

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 82 (1956)
Heft: 16: Aviation, fascicule no 2

Artikel: Vers l'aérobuse à turbine: comparaison entre le moteur à pistons et la turbhélice
Autor: Darmsteter, Jean-Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62077>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 23.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

un jeu pour quelques nombres de Mach choisis à l'avance.

2. Déformables.

Ce sont des plaques d'acier de haute qualité à déformation continue sous l'action d'un mécanisme approprié. Elles permettent de faire varier le nombre de Mach d'une façon continue entre les deux valeurs minimum et maximum fixées par la construction. Ces constructions sont en général très compliquées, chères et brevetées.

Il est intéressant de constater pour terminer que la précision dans l'exécution de ces tuyères est encore à l'heure actuelle l'objet de bien des controverses. Les deux extrêmes y sont représentés : ceux qui travaillent au centième de millimètre les contours et les autres qui prétendent pouvoir se contenter d'une plaque à courbure continue dont le contour est assez différent de celui déterminé par la méthode indiquée plus haut.

Comme nous l'avons déjà dit, la considération des tangentes joue un rôle plus grand que celle des cotes absolues, peut-être aussi la couche limite vient-elle dans certaines installations réparer ce que la machine n'a pas pu faire.

D. Conclusion

Il resterait beaucoup à dire sur les systèmes de mesure, les phénomènes dus à la couche limite, l'écoulement sur les corps à vitesse supersonique. Il me semble plus indiqué en terminant de dire quelques mots de la *construction des modèles pour les souffleries supersoniques*.

Ils sont en général en métal léger, quelquefois en acier. Ils ne donnent satisfaction que si l'exécution en est très soignée. On cherche à limiter pour les surfaces portantes en tout cas les erreurs de fabrication en dessous du centième de millimètre (pour des modèles de 25-35 cm d'envergure).

Voici la suite des travaux élémentaires utiles à la construction et à la fabrication d'un modèle.

1. Dessin du projet.
2. Etude des profils des divers éléments et assemblages, calcul des cotes.
3. Dessin du modèle, choix du nombre de gabarits.

4. Dessin des gabarits sur papier spécial ne se déformant pas, avec un fort agrandissement (10 à 40 fois).
5. Photographie du gabarit sur métal et réduction à l'échelle 1 : 1.
6. Découpage à la lime du gabarit (précision environ $\frac{1}{100}$ mm).
7. Préparation et fraisage préliminaire des différents éléments (fuselage, aile, engrenage, etc.).
8. Ajustage à la lime du contour à l'aide des gabarits. Cette opération se poursuit jusqu'au moment où la qualité de surface voulue est atteinte.
9. Montage du modèle, traitement pour durcir les surfaces.

Cette énumération ne contient pas l'étude, la construction et la fabrication des gabarits auxiliaires de montage.

La maquette d'un avion de chasse moderne avec entrée d'air et écoulement interne exige souvent une centaine de gabarits, des milliers d'heures de travail à la machine à dessiner, à la fraiseuse et puis à la lime, et une patience infinie pour l'ajustage précis jusqu'au moment où la petite merveille est prête pour entrer en soufflerie.

Le coût d'un modèle de 30 cm d'envergure peut atteindre 20 000 fr. Le programme des mesures sera peut-être de 10 heures et puis la maquette ayant joué son rôle rentrera dans son écrin.

Cette dernière constatation pourrait nous faire penser que nous sommes arrivés à une conclusion à l'encontre de celle que nous nous proposons. Il peut sembler que la récolte n'est pas en proportion des moyens mis en œuvre. Il ne serait cependant pas sage d'oublier que la soufflerie est notre outil le plus souple, que grâce à elle nous épargnons à des pilotes les risques des essais. Elle nous permet de recréer les conditions de vol, de visualiser, de palper et de se faire une idée des phénomènes et de leur évolution.

Elle permet *de gagner du temps*, de diminuer, malgré son prix élevé, le coût des essais, d'en augmenter le rendement.

