ne se présente que sous la forme de vanes de dérivation à l'écoulement irrégulier, ne servant qu'à soulager le compresseur dans certaines phases de vol, alors qu'un double flux envoie constamment une certaine proportion de l'air du compresseur vers la sortie de la turbine. Cette formule permet néanmoins de limiter les phénomènes de pompage et de décrochages du compresseur dus aux variations de la température d'admission, tout en réduisant la consommation spécifique de 10 à 15%. C'est ce dispositif que Ben R. Rich (le successeur de Kelly Johnson à la tête des "*Skunk Works*") qualifiait de "*réacteur à double flux par prélèvement d'air*".

Genèse : 1.3 : Les essais

Malgré les importantes difficultés inhérentes à ce programme ambitieux, le premier prototype du A-12 fut prêt en moins de deux ans. De son côté, la mise au point du JT-11 était plus lente et les premiers vols du A-12, en 1962, durent être effectués avec des Pratt & Whitney J-75, deux fois moins puissants, mais ayant déjà fait leurs preuves. Le premier vol du A-12 eut lieu le 26 avril 1962, 3 mois avant la fin des essais préalables à l'avionnage des nouveaux moteurs, 3 ans et 4 mois après le feu vert gouvernemental.

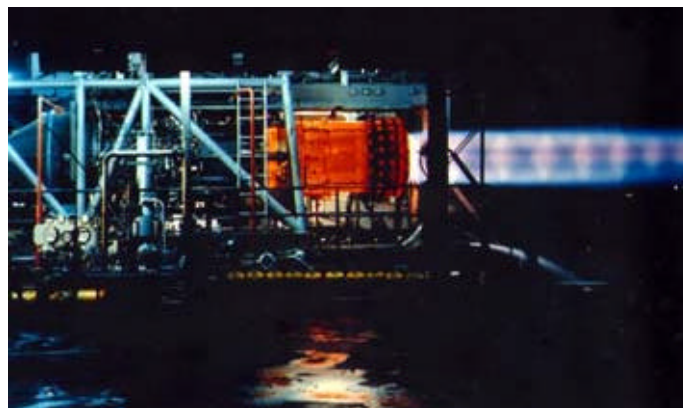
De nombreux tests furent menés sur des moteurs prototypes ou préséries avant de pouvoir entreprendre les essais en vol sur le A-12. L'un des problèmes à surmonter résidait dans le fait qu'aucun moteur n'ayant jusqu'alors exploré ces domaines de performances, aucune réglementation n'était prévue. Pratt & Whitney dut non seulement mettre au point son moteur, mais aussi en même temps les procédures de validation. Parmi les innombrables tests, figurent des essais d'endurance, dont le fonctionnement continu au régime maximum durant 150 heures.



Pour mener à bien les essais "hautes températures" du J58, un banc fut spécialement mis en place à Wilgoos pour envoyer l'air brûlant d'un J-75 directement vers un J-58.

© Lockheed

Aucun banc d'essais ne permettant de simuler les échauffements rencontrés en opération, il fallu en concevoir un spécialement. La solution adoptée consista à utiliser l'échappement du réacteur J-75 pour alimenter en air brûlant l'intérieur et l'enveloppe du J-58 en cours d'expérimentation. De plus, l'instrumentation disponible ne permettait pas d'obtenir les résultats voulus en temps réel. Au fur et à mesure que Pratt & Whitney développait des appareillages de mesure plus résistants et des moyens de calibration plus adaptés, des résultats bien plus précis purent être enregistrés. Lockheed fut bien entendu tenu au courant des progrès et de l'exploitation des données.



Le J-58 était un réacteur conçu pour fonctionner en continu à Mach 3, PC allumée durant tout le vol, ce qui donne des résultats très spectaculaires: on voit ici un J-58-P2 au banc, de nuit, avec la PC portée au rouge. On distingue très bien les ondes de choc dites "en diamant" dans le flux brûlant.

©Pratt & Whitney

En juillet 1962 s'achevaient avec succès les derniers tests avant-vol. Ce n'est qu'en janvier 1963, neuf mois après le premier vol du A-12 que le 60-6924 reçut le premier J-58 dans la nacelle droite afin que ce dernier effectue ses premiers essais en vol.

