

Chapitre 1: Principes de la propulsion et performances des moteurs à réaction

DEFINITION D'UN PHENOMENE PROPULSIF

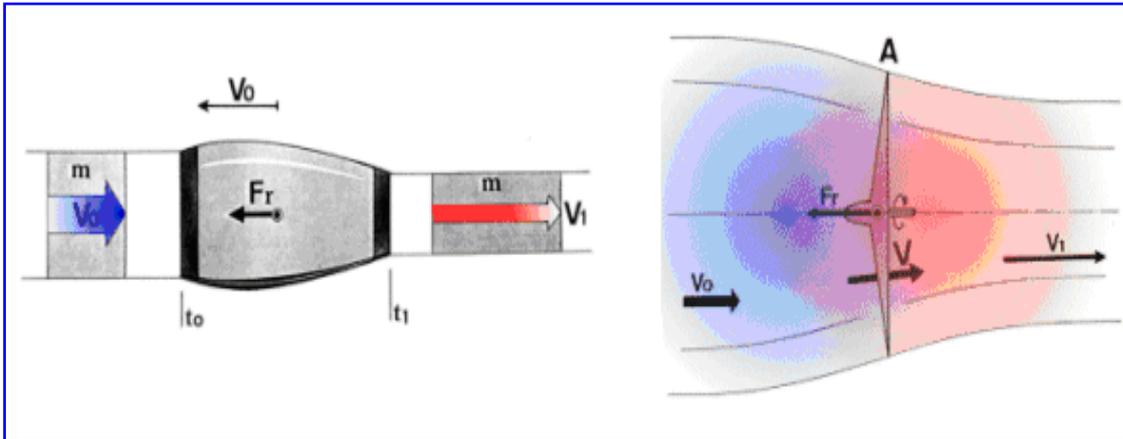


Schéma du phénomène propulsif.

Soit un système propulsif Q (turboréacteur simple ou double flux, turbofan, hélice carénée ou non, moteur-fusée, ... etc.). Q se déplace à une vitesse \vec{V}_0 et est traversé par un flux d'air de masse m qui met un temps dt pour traverser le système. Le flux d'air ressort du système Q à la vitesse \vec{V}_1 .

Ainsi, par rapport à Q , la masse d'air m subit, durant son passage à travers le système, un accroissement de vitesse de \vec{V}_0 à \vec{V}_1 . En d'autres termes, une force \vec{F} lui est appliquée durant toute la durée de ce passage. Cette action implique automatiquement une force de réaction \vec{F}_r de la masse m sur le système Q , tel que :

$$\vec{F}_r = -\vec{F} \text{ (1er principe de Newton).}$$

Pour le calcul de la force \vec{F} à appliquer pour accélérer la masse d'air de la vitesse \vec{V}_0 à \vec{V}_1 , on applique le troisième principe de Newton, soit :

$$\vec{F} = m \, d\vec{v} / dt \Leftrightarrow \vec{F} dt = m d\vec{v}$$

Δt : Intervalle de temps ($t_1 - t_0$).

Δv : Différence de vitesse ($\vec{V}_1 - \vec{V}_0$) entre l'entrée et la sortie du système.

La relation devient donc :

$$\vec{F}(t_1 - t_0) = m(\vec{V}_1 - \vec{V}_0)$$

D'où:

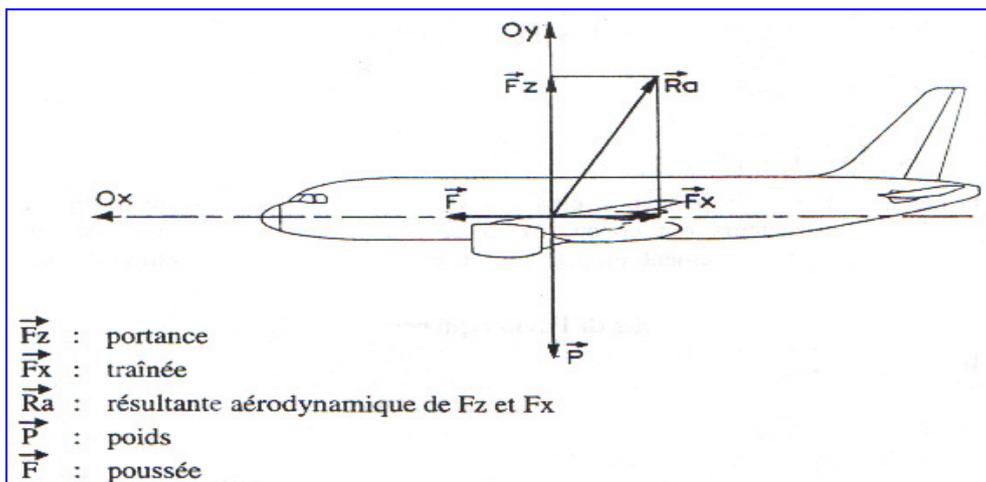
$$\vec{F} = \frac{m}{(t_1 - t_0)} (\vec{V}_1 - \vec{V}_0) = q_m (\vec{V}_1 - \vec{V}_0) = -\vec{F}_r$$

