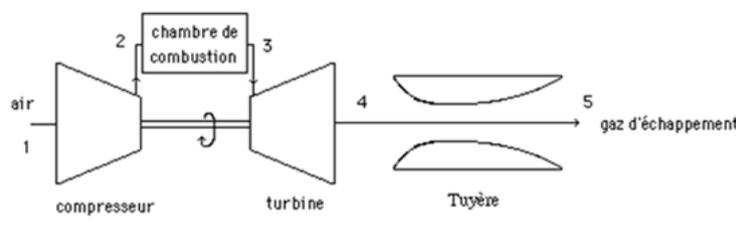


Exploration d'un turboréacteur

Turboréacteur à simple flux, taux de compression 20, température d'entrée turbine 1200 °C

Introduction

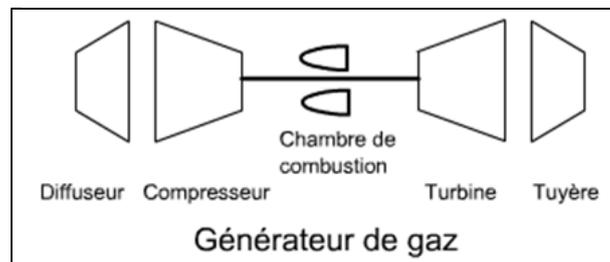


Un turboréacteur du type de ceux qui sont généralement utilisés dans l'aviation est une simple modification d'une turbine à gaz à cycle ouvert étudiée précédemment : la turbine est dimensionnée pour seulement entraîner le turbocompresseur.

En sortie de turbine, l'énergie excédentaire disponible dans les gaz à hautes pression et température est convertie en énergie cinétique dans une tuyère.

La poussée résulte de la différence de quantité de mouvement entre l'air aspiré et les gaz rejetés.

Le turboréacteur comporte de plus un diffuseur d'entrée, qui sert à créer une précompression d'origine statique en entrée du compresseur



Un turboréacteur se présente donc comme la combinaison d'un diffuseur, de ce qu'on appelle un générateur de gaz et d'une tuyère.

On parle de générateur de gaz car la fonction de l'ensemble "compresseur, chambre de combustion et turbine" est de générer des gaz chauds et à pression supérieure à la pression ambiante, afin que ces gaz puissent ensuite être convertis dans la tuyère en énergie cinétique.

Il est tout à fait possible de modéliser avec une bonne précision divers cycles de turboréacteurs avec Thermoptim.

Toutefois, les composants du noyau de Thermoptim ne suffisent pas pour réaliser de tels modèles : pour représenter le diffuseur d'entrée et la tuyère de sortie, il est ici nécessaire de faire appel à deux classes externes, c'est-à-dire à deux extensions du progiciel.

Dans cette exploration dirigée, nous étudierons le cycle d'un turboréacteur à simple flux.

Chargement du modèle de turboréacteur à simple flux

Nous allons maintenant étudier le cycle d'un turboréacteur à simple flux.

1. Charger le modèle

Cliquez sur le lien suivant : [Ouvrir un fichier dans Thermoptim](#)

Vous pouvez aussi ouvrir le fichier de schéma (simpleFlux_Ss_post.dia) grâce au menu "Fichier/Ouvrir" du menu de l'éditeur de schémas, et le fichier de projet (simpleFlux_Ss_post.prj) grâce au menu "Fichier de projet/Charger un projet" du menu du simulateur.

Le paramétrage de ce modèle nécessite toute une série d'explications.

2. Paramétrage du diffuseur

Ouvrez l'écran du diffuseur. Dans l'éditeur de schémas, les transfos externes sont toutes représentées par le même composant graphique, mais leurs écrans peuvent être partiellement définis par leur concepteur en fonction de leurs caractéristiques. C'est ce qui est fait dans la partie inférieure droite de leur écran.

Pour un diffuseur d'entrée de turboréacteur, les trois paramètres à définir sont la vitesse de l'avion (inlet velocity), le rendement isentropique du composant, analogue à celui d'un compresseur (isentropic efficiency), et la vitesse de sortie (outlet velocity), supposée ici nulle.

Deux modes de calcul sont possibles : comme ici déterminer la pression de sortie connaissant la vitesse de sortie, ou bien déterminer la vitesse de sortie connaissant la pression de sortie.

Dans notre modèle, représentatif d'un avion en vol à une altitude de 10 km (pression de 0,265 bar et température de - 51 °C), la vitesse d'entrée est de 222,22 m/s (800 km/h) soit un nombre de Mach de 0,744, et le rendement isentropique du diffuseur vaut 0,9. Le débit d'air aspiré est égal à 65 kg/s.

La surpression réalisée par le diffuseur est faible : 0,1046 bar.