Dès le démarrage, le J-58 fit des siennes. À cause de la géométrie particulière des nacelles et de l'appétit démesuré du JT-11, le compresseur manquait d'air. Les modèles de souffleries ne prenaient pas bien en compte le flux d'air nécessaire aux propulseurs. Le réacteur se mit à aspirer ce qui lui manquait par l'arrière, par l'intermédiaire des conduits de dérivation. Au début, ce problème obligea Lockheed à démarrer le J-58 en maintenant certaines trappes d'accès ouvertes, en attendant de modifier les carénages en y ajoutant deux prises d'air additionnelles, en aval du compresseur, pour éliminer les ennuis de mise en route. Le premier A-12 vola ainsi plusieurs mois encore avec un J-75 et un J-58, jusqu'à ce que ce dernier ait fait ses preuves.



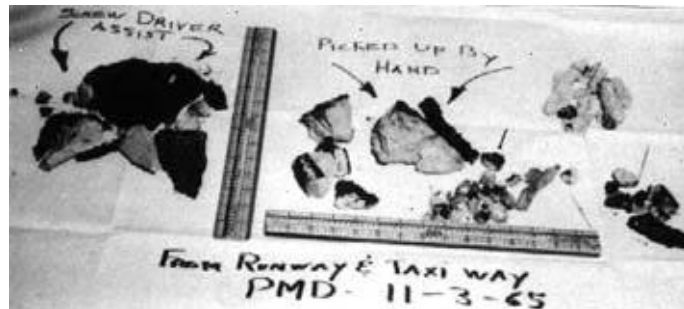
126 R/H Side
30-03-65

L'insigne métallique d'un J-58 presque intact, après absorption par son compresseur. Par la suite, la marque fut apposée directement contre le carter, par gravure.

© Lockheed

Mais les plus grandes difficultés apparurent lors des essais en vol. Le J-58 se révéla très sensible à l'ingestion de débris. À cause de sa grande puissance, son appétit en air démesuré et son système d'admission tortueux à travers la structure complexe de la nacelle, le moindre écrou, boulon ou fragment de métal oublié lors de l'usinage était aspiré à la mise en route, avec des conséquences dévastatrices. Le moindre gravier ou morceau d'asphalte présent sur la piste au roulage ou sur le taxiway provoquait des dégâts catastrophiques.

De nombreuses mésaventures ponctuèrent ainsi les premiers tests, allant de l'ingestion de gravillons et débris divers, jusqu'à l'insigne du constructeur qui dût être déplacé pour ne plus risquer d'être avalé. Un jour, un inspecteur dont la tâche était précisément d'éliminer de tels débris dans les entrées d'air, y oublia sa lampe de poche. Celle-ci fut avalée au démarrage par le compresseur. Le montant des réparations s'éleva à 250 000 \$. Une campagne intensive de lutte contre les corps étrangers de toute sorte fut alors entreprise à tous les stades de la fabrication et des opérations de mise en œuvre. Des tests furent pratiqués en secouant la nacelle lors de sa construction, des rideaux de protection furent disposés un peu partout, ainsi que des panneaux de mise en garde du personnel travaillant dans les ateliers, la piste et ses abords furent systématiquement balayés et inspectés par deux fois avant toute mise en route des moteurs... Le problème fut ainsi réduit à des proportions nettement plus raisonnables.



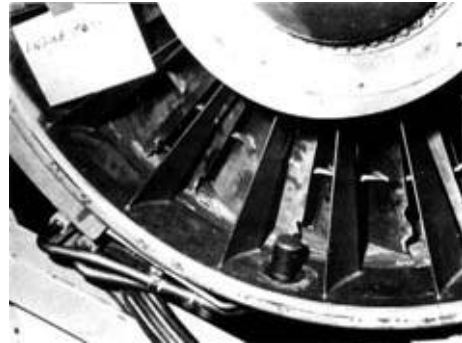
Quelques exemples de débris absorbés lors des essais au roulage par un J-58: éléments de tournevis, graviers, morceaux de bitume...

© Lockheed

Le système assez complexe des entrées d'air rendait très difficile l'alimentation régulière du compresseur. Il s'ensuivit de violentes extinctions, provoquant de nombreuses embardées de l'avion. Ce problème chronique des Blackbird ne put être à peu près résolu qu'avec le perfectionnement des ordinateurs qui permirent de compenser les moindres variations d'alimentation pour éviter les extinctions intempestives.

