

PROPULSION DES AERONEFS

La **propulsion**, sur un aéronef, est obtenue en créant une force, appelée **poussée**, qui résulte de l'accélération d'une masse d'air par une hélice (entraînée par un moteur) ou par un turboréacteur.

Au début du XXI^e siècle, l'ensemble **moteur à piston entraînant une hélice** reste utilisé sur la quasi-totalité des avions légers (ULM, avions et hélicoptères légers). Il a été supplanté par le **turbomoteur** pour les hélicoptères lourds ou rapides. Le **turboréacteur**, apparu après la Seconde Guerre mondiale, a donné naissance à des dérivés : **turbopropulseur** et **turbofan**, utilisés sur tous les avions lourds ou rapides, civils et militaires.

FORCE DE POUSSEE

- Force de poussée fournie par un système statique
Dans le cas d'un planeur, la gravité est le moteur. L'aile, qui transforme une grande partie de la vitesse verticale de chute en vitesse horizontale, est le propulseur.
- Force de poussée fournie par un système mécanique embarqué
Pour déplacer un aéronef de masse M à la vitesse V , on peut aussi créer une force F (traction ou poussée) qui augmente la vitesse d'une masse d'air d'une valeur dV , dV étant la différence entre la vitesse de l'air à l'entrée et à la sortie.

$$F = \frac{d(MV)}{dt}$$

La poussée (N) d'un turboréacteur peut être calculée approximativement à partir de l'équation :

$$F_{\text{poussée}} = \dot{m} \times (V_{\text{sortie}} - V_{\text{entrée}})$$

avec :

\dot{m} = Débit massique de l'air passant dans le moteur, le débit du carburant étant négligeable (kg/s)

V_{sortie} = Vitesse de sortie des gaz de la tuyère (m/s)

$V_{\text{entrée}}$ = Vitesse d'entrée des gaz dans le compresseur (m/s)

$\dot{m} \times V_{\text{sortie}}$ représente la poussée de la tuyère, tandis que $\dot{m} \times V_{\text{entrée}}$ correspond à la force de trainée de l'entrée d'air.

Ainsi pour que le turboréacteur crée une poussée vers l'avant, il faut naturellement que la vitesse des gaz d'échappement soit supérieure à celle de l'aéronef.

PROPULSEURS

Il existe deux sortes de dispositifs permettant d'accélérer une masse d'air :

- en accélérant faiblement une veine d'air de grande section : l'hélice
- en accélérant fortement une veine d'air de faible section : le statoréacteur.

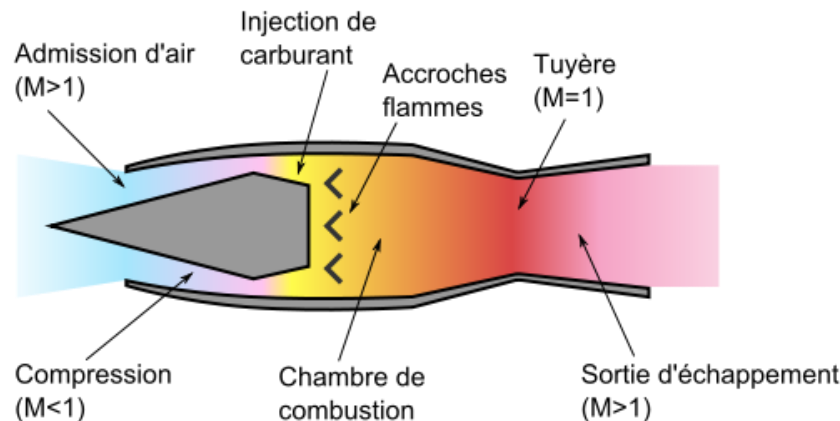
Les hélices carénées, les turbopropulseurs et les turboréacteurs sont des dispositifs intermédiaires entre l'hélice « pure » et le statoréacteur « pur ».

La post-combustion peut être considérée comme l'association d'un turboréacteur et d'un statoréacteur.

Le moteur fusé peut être considéré comme un statoréacteur qui procède en contenu son mélange comburant + carburant.

