

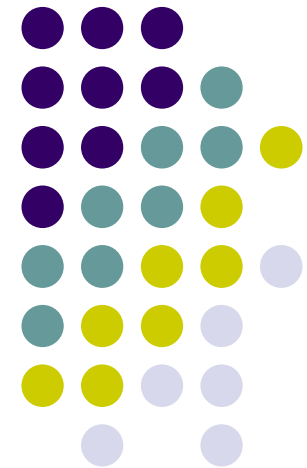
Le vol des « plus lourds que l'air »

L'homme volant

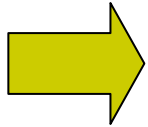
Société, Culture et Techniques

Lycée Roosevelt de Reims

5. La motorisation par turboréacteur



La poussée

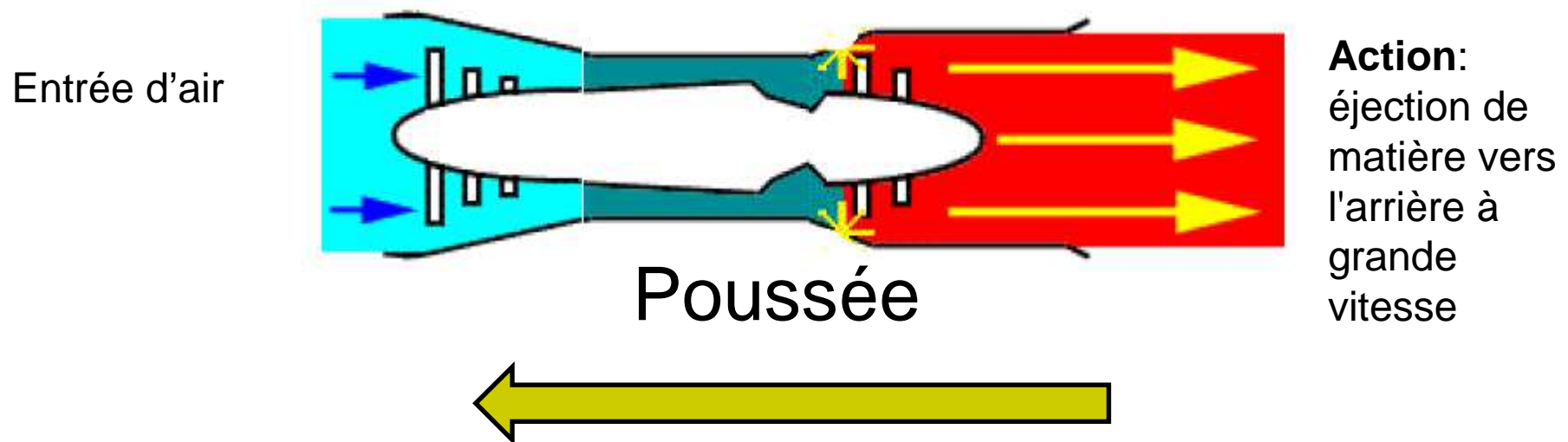


Réacteur d'avion



La propulsion à réaction est basée sur le principe d'**action-réaction** formulé par la 3^{ème} loi de Newton:

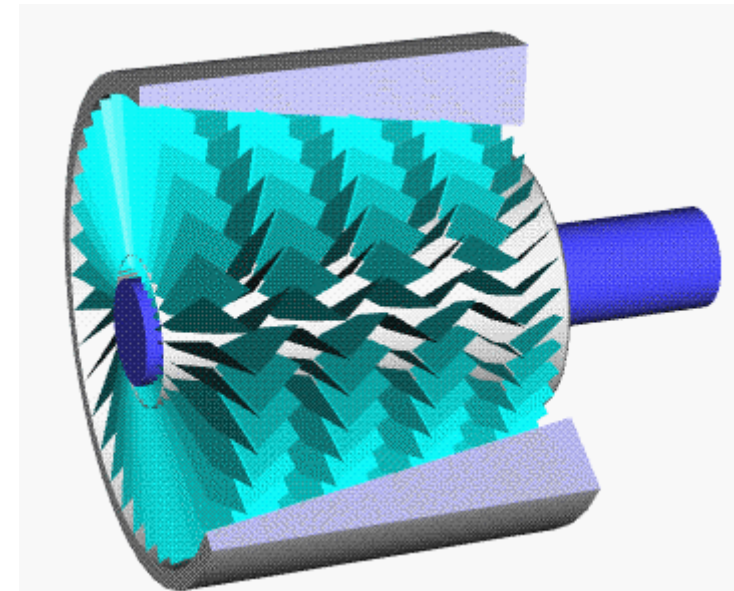
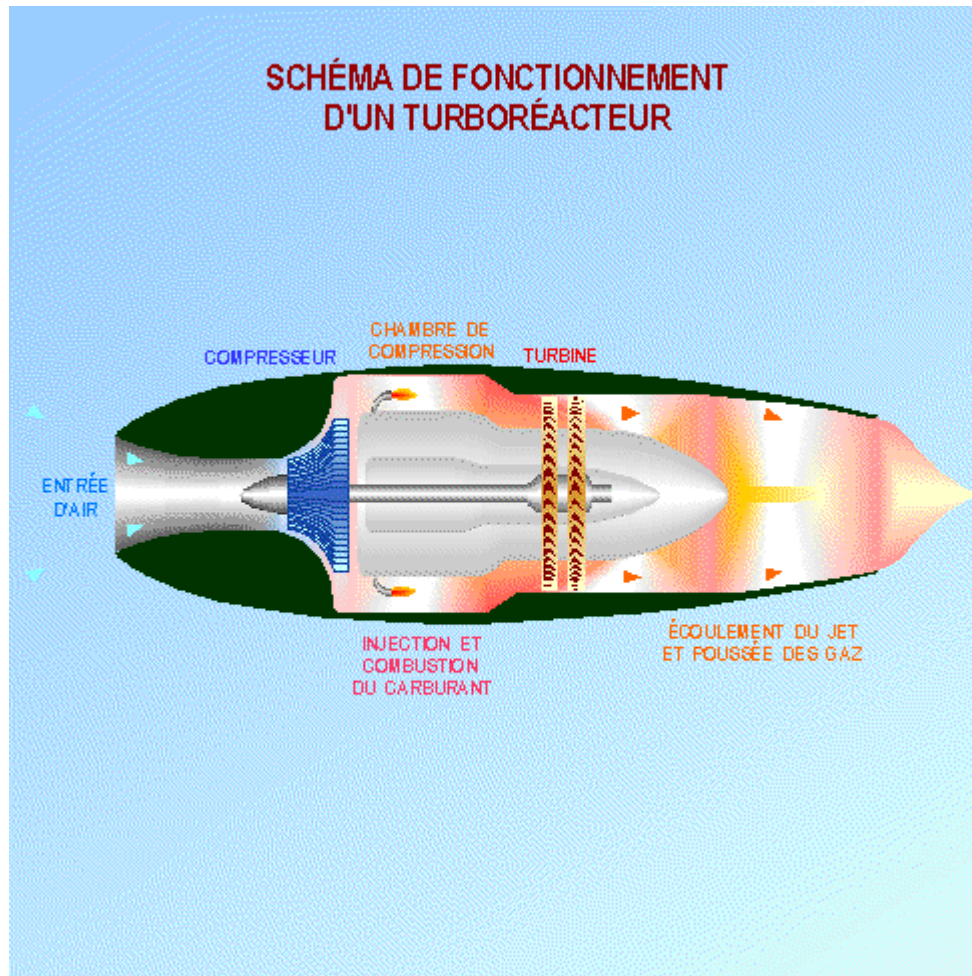
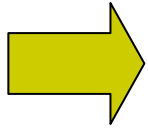
« Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B »