Cela obligea Lockheed à remplacer les systèmes pneumatiques de contrôle des entrées d'air par des systèmes électroniques plus efficaces, en dépit des difficultés dues à la chaleur et aux vibrations. Néanmoins, cet aspect resta l'un des points critiques du vol à basse altitude, qui rendait le maniement du SR-71 assez délicat.

Bien d'autres problèmes de mise au point intervinrent durant la phase des essais en vol. Kelly Johnson raconte que lors de l'un des premiers vols, à la suite d'une extinction, un A-12 dut se poser d'urgence, mais l'enveloppe du réacteur refroidissant plus vite que le corps lui-même, les aubes du compresseur vinrent toucher la paroi rétrécie. Cela provoqua "l'un des plus formidables feux d'artifice du monde", selon les propres termes de l'ingénieur en chef des Skunk Works. Pour éviter qu'un tel événement ne se reproduise, le pilote devait maintenir la puissance durant la phase de descente, afin d'empêcher un refroidissement trop rapide lors de la décélération. En cas d'urgence, le pilote devait couper carrément les gaz pour rejoindre rapidement une altitude de sécurité.

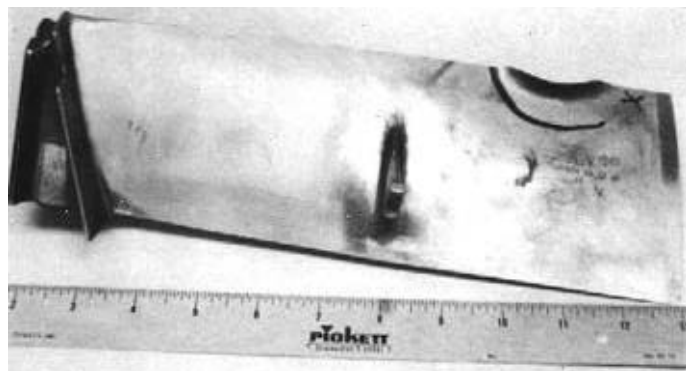


Entrée d'air d'un J-58 après le passage intempestif d'une lampe de poche oubliée par un inspecteur chargé de vérifier qu'aucun élément ne traînait... Montant des dégâts: 250 000 \$.

© Lockheed

Les hautes températures rencontrées lors des essais en vol obligèrent les ingénieurs à développer des instruments de mesures adéquats ou, à défaut, d'adapter ceux disponibles aux difficiles conditions d'environnement rencontrées par le J-58 en fonctionnement, et pour lesquelles ils n'étaient pas étudiés. C'est ainsi que des installations d'essais durent être réfrigérées par un système de refroidissement par eau, spécialement installé à cet effet, juste afin de pouvoir obtenir les données nécessaires à la phase de mise au point. Plusieurs millions de points de mesures furent ainsi relevés durant la phase d'essais, en particulier pour étudier le comportement de l'entrée d'air et de la tuyère.

Plus tard, un second J-58 prit place dans la nacelle gauche, remplaçant le J-75 restant. Si les premiers essais laissaient présager des difficultés et pouvaient faire craindre des performances inférieures à celles attendues, la suite apaisa petit à petit toutes les craintes, grâce aux efforts conjoints de Pratt & Whitney et de Lockheed. Le pilote d'essais Bill Parks, qui a procédé aux premiers essais à Mach 3 pour la société Lockheed, disait qu'il disposait d'une puissance propulsive de plus du double de celle des moteurs combinés du "Queen Mary".



Aube du premier étage de compresseur du même J-58 après l'impact de la lampe de poche.

© Lockheed

D'importantes usures et fissures du long arbre de transmission reliant le moteur à son boîtier de commande déporté posèrent également de nombreux problèmes, avec les torsions et la fatigue importante des paliers de maintien de l'arbre. Les ingénieurs motoristes durent se rendre à l'évidence qu'ils étaient dans l'incapacité de connaître avec précision la position relative du boîtier et du moteur durant les phases opérationnelles, la puissance de calcul

disponible à l'époque étant insuffisante. Des mesures furent donc réalisées en vol. Ils constatèrent avec étonnement un déplacement d'une bonne dizaine de centimètres (4 in) du boîtier mécanique par rapport au réacteur durant les phases de vol à grande vitesse. C'était bien plus que ne pouvait en supporter l'arbre de transmission. Il n'était donc pas étonnant de le trouver régulièrement tordu. Le problème fut résolu par l'adjonction d'un double joint sur un nouvel arbre reliant les deux éléments.