STATOREACTEUR

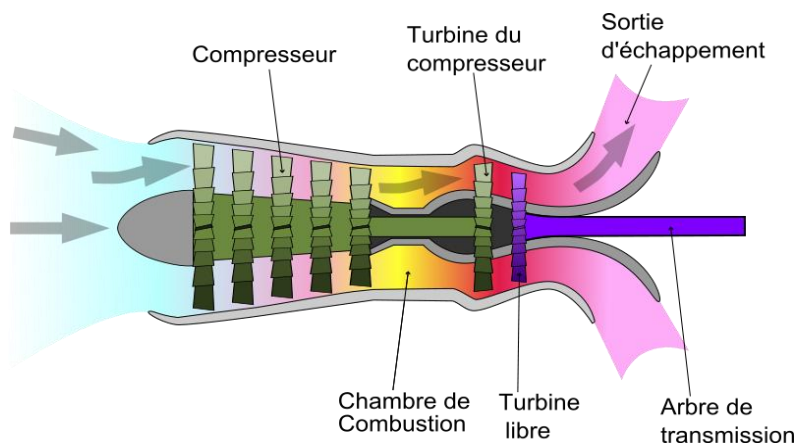
Le statoréacteur est un réacteur dont la compression est assurée uniquement par la forme de la manche d'entrée. Sa conception est très simple puisqu'il n'utilise pas d'élément tournant. Il ne peut fonctionner que si sa vitesse est élevée et ne peut donc pas servir pour un avion décollant de manière autonome.



TURBOMOTEUR :

Sur un turbomoteur, la quasi-totalité de l'énergie produite par la combustion est récupérée par les turbines. En effet, une poussée résiduelle en sortie de tuyère serait préjudiciable au maintien du vol stationnaire. L'évacuation des gaz est donc effectuée au travers de deux tuyères de directions opposées, afin d'annuler leurs effets.

L'énergie récupérée par les turbines sert à entraîner le compresseur et, par l'intermédiaire d'un réducteur, le rotor d'hélicoptère. Ce dernier est équivalent à une hélice dont le plan de rotation serait horizontal.



TURBOREACTEURS (GENERALITES)

On a l'habitude de distinguer deux types de propulseurs pour un avion : Les moteurs à propulsion indirecte où la production de la force de propulsion est réalisée par un organe intermédiaire : l'hélice, le moteur fournissant une puissance. On trouve dans cette catégorie : les turbopropulseurs et moteurs à pistons (la puissance est exprimée en Watts ou kilowatts parfois en chevaux).

Les moteurs à propulsion directe : Ce sont des propulseurs délivrant directement une force. Tous les turboréacteurs sont rassemblés dans cette catégorie (la force est exprimée en Newton ou déca-Newton). Les turboréacteurs peuvent être Simple flux ou Double flux.

Le turboréacteur, générateur de puissance

A bord d'un avion, civil ou militaire, le turboréacteur n'est pas seulement un organe propulsif. Il fournit aussi toute l'énergie disponible à bord sous forme électrique, hydraulique et pneumatique et alimente le système de pressurisation et de conditionnement d'air. Le groupe moteur est ainsi souvent appelé « générateur de puissance ».

APU(auxiliary power unit)

Les turboréacteurs nécessitent un moteur auxiliaire pour être démarrés : un APU (auxiliary power unit); c'est un "mini" turboréacteur, généralement situé dans la queue de l'appareil qui fournit l'air comprimé pour démarrer les turboréacteurs, incapable de démarrer d'eux-mêmes. (L'APU étant démarré par une batterie électrique.)