q_m (kg /s) = $\frac{m}{(t_1 - t_0)}$: représente le débit massique

Indiquant par là que \vec{F}_r est dirigée dans le sens opposé au flux d'air. Si l'on veut considérer selon le sens du vol, il suffit d'en changer le signe et l'on aura alors l'équation fondamentale de la propulsion à réaction (que ce soit celle de l'hélice ou celle du moteur dit « à réaction ») :

$$\vec{F}_r = q_m (V_1 - V_0)$$

Pour expliquer un système propulsif, nous allons considérer le cas très simple d'un avion en vol stabilisé horizontal.



Forces appliquées sur l'avion.

Pour vaincre la résistance à l'avancement (la traînée \vec{F}_x), le propulseur (avion) fournit dans ce cas une force de poussée (\vec{F}) opposée à (\vec{F}_x), donc le propulseur assure une production d'énergie suffisante, et la transforme en force de propulsion.

1-1 : Principes de la propulsion

Un système de propulsion (système propulsif ou propulseur) est une installation composée de machines thermiques de conversion et de production d'énergie telle que une turbomachine ou encore un dispositif de production de l'énergie calorifique telle que une chambre de combustion. Le principe est de transformer l'énergie calorifique disponible en énergie cinétique. On distingue généralement deux grande catégories de systèmes de propulsion, ceux a propulsion direct et ceux a propulsion indirect

❖ Système de propulsion indirect :

Dans ce cas l'énergie thermique de carburant produite (énergie calorifique) et transformée en énergie mécanique puis on énergie cinétique par les dispositifs d'entraînement de la machine réceptrice. On utilise le principe de la turbine a gaz qui produit un travail utile (W_u) égale au travail de la turbine à fluide compressible (W_T) moins le travail du turbocompresseur), nécessaire à la machine réceptrice.

Parmi les systèmes de propulsion en industries marine ou aéronautique on distingue:

- le turbopropulseur (Turbine à gaz plus Hélice ou Rotor)
- le motopropulseur (Moteur à combustion interne plus Hélice)

Dans les installations industrielles, on peut citer les installations de production d'électricité qui utilisent la turbine à gaz associé à une génératrice électrique. Dans l'industrie automobile aussi on peut parler de la turbosoufflante de suralimentation des moteurs Diesel où on utilise les gaz d'échappements pour alimenter la turbine à fluide compressible sachant que le travail utile dans ce cas est nul.

❖ Système de propulsion directe :

Donc ce cas l'énergie thermique de carburant et transformée directement en énergie cinétique à la sortie. on utilise dans ce cas le principe de l'action et de la réaction (théorème des quantités de mouvement).

Parmi les systèmes de propulsion dans ce cas on distingue:

- le moteur d'aviation (Turboréacteur, moto réacteur, statoréacteur et pulsoréacteur)
- le moteur fusée

Remarque : C'est le principe de la turbine à gaz (propulsion indirecte) qui a été utilisé le premier sachant que le moteur à combustion interne a été utilisé bien avant pour la production des gaz chauds.

1-2 : Performances des moteurs à réaction

Une étude énergétique est nécessaire en vue de déterminer les performances telles que les puissances et les rendements.

Parmi les performances essentielles d'un système de propulsion on cite la poussée, les puissances mises en jeu et les rendements.

❖ La poussée :

Dans un système de propulsion direct l'application du théorème de quantité de mouvement permet d'établir l'expression de la poussée suivante :

$$\vec{F}_r = q_m (V_1 - V_0)$$

❖ Les puissances :

Dans le système de propulsion direct pour déterminer les puissances mises en jeu on doit établir un bilan énergétique sachant que un propulseur est une installation thermique dans laquelle on passe d'une puissance calorifique (P_c) résultante en générale de la combustion et par une succession de transformations on aboutie a une puissance d'utilisation soit une puissance thermique (P_{th})on passant par la puissance propulsion : ($p_{propulsion}$)

$$P_c \Rightarrow P_{propulsion} \Rightarrow P_{thermique}$$

Remarque :

La puissance thermique en réalité est composée d'une puissance thermique théorique (P_{tt}) et d'une puissance thermique réelle ($P_{dynamique}$ puissance dynamique ou thermodynamique).

❖ Les rendements :

Les transformations de puissances cités précédemment s'accompagnent généralement de pertes énergétiques qui caractérisent les différents rendements.

Le rendement de propulsion (η_{prop})

Le rendement thermique (η_{th})

Qui est composée en réalité d'un rendement thermique théorique (η_{tt}) et d'un rendement thermique réelle ($\eta_{th\text{ réelle}}$)

Le rendement global de système propulsion

$$\eta_g = \eta_{prop} \times \eta_{th} = \eta_{prop} \times \eta_{tt} \times \eta_{th\text{ réelle}}$$