Le système de carburant, en avant des moteurs, donna lui aussi des signes de fatigue et de distorsion. Des mesures effectuées à l'aide d'un enregistreur rapide montrèrent que les niveaux de pression du carburant envoyé dans le réacteur dépassaient leurs limites. Cette surpression provenait d'un refoulement du système hydraulique du moteur.

Ce phénomène n'était pas apparu lors des tests de gavage ni durant les tests moteurs au sol car seules de petites quantités de liquide avaient été employées. Pour en venir à bout, Lockheed inventa une "éponge hautes températures", (immédiatement surnommée "football") qui fut installée dans un accumulateur en amont du réacteur. Les pointes de pression furent ainsi ramenées à des niveaux acceptables.

Les principales difficultés rencontrées en vol provinrent des phases transsoniques, où il est très difficile de corréler les tests en soufflerie et les essais en vol. Certaines manœuvres entraînèrent des dégradations importantes des alignements moteurs, comme si la moitié externe de la nacelle tournait autour du réacteur.

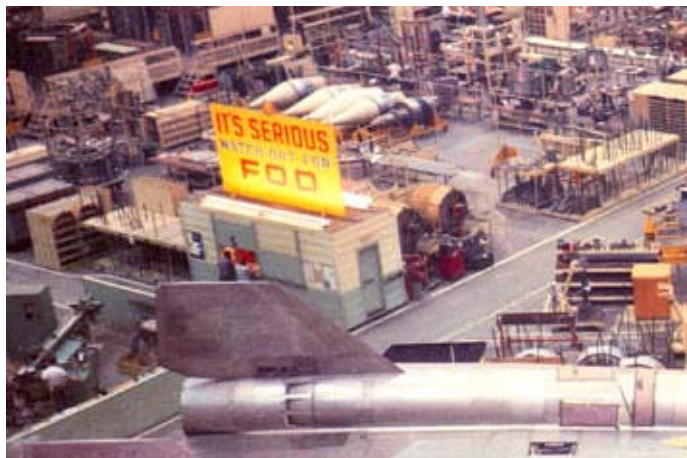


Ci-dessus : Cette superbe vue des ateliers de montage des SR-71 fait apparaître quelques unes des mesures de précaution mises en place à la suite des problèmes rencontrés par les puissants J58 lors des premiers essais.

© Lockheed

Ci-dessous : En particulier, Lockheed mit en place une vaste campagne de sensibilisation des personnels travaillant à la fabrication des SR-71, avec entre autres de grands panneaux rappelant de faire très attention aux "FOD": foreign objects damage (corps étrangers destructeurs).

© Lockheed

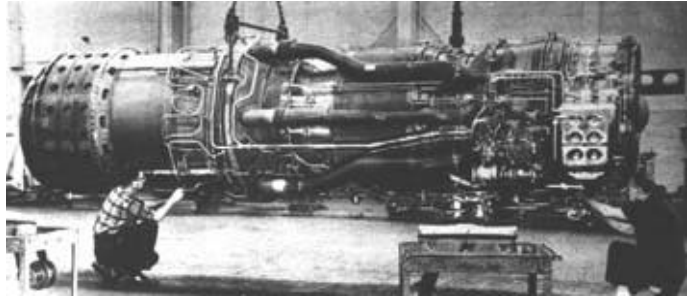


Le motoriste dut redessiner l'attache de l'arrière du propulseur. Les rails de fixation situés sur le dessus du réacteur, renforcés par une liaison de stabilisation entre le réacteur et la cellule, furent remplacés par des fixations tangentielles entre la partie inférieure de l'enveloppe moteur et la partie externe de la nacelle. Une distance bien définie était ainsi maintenue entre les deux, dans tous les cas.

La version finale du J58: le J58-P4, alias JT11-D20B, avec ses six conduits de dérivation caractéristiques.