Réaction du système global (avion + matière éjectée + air accéléré) :
Conservation de la « Quantité de Mouvement » globale > poussée

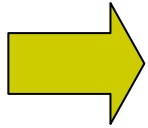
La poussée

Réacteur d'avion

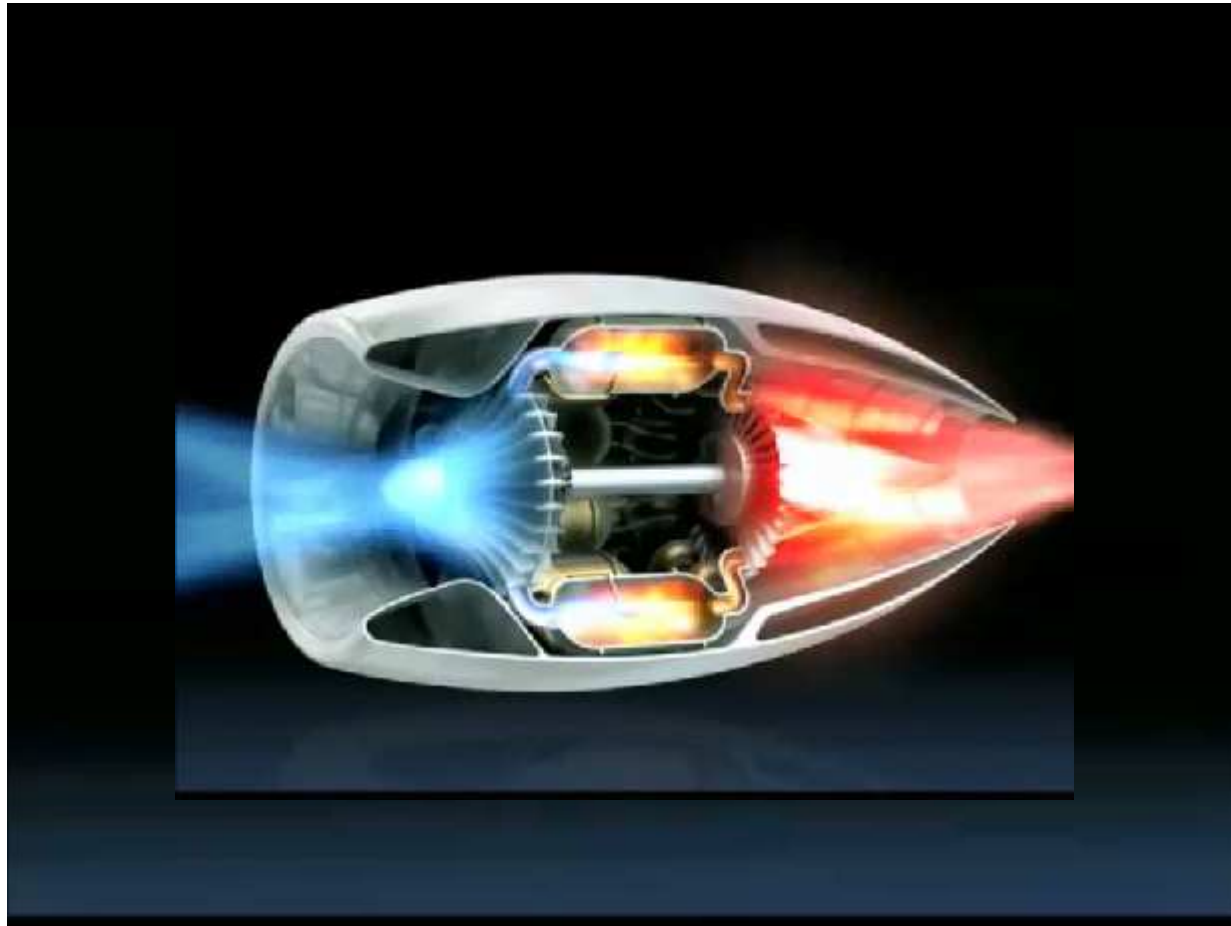


Compresseur « axial »