La soufflerie supersonique est donc une installation rentable non seulement pour les recherches aéronautiques, mais aussi pour toutes les machines ou parties de machines en contact avec des écoulements à grande vitesse (turbocompresseurs, statoréacteurs, projectiles, etc.)

VERS L'AÉROBUS A TURBINE

Comparaison entre le moteur à pistons et la turbhélice

par JEAN-PAUL DARMSTETER

Notre comparaison n'intéresse ici que l'avion de ligne, bi ou quadrimoteur. Laissant de côté l'avion à réaction pure (équipé de turbo-réacteurs), nous n'étudierons que l'aérobuse à hélice, que celle-ci soit entraînée par un moteur conventionnel ou par un turbo-propulseur, plus justement appelé turbhélice.

L'aéroplane moderne ne cesse de grandir. Son tonnage, ses dimensions, ses performances, sa puissance n'arrêtent pas de croître. Mais — comme l'a dit justement un ingénieur humoriste — l'avion augmente de tout sauf de moteur. Ce sont toujours deux ou quatre moteurs qui tirent (puisqu'il s'agit d'hélices) le plus

lourd que l'air. Ainsi la course à la puissance est-elle considérable. Selon une progression, depuis un quart de siècle, assez régulière (encore que nos chiffres soient approximatifs, indiquant la puissance unitaire¹ maximum des avions commerciaux) : 1930 : 500 ch ; 1935 : 1000 ch ; 1940 : 1500 ch ; 1945 : 2000 ch ; 1950 : 2500 ch ; 1955 : 3000/3500 ch ; 1960 : 4000/5000/6000 ch... Il apparaît que nous assistons à un redressement de la courbe, rendu possible par l'apport de certains perfectionnements (*système compound*) et, surtout, de la turbhélice, dont la puissance atteindra

¹ Par turbopropulseur, ou par moteur à pistons.

vraisemblablement 10 000 ch d'ici dix à quinze ans. C'est sans doute l'hélice elle-même qui fera plafonner la puissance de la turbhélice : comment l'absorber à une vitesse rentable ? (A moins que l'on finisse par mettre au point une hélice supersonique à rendement commercial.)

Signalons rapidement que, dans l'état actuel de la technique (et les commandes d'aérobuses à turbine l'attestent pleinement), le développement de l'aérobuse à réaction est beaucoup plus poussé, en tout cas pour les longs courriers. Car si les hautes vitesses sont plus coûteuses, elles permettent une plus grande rotation des machines, une utilisation plus rationnelle, un amortissement plus rapide. Et puis, il faut toujours tenir compte de la concurrence : les compagnies européennes ont dû consentir d'importants sacrifices afin d'assurer à leur clientèle, dès 1960, le même service transatlantique que les lignes américaines (*Transcontinental* et *DC-8*, Genève-New York en 6 h 30).

L'avion à hélice, limité par le rendement de son propulseur, finira peut-être par atteindre la vitesse de 700 km/h, dans une dizaine d'années. D'ici 1960, sa vitesse de croisière s'échelonne entre 500 et 650 km/h, à une altitude de 4000 à 8000 m.

Présentement, les moteurs à explosion les plus évolués développent environ 3500 ch grâce au système compound que l'on doit au constructeur américain Wright. Son *Turbo-compound* utilise l'énergie résiduelle des gaz d'échappement dans trois turbines recevant chacune les gaz de six des dix-huit cylindres, turbines transmettant par un réducteur de rapport 6,5 à 1 cette énergie à l'axe du vilebrequin.

Tous les moteurs à pistons, à l'exception de cette remarquable réalisation, plafonnent vers 3000 ch.

Les quadrimoteurs de 1500 ch de puissance unitaire atteignent dans les 30 tonnes, ceux de 2000/2500 ch dans les 40 à 50 tonnes. Pour aller au-delà, il faut le compound (*Super-Constellation*, *DC-7*) et, surtout, la turbhélice.

Au-delà de 70 tonnes, les éventuels aérobuses à hélice seront donc exclusivement à turbhélice — alors que les jetobuses dépasseront largement le cap des 100 tonnes.

