

# Travail de groupe sur les fluides en écoulement permanents

## Exercice A : Groupe à gaz

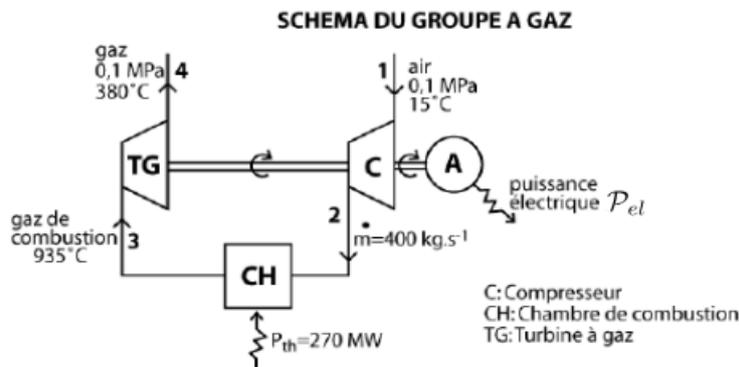
L'étude proposée est celle du groupe à gaz d'une centrale électrique. Le schéma de l'installation ainsi que des informations complémentaires sont fournies sur la figure ci-dessous.

L'énergie électrique est produite par un alternateur (A) couplé à la turbine à gaz (TG). Le compresseur (C) est aussi relié à la turbine par un arbre à cames. La puissance thermique ( $P_{th}$ ) est fournie dans la chambre de combustion (CH).

Le fluide circulant dans l'installation est de l'air considéré comme un gaz parfait.

Ce travail doit vous permettre de comprendre le fonctionnement global de cette machine. Il convient donc en répondant aux questions d'énoncer le plus d'explications physiques avant tout calcul. Vous prendrez soin notamment de bien discuter les hypothèses que vous faites.

Vous donnerez une expression littérale avant toute application numérique.



1) A partir du schéma, expliquer le fonctionnement de chaque élément de ce groupe à gaz. Identifier les transferts thermiques et travaux mis en oeuvre dans chacun d'eux. Préciser le rôle de ce groupe à gaz et proposer une expression du rendement pour ce groupe à gaz.

2) On rappelle le premier principe industriel pour les écoulements en régime permanent :

$$\dot{m} \left( (h_s - h_e) + (e_{cs} - e_{ce}) + (e_{ps} - e_{pe}) \right) = \dot{W}_u + \dot{Q}$$

Avec les hypothèses qui conviennent, réécrire cette relation pour chaque organe de ce groupe à gaz.

3) Calculer la puissance mécanique de la turbine, la puissance mécanique du compresseur et la puissance électrique produite par l'alternateur (on fera l'hypothèse d'un rendement de 100% pour ces différents éléments).

4) Calculer le rendement de ce groupe à gaz. Commenter.

### Données :

$$P_{th} = 270 \text{ MW}; \dot{m} = 400 \text{ kg.s}^{-1}; P_1 = P_4 = 0,1 \text{ MPa};$$

$$\theta_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}; \theta_3 = 935 \text{ }^\circ\text{C}; \theta_4 = 380 \text{ }^\circ\text{C}$$

**Caractéristiques du gaz :**  $c_p = 1,0 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ;  $\gamma = 1,4$ .

### Question pour la présentation orale

De quelle quantité de gaz naturel a-t-on besoin pour faire fonctionner ce groupe à gaz pendant 1h ?

Vous chercherez les données nécessaires par vous-même. N'hésitez pas à comparer avec d'autres formes d'énergie primaire (charbon, fioul, bois, ...).

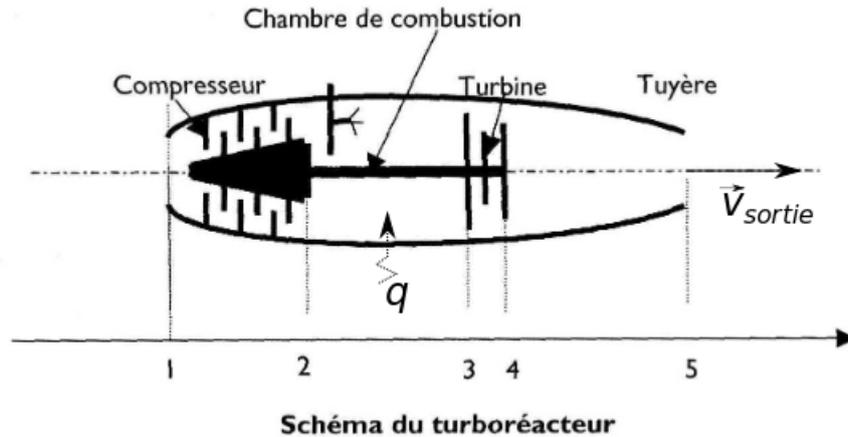
## Exercice B : Turboréacteur

On étudie un turboréacteur (utilisé par exemple dans les moteurs d'avions) composé de quatre organes : un compresseur, une chambre de combustion, une turbine et une tuyère.

Le fluide circulant dans l'installation est de l'air considéré comme un gaz parfait. Dans le référentiel lié au turboréacteur, on peut faire l'hypothèse que la vitesse de l'air est nulle en entrée.

Ce travail doit vous permettre de comprendre le fonctionnement global de cette machine. Il convient donc en répondant aux questions d'énoncer le plus d'explications physiques avant tout calcul. Vous prendrez soin notamment de bien discuter les hypothèses que vous faites. On rapportera les calculs à 1 kg de gaz. On utilisera donc des grandeurs massiques dans tout l'exercice.

Vous donnerez une expression littérale avant toute application numérique.



- 1) Préciser le rôle de ce turboréacteur et proposer alors une expression du rendement pour ce turboréacteur.
- 2) On rappelle le premier principe industriel pour les écoulements en régime permanent :

$$\left( (h_s - h_e) + (e_{cs} - e_{ce}) + (e_{ps} - e_{pe}) \right) = w_u + q$$

Expliquer le rôle de chacun des éléments du turboréacteur. Identifier les transferts thermiques et travaux mis en oeuvre dans chacun d'eux. Avec les hypothèses qui conviennent, réécrire cette relation pour chaque organe composant le turboréacteur.

- 3) Calculer le travail mécanique reçu dans le compresseur. En déduire celui fourni dans la turbine (on fera l'hypothèse que le rendement mécanique est de 100% pour l'arbre qui relie la turbine au compresseur).
- 4) Calculer le transfert thermique utilisé par ce turboréacteur.
- 5) Déterminer la vitesse des gaz à la sortie du turboréacteur.
- 6) Calculer le rendement de ce turboréacteur. Commenter.

### Données :

$$P_1=0,100 \text{ MPa}; P_2=0,500 \text{ MPa}; P_5=0,100 \text{ MPa};$$

$$T_1=300 \text{ K}; T_3=1080 \text{ K}; T_5=687 \text{ K}; \dot{m}=65 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}.$$

Caractéristiques du gaz :  $c_p=1,0 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $\gamma= 1,4$ .

### Question pour la présentation orale

De quelle quantité de kérosène a-t-on besoin pour faire fonctionner ce turboréacteur pendant 1h? Pour effectuer un vol Paris-New-York? Quelle est la quantité de CO<sub>2</sub> émise lors de ce vol?

Vous chercherez les données nécessaires par vous-même.