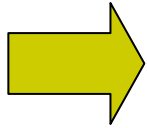
La poussée



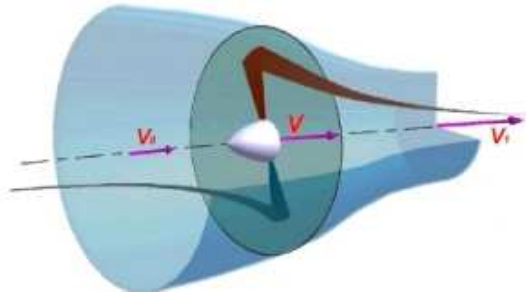
Réacteur d'avion



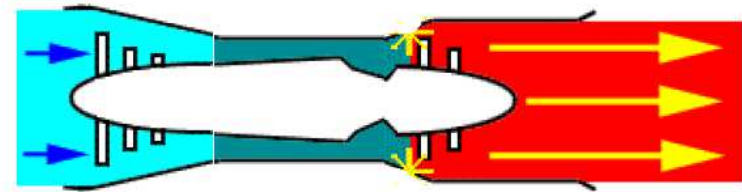
La poussée



Intérêt du turboréacteur

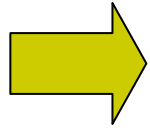
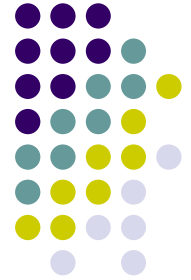


- Les moteurs à pistons sont uniquement destinés à l'entraînement d'hélices qui limitent les possibilités en vitesse.
- Pour les pâles des hélices, le couple vitesse diamètre est limité (contrainte mécanique aux bouts des pâles – rendement et bruit à proximité de la vitesse du son).
- Le réacteur permet une accélération des gaz en sortie bien plus importante, les vitesses au-delà de 900km/h sont possibles.
- Pour les fortes puissances, le rapport Poids/Puissance est très favorable au turboréacteur.



La poussée

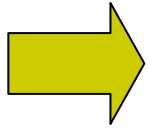
Les premiers...



- Le premier à mettre au point ce type de moteur est l'Anglais **Sir Franck WHITTLE** dans les années **1930**.
- Le premier avion motorisé par des réacteurs, produit en série, est le Messerschmitt ME-262. Cet avion allemand entra en service à la **fin de la seconde guerre mondiale**.



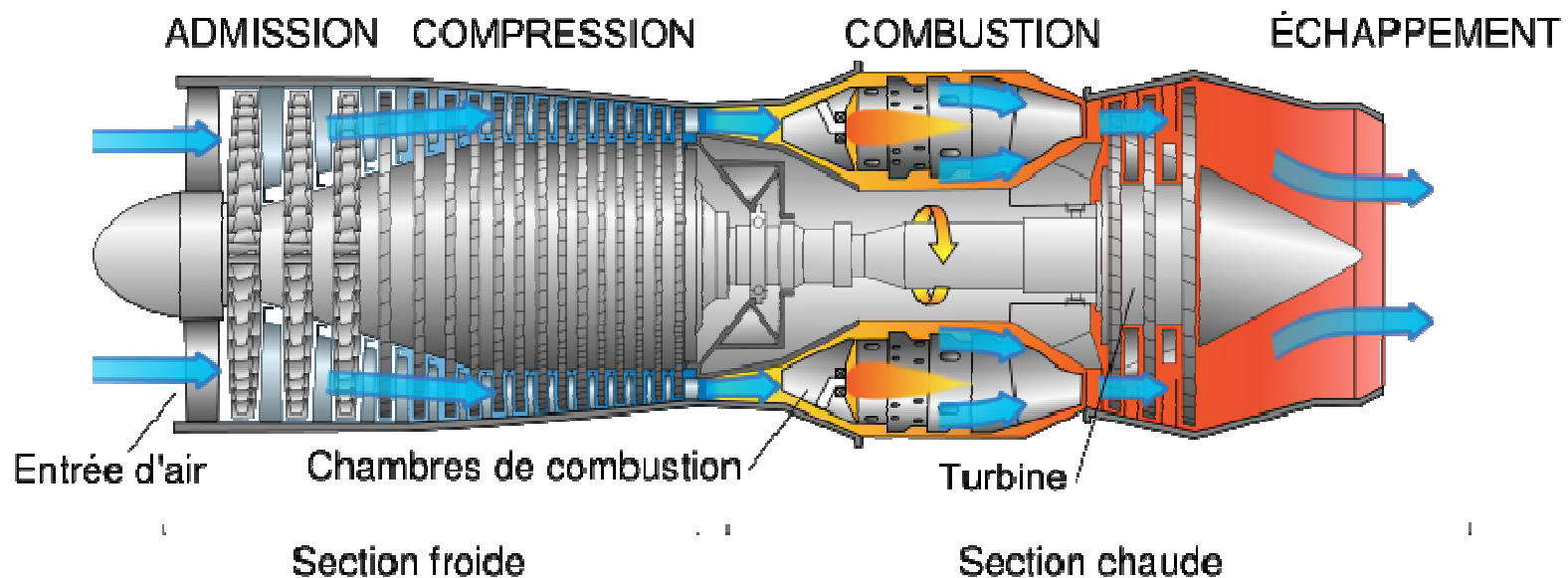
La poussée



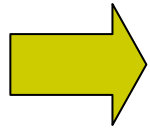
Fonctionnement du turboréacteur



- De l'air pénètre dans le moteur
- Il est pré-comprimé
- Il est mélangé avec du Kérosène
- Par combustion du mélange, la température augmente
- La projection des gaz provoque la poussée et entraîne la turbine de motorisation du compresseur.