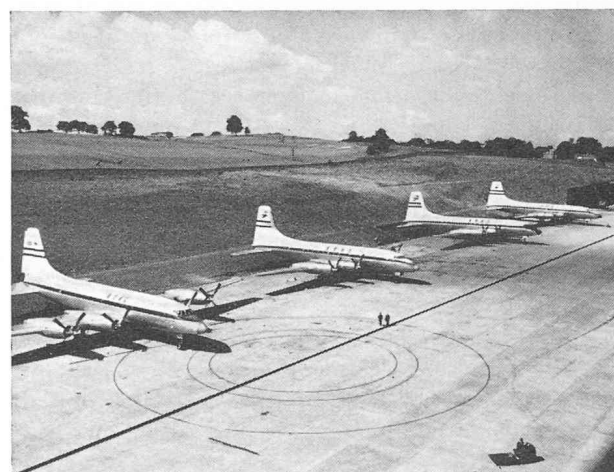
De toute façon (vu la puissance, que nous avons vue, des moteurs conventionnels), la comparaison piston-turbhélice se limitera aux tonnages de 15 à 60/70 tonnes, c'est-à-dire à des bimoteurs de 15 à 30 tonnes et à des quadrimoteurs, le monomoteur et le trimoteur ayant pratiquement disparu, du moins dans le domaine étudié ici : le transport des passagers par avions de ligne, emportant un minimum de 21 passagers. (Ce chiffre n'est pas un hasard, c'est celui du nombre de sièges, dans la version standard, du DC-3 — 7 rangées de 3, portées à 4, donc 28 places, dans la version touristique.)

Des considérations commerciales (concurrence, prestige, etc.) aussi bien que politiques (achats en dollars ou en livres sterling, échanges imposés par l'Etat, etc.) interviennent jusqu'à l'emporter parfois sur les critères purement techniques.

Que le moteur conventionnel tende à disparaître¹, rien ne l'illustre mieux que son abandon par le célèbre constructeur Rolls-Royce, lequel vient de livrer son dernier *Griffon*. Il convient de rappeler que le grand fabricant britannique produit en grande série le *Dart*, seule



Le *Brabazon*, tentative hardie entre toutes : quatre hélices coaxiales contrarotatives absorbent la puissance de quatre groupes de turbopropulseurs *Proteus jumelé* de 6400 ch par groupe (à l'arrêt, altitude 0 m, plus 715 kg de poussée), logés dans l'aile (soit **25.600 ch**) (\varnothing hélice = 4,88 m).

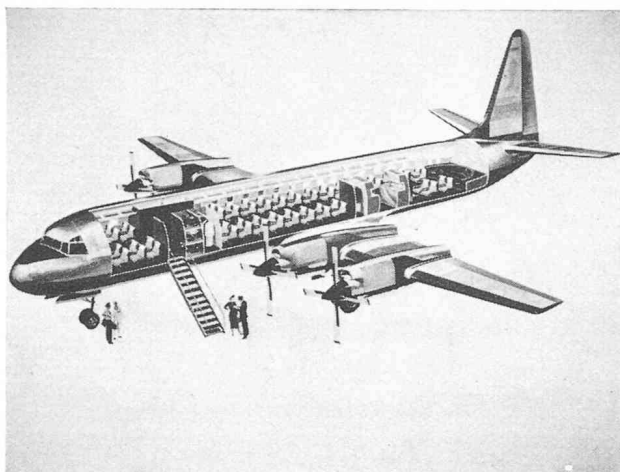


Quadriturbhélices *Britannia*, dont disposeront en 1957 les lignes intercontinentales britanniques (turbopropulseur *Proteus* de 3500 ch environ).

turbhélice de puissance moyenne (1400/1700 ch) actuellement sur le marché... et réellement au point commercialement. Le *Dart* explique en partie le succès prodigieux du quadriturbhélice *Viscount*, livré jusqu'aux États-Unis. Seule autre machine autorisée à être construite « autour » du *Dart*, le bimoteur Fokker *Friendship* s'apprête à une belle carrière qui, elle aussi, s'exercera aux États-Unis (où il sera construit sous licence). Le jour — prochain du reste — où les Américains construiront des turbhélices vraiment au point (commercialement, précisons-le à nouveau, car les exigences militaires sont tout autres), alors le *Viscount* aura de nombreux successeurs et le moteur à piston subira un choc dont il lui sera difficile de se remettre. Car les avantages de la turbine (même s'il lui est asservi un réducteur d'hélice) sont considérables.