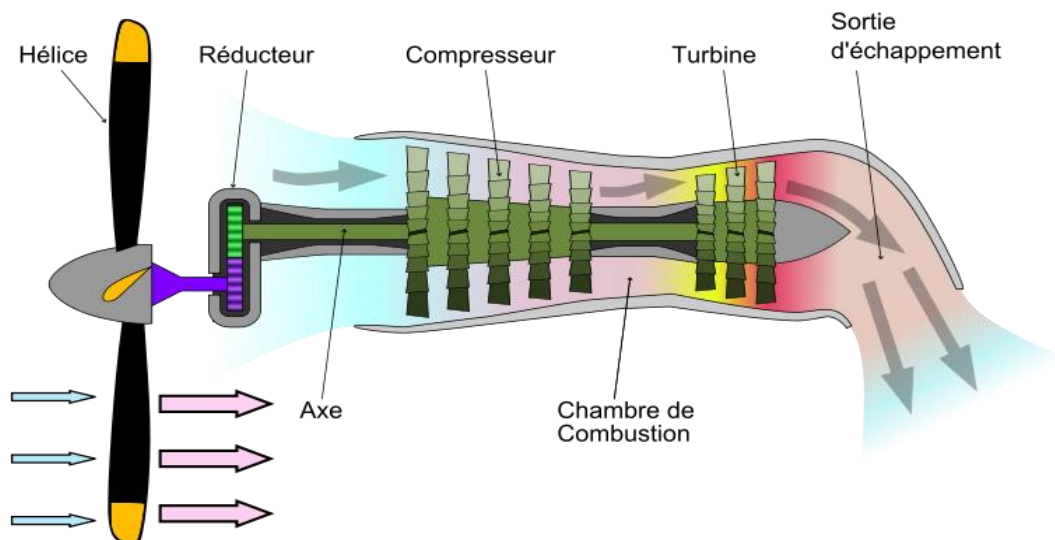
Domaine d'utilisation

- Les turboréacteurs sont utilisés sur tous les avions civils moyen et gros porteurs, car ils sont les seuls à pouvoir atteindre des vitesses transsoniques (entre mach 0,8 et mach1) de manière économique.
- Les turbopropulseurs équipent en général des avions moins rapides (autour de 500Km/h) et de plus faible capacité (moins de 80 passagers).
- Seuls les petits avions de tourisme et, les ULM sont encore équipés de moteurs à explosion à pistons.
- Dans l'aviation militaire, l'utilisation du turboréacteur s'est généralisée, elle a permis d'atteindre et de dépasser le mur du son.

TURBOPROPULSEUR :

Le turbopropulseur est un réacteur dont la turbine entraîne une hélice. Le turbopropulseur est généralement double-corps, c'est-à-dire qu'il dispose de deux turbines en sortie qui font tourner deux arbres concentriques. La première turbine est reliée au compresseur, la seconde à l'hélice. Le turbopropulseur a été difficile à mettre au point car il associe les difficultés du réacteur et de l'hélice. Son rendement est supérieur à celui du turboréacteur, mais son utilisation est limitée par la baisse de rendement de l'hélice au delà de Mach 0.7 et au delà de 8000 mètres d'altitude.

Le rendement de propulsion peut dépasser 80% à Mach 0,4. Le rendement de l'hélice décroissant rapidement avec l'altitude, le domaine d'exploitation des turbopropulseurs couvre les avions peu rapides tels que les avions de transport régionaux, les missions militaires telles que la patrouille maritime et les avions cargos militaires devant utiliser des pistes courtes.

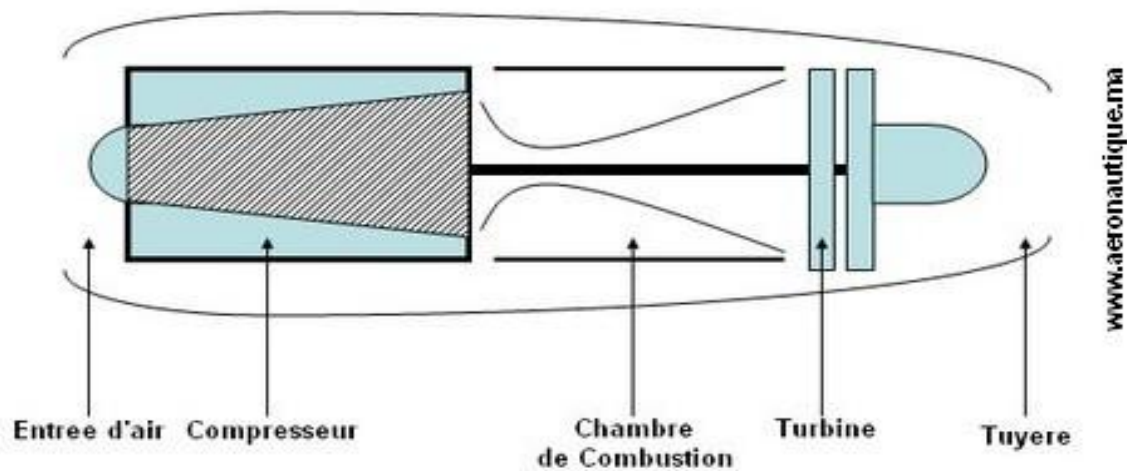


Turboréacteurs simple flux, sec, mono corps:

Un Turbo est dit simple flux si un seul flux le traverse d'amont en aval.

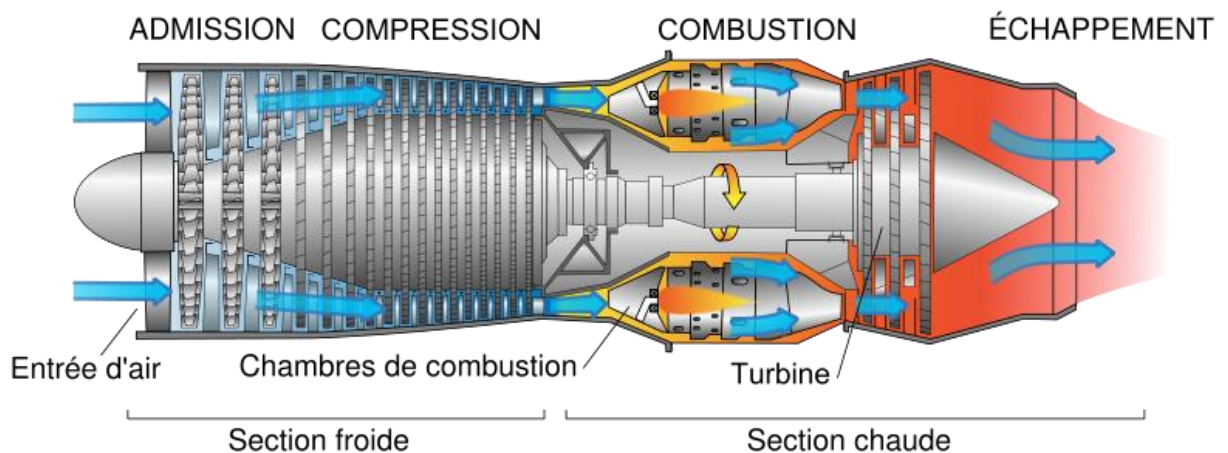
Un Turbo est sec s'il n'est pas équipé de la post-combustion.

Un Turbo est mono-corps si son compresseur est unique par opposition au double ou triple corps où l'ensemble compresseur est séparé en deux ou trois mobiles.



Principe de fonctionnement d'un turboréacteur

Un turboréacteur fonctionne sur le principe d'action-réaction. La variation de vitesse de l'air entre l'entrée et la sortie du réacteur crée une quantité de mouvement (dénommée poussée) vers l'arrière du moteur qui, par réaction, « d'où le terme de moteur à réaction » engendre le déplacement du moteur, donc du véhicule sur lequel il est fixé, vers l'avant