La poussée



Fonctionnement du turboréacteur (suite)



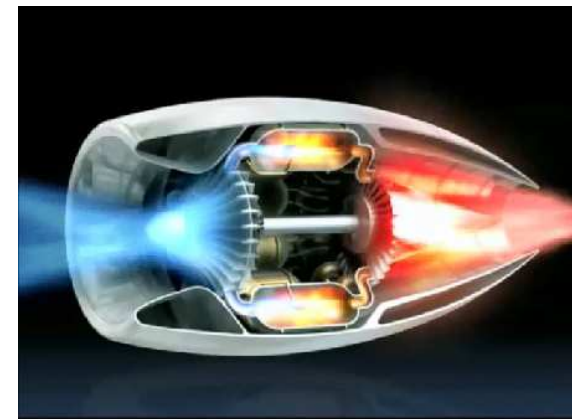
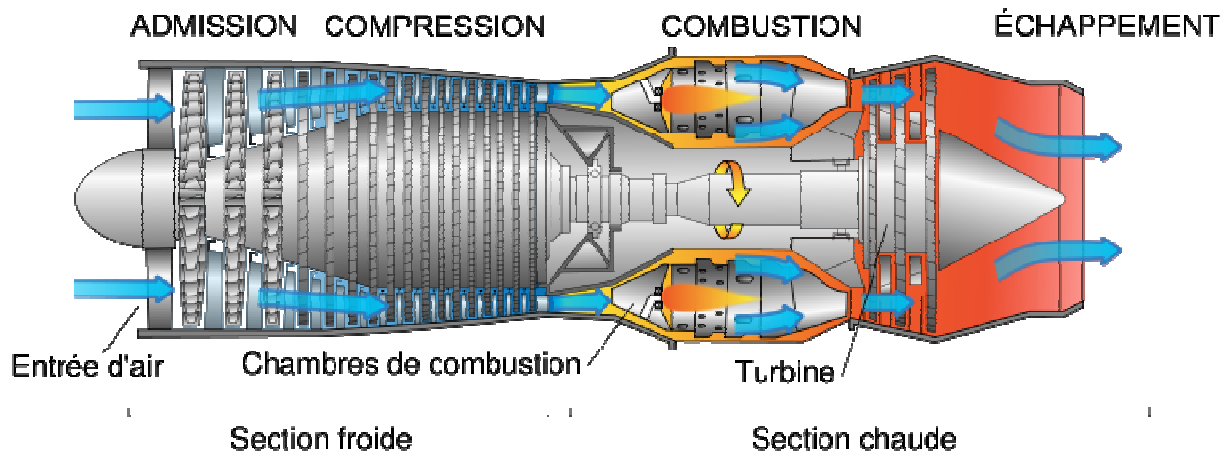
- Toujours quatre temps, ...mais dans un flux continu...