D'abord le *poids*. Il est environ les deux tiers de celui des moteurs à pistons de puissance équivalente. Nous parlons des turbhélices, cette proportion tombant à la moitié pour les turbo-réacteurs.

¹ N'interviennent ici que les moteurs d'avions de ligne, donc d'une puissance égale ou supérieure à 1400 ch, la turbhélice la moins puissante, le « *Dart* », constituant l'étalon de comparaison le plus bas de notre étude.



Espoir américain, l'*Electra*, de Lockheed.

Le compresseur, centrifuge au début (tel celui du «*Goblin*» du *Vampire*), n'est presque plus qu'axial. D'où un maître-couple si réduit que la pénétration aérodynamique y gagne beaucoup. Ce grand allongement du moteur permet d'autant plus aisément une forme extérieure harmonieusement fuselée, carénée, que son absence de vibration (mouvement continu) autorise une structure allégée.

La consommation plus forte est compensée par la qualité du combustible, le kérozène, moins coûteux, dont le degré d'inflammabilité, beaucoup plus élevé que celui de l'essence, éloigne considérablement les risques d'incendie (dans le pétrole lampant, une cigarette allumée s'éteint).

La période, entre les révisions, est en train de passer de 500 à 1000 heures, s'appêtant à rejoindre celle des meilleurs moteurs à pistons, située à 1200 heures de fonctionnement.

Evidemment, les vitesses de rotation sont beaucoup plus élevées, de trois à six fois plus, certaines turbines atteignant 15 000 t/m (les plus petites, pour avions légers, dépassant même 30 000 t/m). Les rapports de pression, d'approximativement 6, sont deux fois plus élevés pour le moteur à pistons. Quant à la puissance de croisière, qui n'est que de 50 à 70 % de la puissance maximum dans les moteurs conventionnels, elle passe à plus de 80 % pour la turbhélice, ce qui donne une plus grande longévité apparente au moteur à piston (par ailleurs soumis à de plus durs efforts) et lui assure surtout une plus large marge de surpuissance au décollage.

Ce qui coûte cher, à la construction, à l'entretien aussi, c'est l'ailette du compresseur axial — il en faut souvent plus d'un millier — et ce sera là, pour longtemps encore, un problème délicat.

Tandis qu'il y a une gamme importante de turbhélices à l'étude (de 1700 à 6000 ch), les moteurs à piston conventionnels n'ont plus que la survie de l'ultime perfectionnement. Il n'en sortira plus de nouveaux, dans les puissances indiquées, et leur règne s'éteindra dans les cinq à dix années suivantes. Le système compound, en revanche, subira encore d'intéressantes évolutions. C'est ainsi que Napier, en Angleterre, expérimente le «*Nomad*», un douze cylindres en flat-six à refroidissement liquide. Ce moteur, au cycle diesel

à deux temps, possède une turbine alimentée par les gaz d'échappement, laquelle entraîne le vilebrequin (par un réducteur) et un compresseur de suralimentation. La consommation atteindrait le chiffre impressionnant de 145 gr/chh, avec — comme combustible — du gaz-oil, du kérosène, etc... soit un rendement thermique général de 43,6 %.

Comparer le moteur à pistons à la turbhélice est fort malaisé car la comparaison ne serait réellement valable qu'autour d'un même avion, or c'est impossible, ou alors faux. En effet, ou bien un aéroplane voit ses moteurs conventionnels remplacés par des turbhélices, et alors ces dernières offrent un rendement diminué puisque la cellule qui leur est imposée n'a pas été conçue pour eux, ou alors elles propulsent un ensemble cohérent (l'avion a été dessiné «*autour*» d'elles)... mais, dès lors, comment établir la comparaison ?