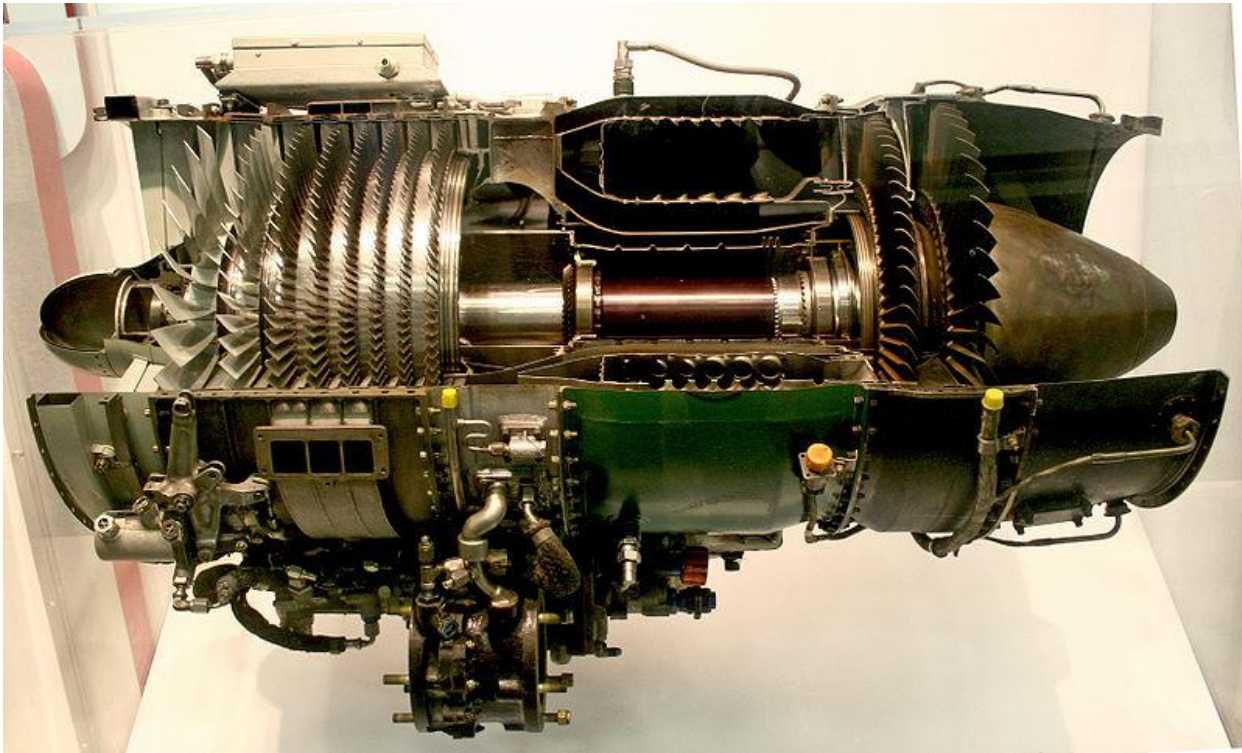


Coupe d'un Turboréacteur Simple flux J85

Le **General Electric J85** est un turboréacteur compact et léger qui a obtenu un succès notable : mis en service en 1960, il a été construit depuis à plus de 15000 exemplaires et est toujours en service 40 ans plus tard.

Le **J85** est un réacteur simple corps de taille réduite et d'un excellent rapport Poids/puissance : la version de base pèse en effet moins de 300 kg tout équipée.

Le **J85** peut recevoir une postcombustion pour augmenter sa puissance (jusqu'à 22 kN) et a été dérivé en une version civile, le **CJ610**.

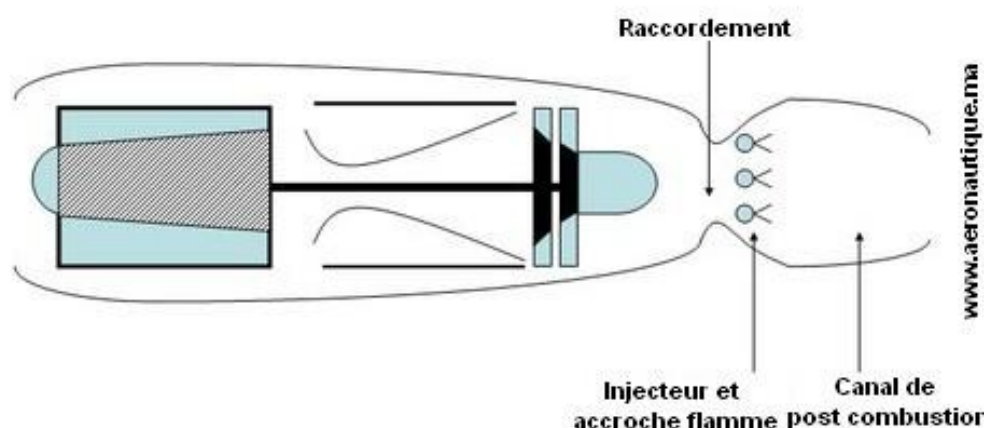


Turboréacteur simple flux, monocorps, avec PC:

Cette conception est utilisée surtout sur les moteurs militaires, elle permet d'obtenir des poussées élevées.