Admission

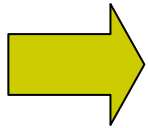
Compression

Combustion

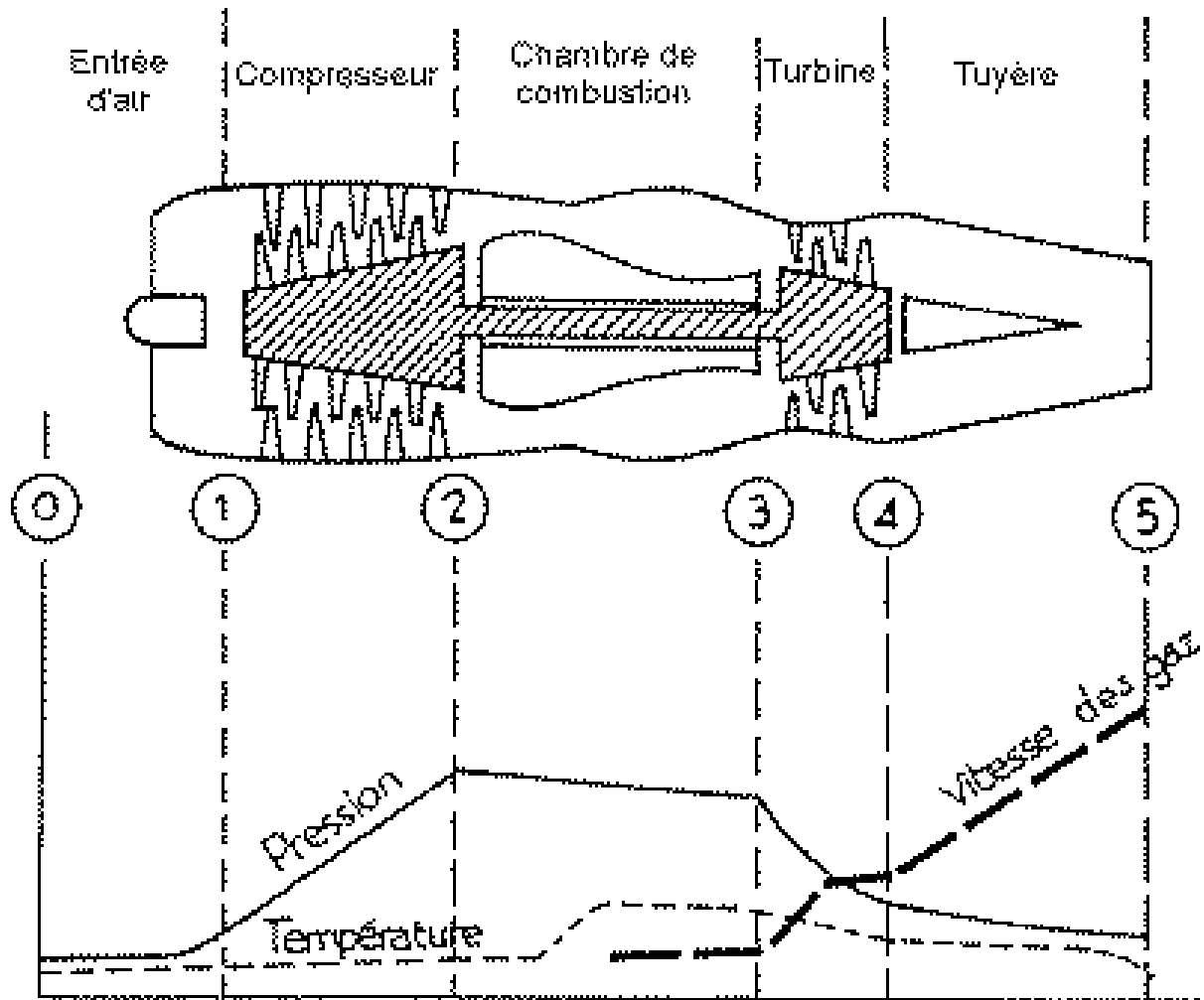
Détente & Echappement



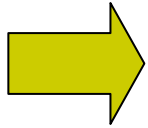
La poussée



Etude thermodynamique



La poussée



Etude thermodynamique et énergétique: le cycle de Brayton

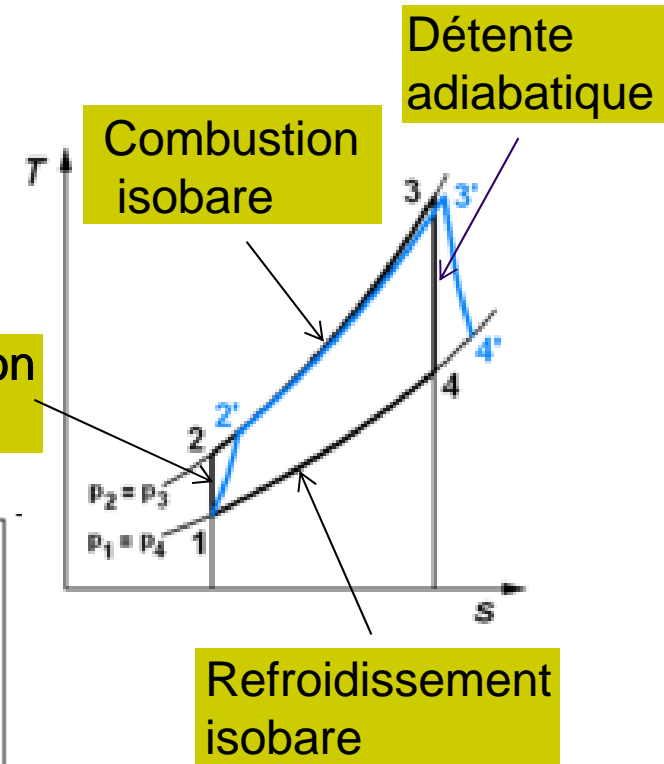
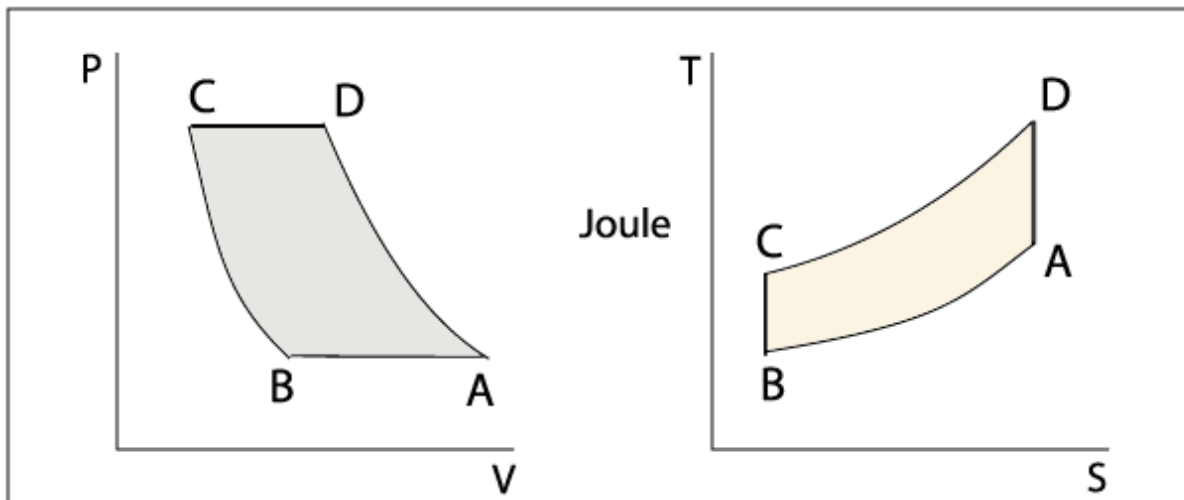
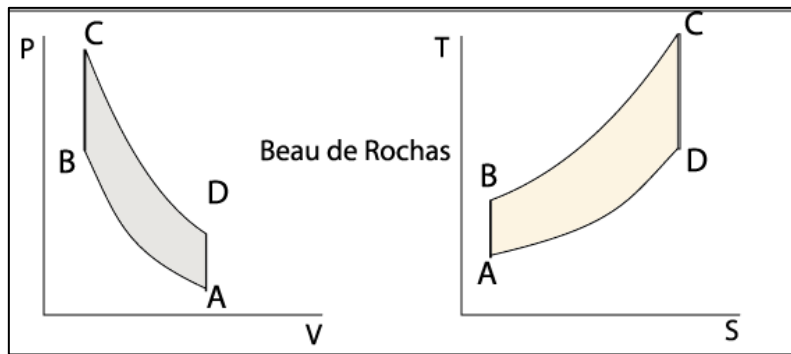
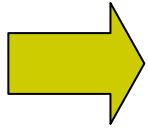


Diagramme
Température (°K) / Entropie (J/°K)
Cycle de Brayton
théorique (noir) et réel (bleu)

La poussée



Calcul de la poussée



La poussée (N) d'un turboréacteur peut être calculée approximativement à partir de l'équation : $F_{poussée} = \dot{m} \times (V_{sortie} - V_{entrée})$

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);

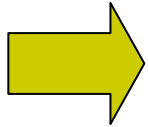
$V_{entrée}$ = Vitesse d'entrée des gaz dans le compresseur (m/s).