Dans les multiples considérations qui président aux choix, donc à la préférence, il faut tenir compte de celles du principal intéressé, le client, autrement dit le passager. Or ce dernier est formel : le confort est tellement amélioré que retrouver l'avion classique, c'est un peu comme monter dans un camion après avoir roulé dans une limousine américaine. Plus de bruit, plus de vibration !

Sans parler ici du *Comet*, je rappellerai simplement qu'il est possible, en *Viscount*, de laisser une pièce de cent sous, debout, sur la tranche, à quelque 500 kilomètres à l'heure (en *Comet*, l'expérience peut, pouvait durer quelques heures, à plus de 800 km/h), sur le plateau destiné à lire, à écrire, à manger... ou à boire sans rien renverser sinon par maladresse !

Précisons tout de même l'élément bruit. Au sol, les sons aigus de la turbine irritent, fatiguent. Il convient toutefois de faire remarquer, d'une part que le quadrimoteur, en bout de piste déjà, coupe deux de ses turbines (le bimoteur, en revanche, ne peut manœuvrer avec une seule hélice), et n'arrive au parking — où il les stoppe aussitôt — qu'avec un minimum de bruit ; d'autre part que la turbine n'ayant pas à «*chauffer*», sa mise en marche ne s'effectue qu'au dernier moment. Pas de «*point fixe*», pour elle, avant l'envol. A l'intérieur de la cabine, il n'y a qu'un très léger sifflement. La turbhélice n'ayant qu'une poussée très faible

(environ le dixième, en kilogrammes, de la puissance en ch), le jet proprement dit provoque moins de bruit que l'hélice.

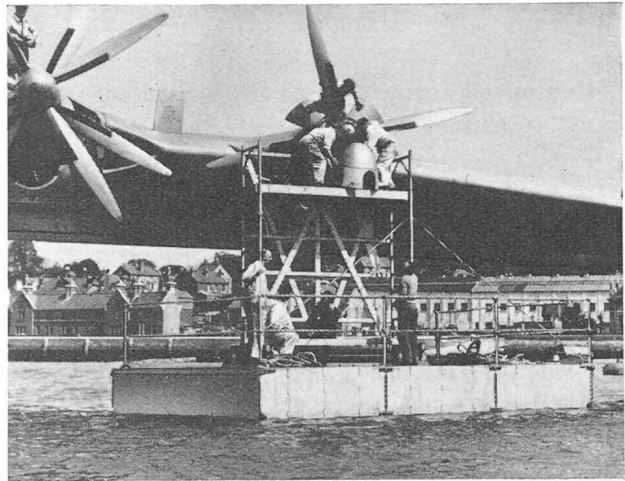
On sait que la Consolidated Vultee Aircraft propose le 440 en remplacement de son *Convair 340*, solution suivie en particulier par la Swissair. Ce cas est intéressant, qui présente sans doute l'ultime production en grande série d'un moyen-courrier conventionnel. Le succès du 440 a deux raisons principales, d'une part les délais de livraisons, deux fois plus rapides que ceux des machines équivalentes à turbhélice (les diverses versions du « *Viscount* »), d'autre part la simplification, pour un exploitant, d'utiliser un matériel connu (entretien, pilotage), surtout quand plusieurs compagnies échangent leurs services. Ainsi, en Europe, le *Convair* est largement employé, de même que le *DC-6*; or le 440 disposera des mêmes moteurs que ce dernier (avantage évident pour la Swissair). Enfin le prix d'une machine évoluée, déjà amortie en partie par le constructeur, est forcément plus bas que celui d'un appareil exigeant, par ailleurs, des moteurs plus coûteux, du moins pour l'instant. L'armée, elle, a déjà presque exclusivement recours à la turbine. Si c'est un avantage pour le fabricant de moteurs, bénéficiant de la sorte d'une expérience incomparable, la priorité militaire (urgence des livraisons) se fait parfois au détriment de la production civile.