La postcombustion, parfois dénommée réchauffe, est un système utilisé par les avions militaires supersoniques (Nombre de Mach supérieur à l'unité) pour augmenter momentanément la poussée fournie par le turboréacteur. Cette technique consiste à injecter du kérosène dans les gaz d'échappement du réacteur. Sous l'effet de la chaleur, le kérosène s'enflamme, ce qui a pour conséquence une augmentation soudaine de la poussée.

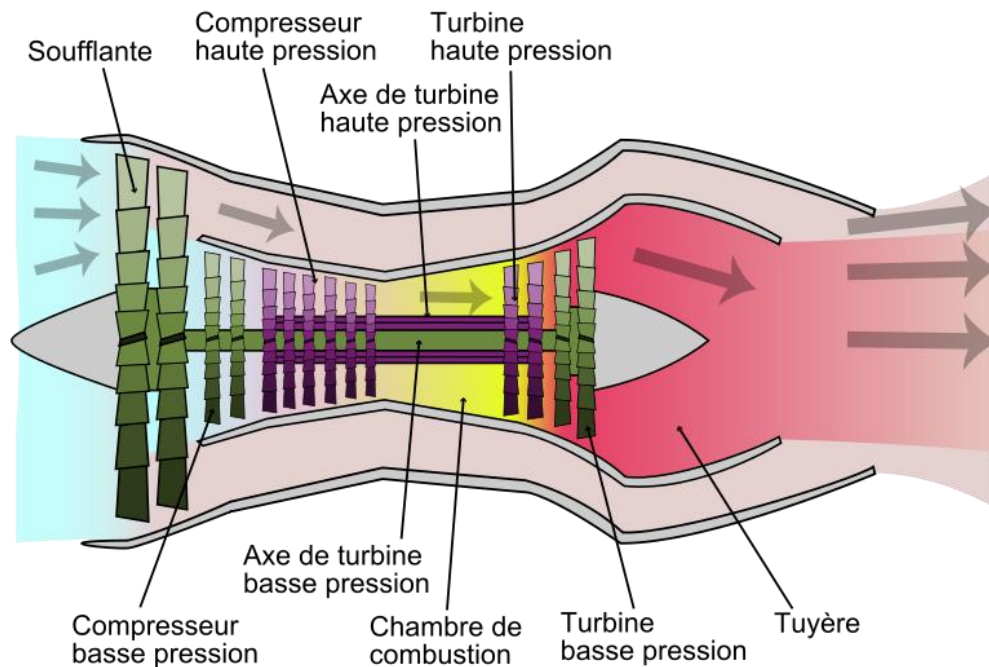
Cet apport de puissance supplémentaire est particulièrement utile lors d'un décollage sur une piste courte, à l'image des porte-avions, ou pour se sortir d'une situation étreinte lors d'une mission militaire. Ce système est principalement utilisé sur les avions de combat rapides.



Turboréacteur double flux, double corps, sec:

Ce type de moteur (appelé aussi couramment *turbofan*) associe un turboréacteur « pur » à travers lequel circule le flux primaire, flux chaud, et une roue à aubes (*Soufflante*) qui entraîne le flux concentrique secondaire, flux froid. Le rapport entre flux chaud et flux froid est appelé *taux de dilution*. Les premiers turboréacteurs à double flux

avaient un taux de dilution de 1,5:1 ; on dépasse maintenant 15:1. Dans un turbofan à haut taux de dilution, à pleine puissance - c'est-à-dire au décollage, la soufflante produit environ 80 % de la poussée.