$\dot{m} \times V_{sortie}$ représente la poussée de la tuyère;

$\dot{m} \times V_{entrée}$ correspond à la force de trainée de l'entrée d'air.

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.

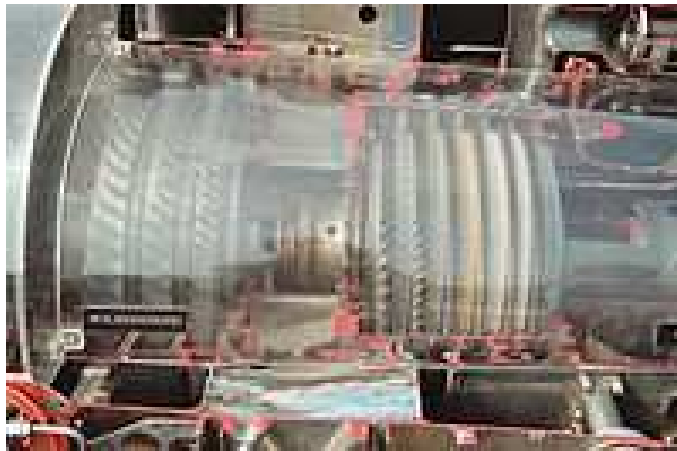
La poussée



Le turboréacteur double corps



- Pour accroître l'efficacité du turboréacteur, le compresseur est désormais divisé en deux parties successives : une à basse pression et une à haute pression, mues par deux turbines successives. La vitesse de rotation des deux corps étant différente, ces moteurs nécessitent deux arbres concentriques.



Compresseur double corps:
Turbo-Union d'un Tornado

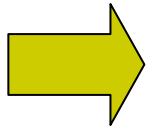


Photo avion de chasse intercepteur Américain F106

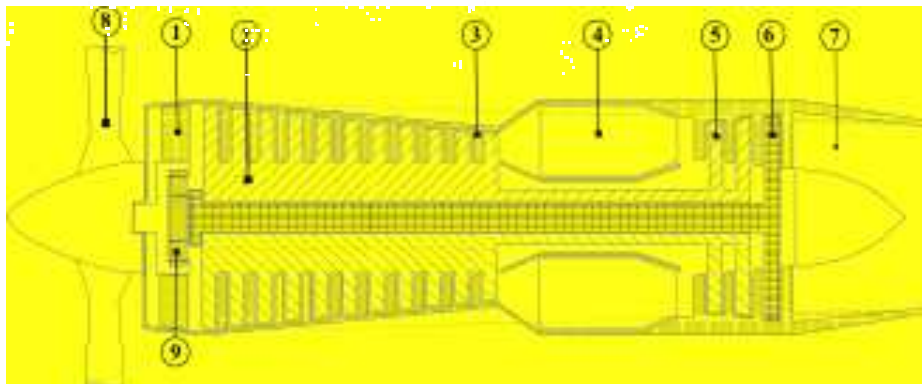
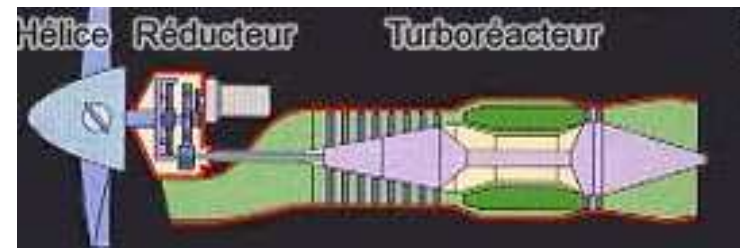
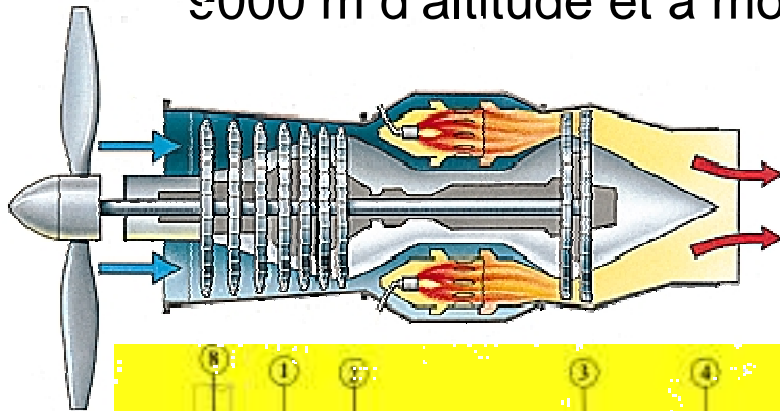
Le rendement optimal de ce moteur (env. 75%) est obtenu pour des vitesses supérieures à Mach 1,5. Il équipe les avions militaires intercepteurs

La poussée

Le turbopropulseur

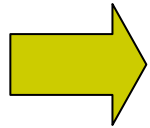


- Le turbopropulseur est un réacteur dont **la turbine entraîne une hélice**. Plus exactement, une turbine entraîne le compresseur et une autre turbine entraîne l'hélice.
- Ce type de propulsion est adaptée pour les avions volant à moins de 9000 m d'altitude et à moins de 900 km/h