3. Paramétrage du compresseur

Le compresseur est paramétré de la manière suivante, qui diffère de ce que nous avons vu jusqu'à présent : Le rapport de compression est non plus calculé comme le rapport de la pression aval à la pression amont, mais imposé à la valeur de 20, ce qui signifie que la pression aval sera égale à 20 fois la pression amont, qui est celle en sortie de diffuseur.

Son rendement polytropique vaut 0,9. Une fois ce paramétrage défini, son calcul ne pose pas de problème particulier.

4. Paramétrage de la chambre de combustion

Il ne pose pas de problème particulier : Calculer lambda, la température de fin de combustion étant connue, et la pression aval étant égale à la pression amont.

5. Paramétrage de la turbine

Le paramétrage de la turbine est lui aussi spécifique : sa puissance sert juste à équilibrer celle du compresseur, et sa pression aval n'est pas connue.

Nous faisons pour cela appel à une fonctionnalité jusqu'ici inutilisée de l'écran des turbines : dans leur partie inférieure droite, il existe un champ permettant de les équilibrer mécaniquement avec un compresseur. Double-cliquez dans le champ situé juste à droite de "mécaniquement équilibrée avec", et sélectionnez "compresseur" dans la liste proposée (qui ne comprend ici que ce seul élément).

Thermoptim calculera la pression de sortie de telle sorte que les deux puissances aient la même valeur absolue, l'une étant positive (celle du compresseur), et l'autre négative (celle de la turbine), compte tenu des conventions de signe.

Il faut bien entendu préciser aussi le rendement polytropique de la turbine, 0,9.

Avec ce paramétrage, la pression de sortie de la turbine peut être déterminée : 2,39 bar, ainsi que la température des gaz : 891,5 °C.

6. Paramétrage de la tuyère

Le paramétrage de la tuyère est le suivant. Il faut préciser :

- la vitesse d'entrée des gaz (inlet velocity), supposée ici égale à 0 (il s'agit de la vitesse relative en sortie de turbine)
- le rendement isentropique du composant, analogue à celui d'une turbine (isentropic efficiency), ici égal à 0,95
- la pression de sortie (outlet pressure), ici égale à 0,265 bar

Deux modes de calcul sont possibles : déterminer la pression de sortie connaissant la vitesse de sortie, ou bien comme ici déterminer la vitesse de sortie connaissant la pression de sortie.

Thermoptim calcule le nombre de Mach, la vitesse de sortie des gaz (outlet velocity) et le nombre de Mach correspondant, la section de sortie (outlet section) et la section du col de la tuyère (minimum section).

7. Calcul des performances du turboréacteur

Une fois que le modèle est paramétré, il devient possible de calculer les performances du moteur.

La poussée spécifique, la puissance et la consommation rapportée à la poussée sont parmi les grandeurs les plus souvent utilisées pour cela.

$$F = \dot{m}_0 C_0 - \dot{m}_5 C_5$$

C_0 étant la vitesse de l'avion et C_5 celle des gaz sortant de la tuyère, l'expression de la poussée est donnée par cette formule, en tenant compte de la variation du débit à travers le moteur du fait de l'injection de carburant.

$$W = F C_0$$

La puissance W est égale au produit de la poussée par la vitesse de l'avion.

Ces grandeurs sont souvent exprimées de manière réduite, la poussée F étant rapportée au débit d'air aspiré (on parle de poussée spécifique ou specific thrust en anglais), et le débit de combustible à la poussée (on parle de débit de combustible spécifique ou specific fuel consumption en anglais).

Exercices d'application

1. Calculer la poussée du turboréacteur

Calculez la poussée à partir des informations disponibles dans les différents composants du modèle.

Quelle est la valeur de la poussée du turboréacteur ?

2. Calculer la poussée spécifique du turboréacteur

Calculez la poussée spécifique à partir des informations disponibles dans les différents composants du modèle.

Quelle est la valeur de la poussée spécifique du turboréacteur ?

3. Calculer la puissance développée par le turboréacteur

Calculez la puissance développée à partir des informations disponibles dans les différents composants du modèle.

Quelle est la valeur de la puissance développée par le turboréacteur ?

4. Calculer la consommation spécifique de combustible du turboréacteur

Calculez la consommation spécifique de combustible à partir des informations disponibles dans les différents composants du modèle.

Quelle est la valeur de la consommation spécifique de combustible du turboréacteur ?

Conclusion

Cette exploration vous a permis de découvrir un modèle de turboréacteur à simple flux et les paramètres spécifiques auxquels il fait appel.

Vous pouvez si vous le désirez étudier l'influence du taux de compression et de la température d'entrée turbine sur les performances du turboréacteur.