

# BE noté - Modèle Turbofan

Tien-Dat PHAN

January 18, 2023

## 1 Problème

Le problème consiste en une analyse la performance d'un modèle "Turbofan" par ses rendements thermique et global. L'inconvénient et l'avantage de l'architecture de l'architecture Turbofan. Finalement, on constate de l'effet des paramètres de conception (OPR, BPR,  $T_{t4}$ ,  $\pi_f$ ) pour faire progresser en respectant la contrainte de taille.

La partie numérique a complété par Python <https://github.com/Tiendat1712/BE-num-rique-Module-Turbofan>.

## 2 Hors séance

### 2.1 Turbofan et Turbojet

Le rendement de l'architecture turbofan est supérieur à celui de l'architecture turbojet car elle utilise une partie de l'air aspiré pour entourer le flux principal d'air chaud, ce qui crée une poussée supplémentaire. Cela permet d'augmenter la quantité de carburant qui peut être brûlée par rapport à une architecture turbojet, ce qui entraîne une augmentation de la poussée et une réduction de la consommation de carburant. De plus, l'architecture de turbofan permet de réduire significativement les niveaux de bruit que celui de turbojet.[LS01]

L'inconvénient principal de l'architecture turbofan est qu'il n'est pas aussi efficace à basse vitesse et altitude. Cela est dû au fait que la ventilateur dans un moteur à turbofan est conçu pour fournir une poussée à haute vitesse. De plus, les moteurs turbofan sont généralement plus lourds et plus encombrants. Ils sont également généralement plus complexes et plus coûteux à entretenir.

### 2.2 Les formules mathématiques

D'après les formules qui fournent dans le poly [eNB23], on a:

$$\begin{aligned}W_{cy19} &= \frac{\lambda}{\lambda + 1} \frac{1}{2} (V_{19}^2 - V_0^2) \\W_{cy9} &= \frac{1}{\lambda + 1} \frac{1}{2} (V_9^2 - V_0^2) \\W_{pr19} &= F_{19} V_0 = \frac{\lambda}{\lambda + 1} (V_{19} - V_0) V_0 \\W_{pr9} &= F_9 V_0 = \frac{1}{\lambda + 1} ((1 + \alpha) V_9 - V_0) V_0 \\W_{chim} &= \frac{\alpha P_k}{\lambda + 1} \\n_{th} &= \frac{W_{cy19} + W_{cy9}}{W_{chim}} \\n_{pr} &= \frac{W_{pr19} + W_{pr9}}{W_{cy19} + W_{cy9}} \\n_{gl} &= n_{th} n_{pr}\end{aligned}$$

$T_{t4}(C)$	1200	1600	1800	2000	2500	3000
$n_{th}$	Error	0.45858	0.49001	0.51161	0.54431	0.56261

Table 1:  $\pi_c = 40$

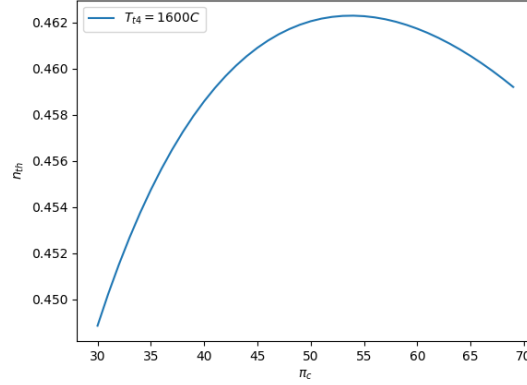


Figure 1: Le rendement thermique à  $T_{t4} = 1600$  C.

### 2.3 L'évolution du rendement thermique en fonction du taux de compression $\pi_c$

En analysant la Figure 1, on observe qu'une augmentation du taux de compression augmente généralement le rendement thermique. Concernant d'une situation particulière, à  $T_{t4} = 1600C$ , le rendement va croître jusqu'à la valeur maximum 0.462, ce point correspond à la valeur 55 de  $\pi_c$ . Ensuite, ce l'indice diminue. Par rapport à la performance du moteur, on note que la température haute fin de combustion également a un grand effet aussi sur le rendement thermique.

La Figure 2 nous montre clairement que l'influence des températures sur la performance thermique, lorsque l'on augmente la température  $T_{t4}$ , on va avoir un plus haute rendement thermique avec la même valeur de  $\pi_c$ . De plus, on remarqu'à haute température, la progression de  $\pi_c$  implique significativement le rendement. Par exemple, celui peut arriver à 60 percents lorsque  $T_{t4} = 3000$  C et  $\pi_c = 70$ . Cependant, il est en théorie et pour y arriver en réalité, il nous demande plus des défis complexes et coûteux.

Le Table 1 nous montre que la tendance du rendement est élevé quand on augmente la température avec  $\pi_c = 40$ .