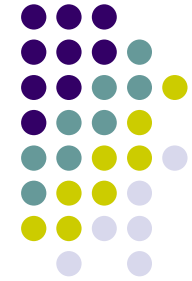


- 1 : ailettes fixes (aubes) d'entrée d'air
- 2 : rotor du compresseur
- 3 : stator du compresseur
- 4 : chambre de combustion
- 5 : turbine HP, entraîne le rotor du compresseur
- 6 : turbine BP, entraîne l'hélice
- 7 : tuyère d'éjection
- 8 : hélice
- 9 : réducteur de vitesse (engrenage planétaire)

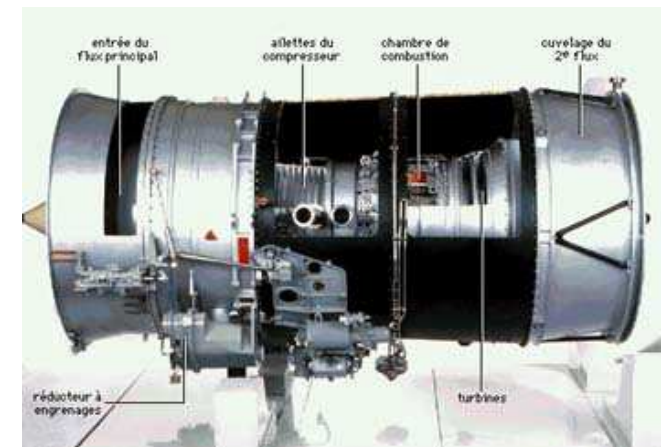
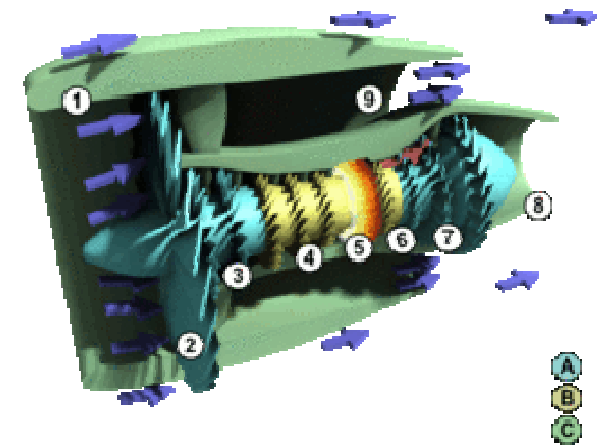
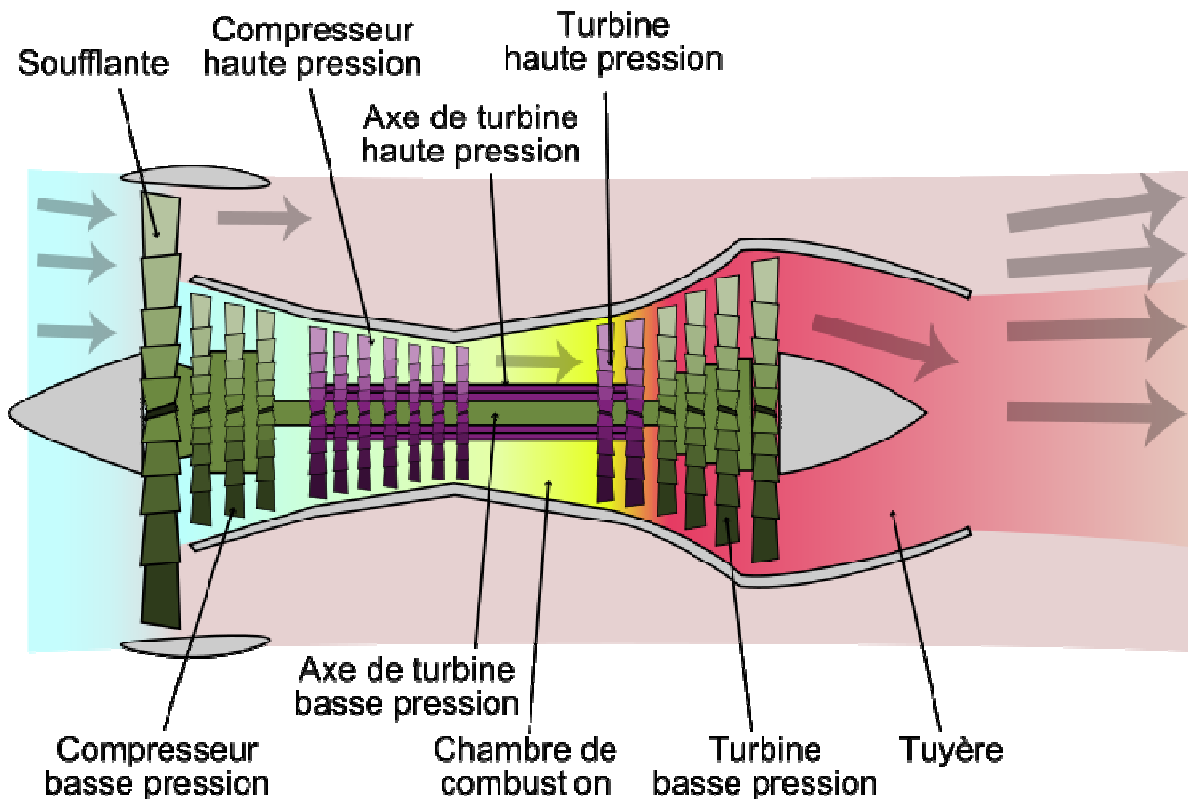
La poussée



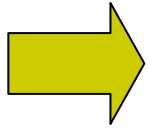
Le turboréacteur à double flux ou « turbofan » (1)



- Le turboréacteur à double flux associe un turboréacteur dans lequel circule le flux primaire et une roue à aubes qui entraîne un flux concentrique secondaire autour du réacteur.