Un exemple significatif est celui de la compagnie irlandaise Aer Lingus, modernisant sa flotte autour du « *Dart* ». En effet, elle disposera, à côté de ses « *Viscount* », de *Friendship*, livrables dès 1959. Nous croyons qu'Air Lingus est la seule compagnie aérienne n'exploitant que des turbhélices (et toutes du même type, ce qui paraît une heureuse rationalisation).

L'aérobuse à turbhélice s'imposera dans la mesure où la cellule aura été créée en fonction de son propulseur. Le succès du bimoteur hollandais *Friendship* est significatif. Que penser, en revanche, d'avions modifiés, tels le *Dakota-Mamba* ou le *Convair-Eland*? De telles réalisations constituent une expérience intéressante pour des compagnies pouvant ainsi, avec un minimum de frais, étudier le comportement commercial (c'est-à-dire la rentabilité) de la turbine. Et l'équipage, du même coup, s'initie à son utilisation. Mais on constate alors que certains avantages propres à la turbine disparaissent. Par exemple le faible maître-couple, dont on ne tire point parti, utilisant les mêmes appuis du bâti moteur, afin de ne pas modifier la nacelle arrière. En revanche, bienfait technique, le poids inférieur de la turbine n'entraîne pas une modification du centrage, son centre de gravité étant porté plus avant.

Tous les avions modernes exigent des cabines étanches, pressurisées. Le problème est toutefois encore plus rigoureux pour les avions à turbine, leur altitude de croisière se situant entre 6000 et 10 000 m (pour la turbhélice) et 8 à 12 000 m (pour le turbo-réacteur), contre seulement 3000 à 6000 m pour les moteurs à pistons. Les nouveaux procédés de collage des métaux permettent une construction à la fois légère et extrêmement résistante.

En conclusion, c'est sur plusieurs plans que s'établit la comparaison « piston-turbhélice ».



L'hydravion *Princess*, sur lequel dix *Proteus* entraînent six hélices! En effet, même disposition que sur le *Brazon*, plus deux groupes turbo à l'extérieur, actionnant chacun une hélice.

Pour le constructeur de l'avion, il s'agit de disposer d'un moteur déterminé... or, le plus souvent (*Electra* aux U.S.A., *Vanguard* en Grande-Bretagne) la turbhélice ne fera ses essais en vol que sur un prototype; pour le constructeur du moteur, il s'agit d'être assuré d'une commande d'un minimum d'exemplaires (et l'armée de l'air ne s'intéresse pas toujours aux besoins civils); pour l'exploitant, ce terrible dilemme se pose plus que jamais: ou ne rien risquer... et proposer des avions aux performances déclassées, ou jouer la carte de l'avenir et... nous osons à peine évoquer le dramatique souvenir du *Comet*, cas extrême, ayant du moins le mérite d'avoir rappelé aux constructeurs et aux navigants les limites de la course au progrès. La leçon a été entendue. Et sachons nous souvenir de ce que doivent au *Comet* les aérobuses qui s'appêtent à lui succéder.

Au stade actuel du progrès technique, de la conjoncture économique (le trafic aérien ne cesse de croître), de l'évolution du goût des passagers (ceux qui ont bénéficié de la turbine ne veulent plus autre chose), tout permet d'assurer que, progressivement, la turbhélice l'emportera sur le moteur à pistons.

Sur le plan technique, la principale difficulté de sa mise au point réside dans l'absorption, par le réducteur, des puissances élevées.

Le problème de demain, c'est de savoir si la vitesse tuera l'hélice. La soif en carburant du turbo-réacteur donne une grande chance à la turbhélice. Mais peut-être le réacteur atomique, dans vingt à trente ans, mettra-t-il tout le monde d'accord. Encore que son avènement ne signifierait pas nécessairement la fin de l'hélice, sans laquelle l'aviation ne serait pas née, au début de ce siècle seulement, ne l'oublions pas.