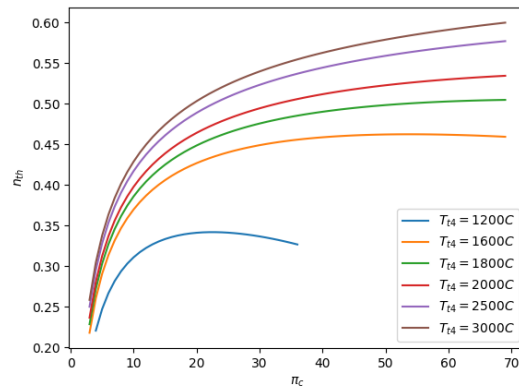


Figure 2: Le rendement thermique.

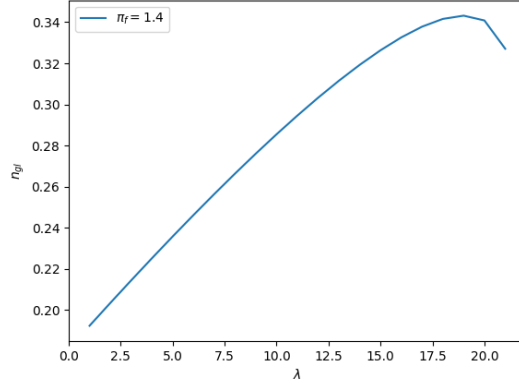


Figure 3: Le rendement global à  $\pi_f = 1.4$ .

$\pi_f$	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
$n_{gl}$	0.15627	0.24139	0.29457	0.32478	0.32459	Error

Table 2:  $\lambda = 11$

## 2.4 L'évolution du rendement global en fonction du taux de dilution $\lambda$

En générale, l'augmentation du taux de dilution implique un comportement similaire du rendement global. Dans le cas  $\pi_f = 1.4$ , Figure 3, une augmentation de dilution (de 0 à 20) élève le taux de rendement global de 0.2 à une valeur de 0.34 et puis décline. Il s'agit que la progression du taux de dilution  $\lambda$  a un grand impact parce que le changement peut être considéré comme significatif. Cela nous montre que avec une valeur de taux de compression du fan raisonnable  $\pi_f$ , donc on peut améliorer efficacement le rendement global de Tuborfan en améliorant le taux de dilution.

Dans la Figure 4, on observe l'influence du taux de compression de fan sur la performance global du moteur. Il est claire que l'on peut avoir plus grand  $n_{gl}$  si on augmente  $\pi_f$  avec la même valeur de  $\lambda$ . Mais, il y a des restrictions comme:

- Lorsque  $\pi_f = 1$ , une augmentation de  $\lambda$  créerait une diminution de  $n_{gl}$ .
- Avec les grands taux de compression de fan  $\pi_f$ , l'augmentation de  $\lambda$  est restrictif.
- Généralement, il y a une limitation pour le taux de rendement global (max = 0.32).

La Table 2 nous montre qu'une croissance de taux de fan augmente respectivement le rendement global à  $\lambda = 11$ . Cependant, la vitesse d'augmentation de  $n_{gl}$  est ralenti à gros  $\pi_f$ .

## 2.5 Des manières on doit faire évoluer les paramètres de conception pour progresser la performance du LEAP

A partir de deux études précédentes, on peut conclure que afin de progresser la performance du LEAP:

- Faire augmenter le taux de compression  $\pi_c$ .
- Faire augmenter la température fin de combustion  $T_{t4}$ .
- Faire augmenter le taux de compression de fan  $\pi_f$ .
- Faire augmenter le taux de dilution de  $\lambda$ .

Cependant, en réalité, on doit considérer aussi les autres factors qui peut potentiellement effectuer sur les rendement thermique et global.

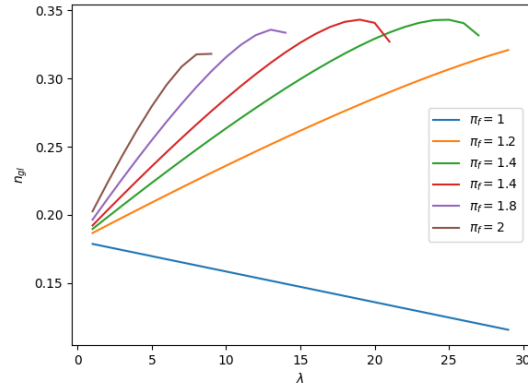


Figure 4: Le rendement global.

## References

- [eNB23] G. Dufour Y. Bousquet et N. Binder. Mécanique et thermodynamique des fluides - propulsion aéronautique et turbomachines. 116(3):1–50, 2023.
- [LS01] Feng Liu and William A Sirignano. Turbojet and turbofan engine performance increases through turbine burners. *Journal of propulsion and power*, 17(3):695–705, 2001.