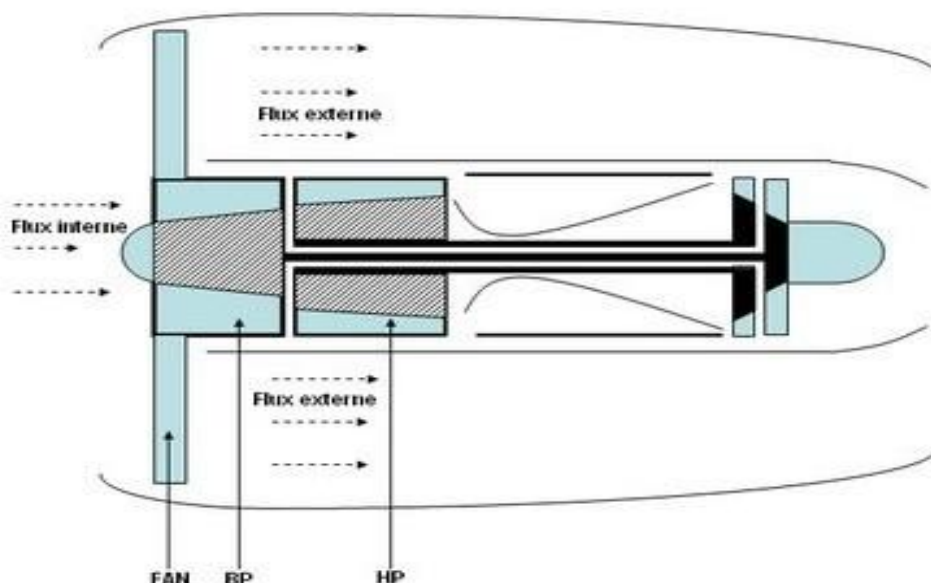


Le rendement de propulsion maximum de 70 % est obtenu vers Mach 0,8. Il est proportionnel au taux de dilution. Lorsqu'un avion vole à Mach 0,8, l'air ne circule pas à la même vitesse sur l'ensemble de la structure et des phénomènes transsoniques peuvent se produire. Les vitesses de l'ordre de Mach 0,8 - 0,9 sont donc devenues la *norme* pour la quasi-totalité des avions de transport civil

- Soufflante avant:

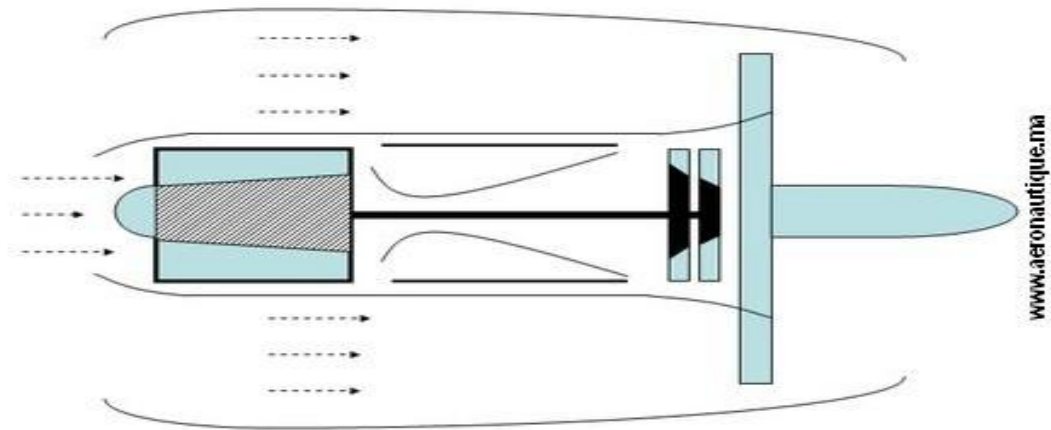
Le fan ou soufflante fait partie intégrale du compresseur basse pression et est entraîné par les turbines basse pression. Exemple : CF6-50 General Electric

Equipant les avions AIRBUS, Dc10 et certains B747. Ce moteur développe une poussée de l'ordre de 23 tonnes force (225600 Newton) au régime de décollage en condition standard.



www.aeronautique.ma

- Soufflante arrière:



FABRICATION D'UN TURBOREACTEUR

la fabrication et l'exploitation d'un turboréacteur nécessitent des connaissances techniques parmi les plus pointues de notre époque telles que la **mécanique des fluides**, la **thermodynamique**, la **science des matériaux**, l'**automatique** ou encore l'acoustique.

Cette figure représente un turbofan CF6 80



