

TD T1

Thermodynamique des systèmes ouverts

A. Turbine à vapeur

Une turbine à vapeur, parfaitement isolée thermiquement, équipe une petite centrale électrique alimentée par la combustion de matières organiques végétales. On néglige les variations de vitesse et d'altitude.

A l'entrée de la turbine, la vapeur possède les propriétés suivantes :

Pression : 45 bar

Température : 400 °C

Volume massique : $0,06477 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$

Energie interne : $2914,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$

A la sortie, on mesure les propriétés suivantes :

Pression : 0,75 bar

Température : 91,6 °C

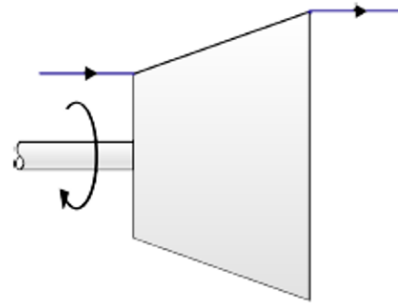
Volume massique : $2,122 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$

Energie interne : $2316,3 \text{ kJ.kg}^{-1}$

1. Déterminer le travail indiqué dégagé par la turbine.
2. Quel débit de vapeur faut-il admettre pour générer une puissance de 4 MW ?



(a) Turbines



(b) Schématisation d'une turbine

FIGURE 1 – Tuyères

B. Compresseur adiabatique

Un compresseur, isolé thermiquement, amène de l'air de l'état atmosphérique ($p_1 = 1 \text{ bar}$, $T_1 = 300 \text{ K}$) jusqu'à un état 2 ($p_2 = 6 \text{ bar}$, T_2).

La puissance mécanique du moteur qui l'entraîne est de 1500 W et le débit massique d'air est de $6,5 \text{ g.s}^{-1}$. On néglige les variations d'énergies cinétique et potentielle.

Pour l'air, assimilé à un gaz parfait : $c_p = 1,00 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $\gamma = 1,4$.

On rappelle que l'entropie massique du GP est donnée par :

$$s(p, T) = c_p \ln \left(T p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \right) + s_0$$



1. Discuter du caractère adiabatique de la transformation.
2. Écrire le premier principe de la thermodynamique sur les écoulements stationnaires, et calculer la température T_2 .
3. Calculer l'entropie créée par unité de temps.
4. Quel serait le débit si l'évolution de l'air était isentropique ?

C. Tuyère

Dans la tuyère d'un petit turboréacteur, la pression de l'air chute tandis que sa vitesse augmente. La tuyère est un élément sans aucune pièce mobile (aucun transfert de travail indiqué). Les pertes d'énergie thermique sont négligeables et le débit d'air est de 26 kg.s^{-1} .

A l'entrée de la tuyère, la vapeur possède les propriétés suivantes :

Pression : 2,28 bar
 Température : 950 K
 Volume massique : $1,36 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$
 Enthalpie massique : 1092 kJ.kg^{-1}
 Vitesse : 10 m.s^{-1}

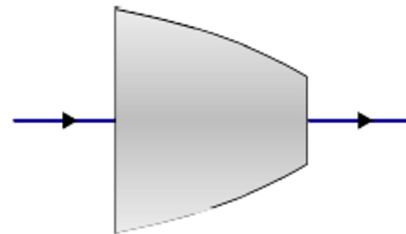
A la sortie, on mesure les propriétés suivantes :

Pression : 1,00 bar
 Température : 780,2 K
 Volume massique : $2,55 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$
 Energie interne : $642,1 \text{ kJ.kg}^{-1}$

1. Quelle sera la vitesse d'éjection des gaz ?
2. En déduire les diamètres de l'entrée et de la sortie



(a) Tuyères sur un jet



(b) Schématisation d'une tuyère

FIGURE 2 – Tuyères