© Pratt & Whitney

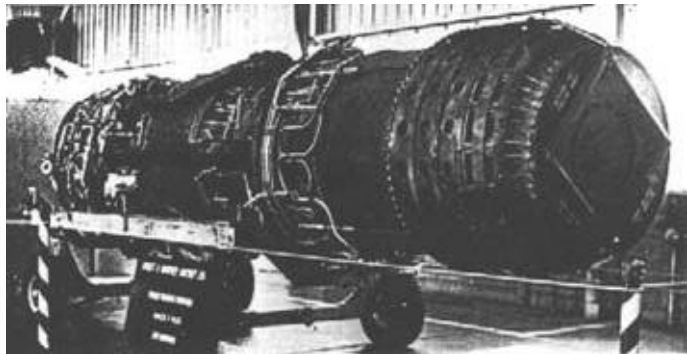
Curieusement, Pratt & Whitney était si obsédé par les hautes températures et la quasi impossibilité de refroidissement que ses ingénieurs en arrivèrent à négliger le fait que, dans certaines phases, le carburant était froid alors que l'environnement était chaud, et inversement. Lorsque cela se produisait, le système de contrôle d'alimentation en combustible se mettait à mal fonctionner. Pour corriger cela, il fallut réchauffer le contrôleur central à partir de l'environnement et modifier la réponse des servos.



© Aérostories 2002

Genèse : 1.4 : Perfectionnements

Les essais et la mise au point de l'ensemble de propulsion complexe du Blackbird se poursuivirent de nombreuses années après la mise en service opérationnel du SR-71, afin en particulier de supprimer les violents décrochages de l'entrée d'air, accompagnés de terribles bruits d'explosion, traduisant l'expulsion de l'onde de choc interne. Des campagnes d'essais furent menées au début des années 1970 par la NASA sur ses YF-12A et YF-12C. En particulier, la mise en œuvre de dispositifs d'augmentation artificielle de stabilité (SAS "stability augmentation system") et l'ajout de régulation numérique pour le contrôle des propulseurs (DAFICS), permit d'améliorer la fiabilité et de faciliter le contrôle de l'appareil. Selon la NASA, les analyses confirmèrent qu'un système intégré de commandes de vol et de régulation des moteurs influait fortement sur les caractéristiques de vol "très complexes" d'un avion de technologie avancée, volant à des vitesses supersoniques élevées. Les essais menés en 1978 ont montré qu'un réglage en vol des flux d'admission et d'échappement, accompagné d'une réduction des effets de prélèvement dans l'entrée d'air permettait aussi d'augmenter la distance franchissable et de réduire la traînée de l'appareil.



Ce n'est que grâce à des efforts herculéens de la part des ingénieurs de Lockheed que le fonctionnement des entrées d'air fut perfectionné à un degré de précision tel que les difficultés de désamorçage devinrent rares. De nombreux pilotes ont effectué tout leur entraînement sans jamais avoir éprouvé les frissons de ce phénomène surprenant.

Un réacteur J-58-P4 fut présenté à la presse à Edwards en septembre 1964, en même temps que le YF-12 dont deux photos seulement avait été révélées quelque mois plus tôt par le Président Johnson.
© *Aviation Week*

Très tôt au cours du développement, une sorte de pari fut fait entre Kelly Johnson et Bill Brown concernant celle des deux firmes qui mettrait au point le meilleur système d'éjection des gaz sur l'appareil. Il fut décidé que le perdant payerait les frais de soufflerie, que Brown estima à 12 000 \$. Pratt & Whitney l'emporta et, fidèle à sa parole, Kelly Johnson envoya un chèque du montant convenu. Saisissant l'occasion de faire une plaisanterie, Brown se procura un costume complet de marin, avec casquette et veste bleue, et se fit photographier devant le bateau de 12,50 m de Bill Gordon. Il fit parvenir la photographie à Johnson avec la mention "merci pour le chèque". Celle-ci resta affichée plusieurs années sur le mur de la salle de réunion chez Lockheed.

Genèse : 1.5 : Projets et dérivés

Un premier lot de 50 moteurs fut livré à Lockheed en 1963 pour équiper les A-12 et les YF-12. Une seconde commande d'une centaine d'exemplaires s'y ajouta en 1964 pour équiper les SR-71.

Pratt & Whitney avait de grands projets pour son super- réacteur JT-11. Peu d'entre eux virent le jour sous forme de prototype, et seuls les J-58 destinés aux Blackbirds débouchèrent sur une petite série.