La poussée



Le turboréacteur à double flux ou « turbofan » (2)



- Le rapport entre le flux chaud (flux à l'intérieur du turboréacteur) et le flux froid (flux entre le carénage et le réacteur) est appelé taux de dilution. Il est aujourd'hui supérieur à 15:1
- Lors du décollage, la soufflante produit environ 80% de la poussée, puis, en vol stabilisé à 900 km/h, la poussée du turboréacteur devient prépondérante.



Entrée d'air et soufflante sur un Boeing 737

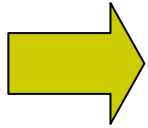


Compresseur axial d'un TF30 Pratt & Whitney

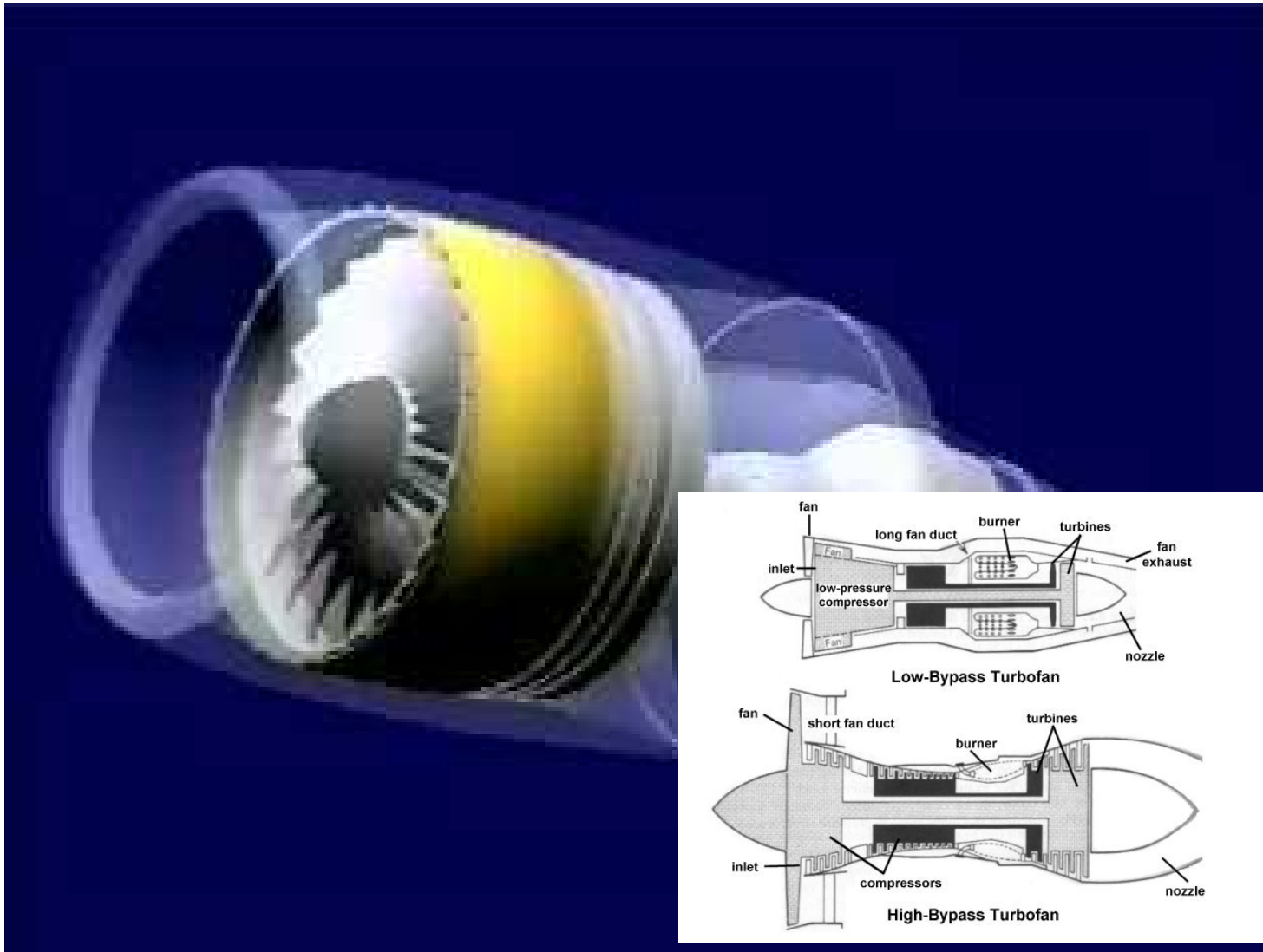


Entrée d'air et soufflante sur un A380 (Trent 900)

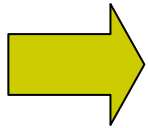
La poussée



Le turboréacteur à double flux ou « turbofan » (3)



La poussée



La post-combustion (1)



La post-combustion a pour but de réchauffer les gaz d'échappement du réacteur, ce qui augmente leur vitesse de sortie. Pour cela, une seconde combustion est réalisée en sortie de la turbine. Cette opération, très consommatrice d'énergie, a pour effet d'accroître la poussée de 30%.

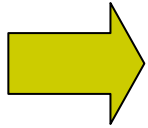


Grâce à ses 4 moteurs avec post-combustion, le concorde atteignait la vitesse d'envol en 25 secondes (360 Km/h sur 1 500 m). En vol, la post-combustion était utilisée entre Mach 0.9 et Mach 1.7



La poussée

La post-combustion (2)



Aujourd'hui, la post-combustion n'est plus utilisée que dans le domaine militaire.



Musée du Bourget: Moteur M88 est un turbo-réacteur avec post-combustion construit pour l'avion de combat Dassault Rafale par la Snecma.