Des adaptations de ce moteur furent proposées pour toutes les études de l'époque sur les programmes hypersoniques, très prisés dans les années 1950-60, tels que les SST, ou le Convair BJ-58. Ce quadriréacteur, connu aussi sous le nom de B-58C, se présentait comme un avion supersonique de transport volant à Mach 2,5 en croisière à plus de 21 300 m (70 000 ft), propulsé par quatre J-58 sans postcombustion de 10 400 kgp (23 000 lbt), dont deux disposés dans des nacelles en bout d'ailes. Un dérivé militaire de ce Convair modèle 58-9 fut aussi annoncé sous le nom de modèle 62. Il aurait dû être capable de transporter 52 passagers. Des variantes d'interception biréacteurs appelées B-58D (pour l'Air Defence Command) et B-58E (pour le Tactical Air Command) furent aussi proposées, équipées de deux J-58 dont la poussée aurait été portée à plus de 13 600 kg (30 000 lb). Il est vraisemblable aussi que le Pentagone favorisa la profusion des projets employant ce type de propulseurs afin de ne pas trop attirer l'attention sur le A-12.

Le projet de bombardier Convair B-58C devait être équipé de 4 réacteurs J-58 sans réchauffe.
© Convair



En variante civile, le Convair modèle 62 devait avoir les mêmes réacteurs.
© Convair

Il fut également envisagé plus tard de développer une version à double flux du J58, en y adaptant une soufflante de grande dimension.

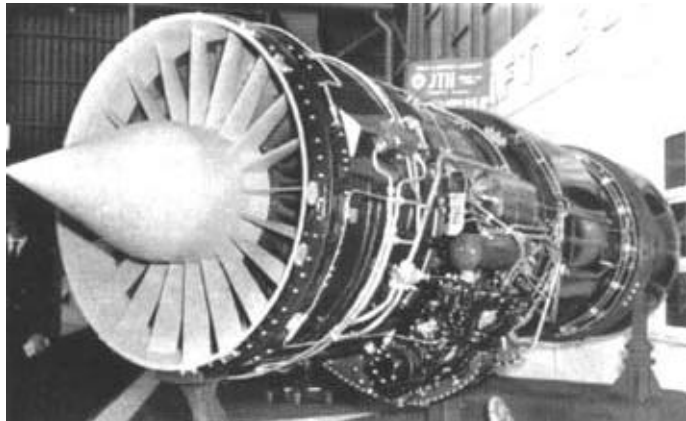
Pratt & Whitney proposa même une version "nucléaire" du J-58, avec un système à cycle indirect, alimenté par un réacteur à combustible solide, refroidi par un dispositif en double boucle. L'USAF avait l'intention d'en équiper un avion-missile capable de faire de la pénétration à basse altitude. Ce programme nommé "CAMAL" fut annulé en 1960, mais il fut demandé à Convair, qui travaillait aussi sur ce projet, de construire deux avions subsoniques NX-2 pour expérimenter ce mode de propulsion, en concurrence entre Pratt & Whitney et General Electric. Ces études devaient notamment permettre de comparer deux écoles: les réacteurs nucléaires à flux direct tels que les envisageait General Electric (système le plus simple

mais le plus polluant car de la matière radioactive devait être envoyée directement dans les chambres de combustion), ou le cycle indirect proposé par Pratt & Whitney, dans lequel devait intervenir du sodium liquide pour transférer les très hautes températures entre le réacteur nucléaire et les chambres de combustion du propulseur J-58. Le tout devait voler en 1965 sous la désignation WS-125A/L mais fut radié dès 1961, au profit du "Weapon System" (système d'arme) WS-110A qui donna naissance au North American XB-70 "Valkyrie". Certains réacteurs nucléaires de Pratt & Whitney furent repris un peu plus tard par la commission pour l'énergie atomique dans ses systèmes auxiliaires de puissance nucléaire (SNAP: "System for Nuclear Auxiliary Power"). Cependant, malgré quelques essais d'embarquement d'un réacteur nucléaire à bord d'un bombardier géant Convair B-36 spécialement modifié (alias X-6), jamais aucun propulseur atomique ne fut testé à bord d'un avion. Pas même le système General Electric, pourtant plus avancé que celui de Pratt & Whitney.



Cet étrange appareil expérimental, le Convair NX-2, devait être construit en deux exemplaires pour tester les réacteurs nucléaires de General Electric et de Pratt & Whitney. En effet, une variante atomique du J-58 fut sérieusement envisagée.
© Convair

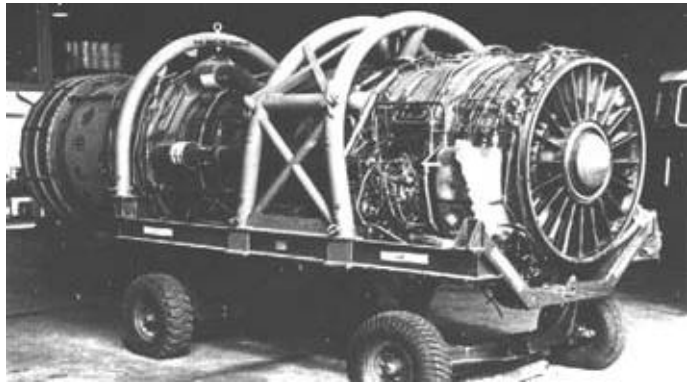
Il est intéressant également de signaler un autre projet dérivé du J-58: le SNECMA M35. En effet, en 1959, la société française SNECMA avait signé un accord de partenariat avec Pratt & Whitney qui lui offrait d'assez enviables perspectives. Aussi, lorsque la France décida, au début des années 1960 de se lancer à la conquête du transport supersonique, la SNECMA dut étudier un moyen de propulser le futur avion. Celle-ci négocia alors la possibilité de fabriquer sous licence le JT-11B3, version civile en cours de développement du J-58. C'est donc sous la désignation M-35 que ce réacteur monoflux de la classe des 10 tonnes de poussée fut présenté dans les dossier d'installation établis par les avionneurs français. L'accord franco-britannique de 1961 mit fin au projet par décision d'équiper le futur "Concorde" d'un turboréacteur d'origine britannique: l'Olympus. Cependant, on trouve parfois mention de ce réacteur M35 dans des projets d'avions trisoniques, assez en vogue en France à cette époque.



La SNECMA envisagea de construire le M35, qui correspondait au JT11B fabriqué sous licence, pour l'avion de transport supersonique alors en projet (futur Concorde). C'est sans doute pour cela que Pratt & Whitney présenta ce J58-P2 au salon du Bourget de 1963, alors que le "Black-bird", unique utilisateur de ce réacteur, était encore totalement inconnu. Son existence ne fut en effet révélée que le 29 février 1964.
© coll. Bodemer

Genèse : 1.6 : Notes sur les désignations

La dénomination militaire de ces réacteurs est J-58, mais le nom donné par le constructeur est JT-11. Les essais menés sur banc dès 1958 furent effectués sur des prototypes YJ-58. La version double flux étudiée dans les années 1960 pour les projets américains SST ("Super Sonic Transport") portait la désignation JT-11-F4. Une variante JT-11-B4 ayant une poussée accrue fut aussi envisagée à la même époque pour l'étude du vol à Mach 3. Il semblerait que la dénomination J-58-P4 corresponde au JT-11-D20B de série alors que le J-58-P2 est la version développée pour l'US Navy, sans conduit de dérivation, avec seulement quatre étages de compresseur haute pression (huit étages en tout) contre cinq pour le J-58-P4. La lettre "B" en fin de nom d'un réacteur Pratt & Whitney signifie qu'il est modifié pour le vol à haute altitude (par exemple les brûleurs adaptés au carburant JP-7).



Le système américain de désignation des moteurs est à peu près identique à celui des avions: une lettre indique le type du propulseur (par exemple R -"radial" - pour les moteurs en étoile), suivie d'un nombre le caractérisant. Dans le cas des réacteurs, leur nom commence par J (pour "jet engine"), par exemple le J-58, ou encore le J-75. Les réacteurs double flux, qui apparurent plus tard, sont désignés par la lettre F ("fan"), comme par exemple le Pratt & Whitney F-100 qui équipe les chasseurs F-15 et F-16. Le tout est suivi d'une ou deux lettres indiquant l'usine de fabrication, (GE pour General Electric, P pour Pratt & Whitney,...) et d'un numéro "de bloc" indiquant la série de fabrication. Par exemple le J-79-GE15 qui équipe le Mc Donnell F-4D Phantom II, ou le J-57-P55 qui équipe le Mc Donnell F-101 Voodoo alors que le Lockheed U-2 est équipé de J-57-P31. Le tout peut être précédé par une lettre supplémentaire dans des cas particuliers, par exemple X pour un appareil expérimental, ou Y pour un appareil de présérie, ou encore R ("ram") pour un statoréacteur.

Le chariot de manœuvre spécialement adapté au J58-P4 qui équipe les SR-71 "Blackbird".
© Pratt & Whitney