

## TD T6 : THERMODYNAMIQUE DES SYSTEMES OUVERTS – BILANS D'ENERGIE POUR UN ECOULEMENT STATIONNAIRE

### Exercice 1 : Compresseur calorifugé

Dans un compresseur fonctionnant en régime permanent, de l'air est comprimé, de façon adiabatique, à partir de l'état  $P_1 = 1,0$  bar,  $T_1 = 293$  K, jusqu'à une pression  $P_2 = 3,0$  bar. On suppose le gaz parfait. On prendra :  $C_{p,m} = 29$  J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>,  $R = 8,314$  J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> et  $M$  (masse molaire) = 29 g.mol<sup>-1</sup>.

On définit le coefficient de performance (ou rendement à l'isentropique)  $\eta$  comme le rapport du travail massique  $(w_m)_{is}$  que consommerait le compresseur si l'évolution était isentropique sur le travail réel absorbé  $(w_m)_{réel}$  par la machine. On donne  $\eta = 0,80$ .

- 1) Donner la valeur de la température finale  $T_2$  ainsi que celle du travail  $(w_m)_{is}$  dans le cas idéal (évolution isentropique).
- 2) Déterminer les nouvelles valeurs  $T_2$  et  $(w_m)_{réel}$  pour le compresseur réel. Calculer l'entropie créée par unité de masse de fluide comprimé.

### Exercice 2 : Turbine au diazote

Du diazote, assimilé à un gaz parfait diatomique (masse molaire  $M = 28,0$  g.mol<sup>-1</sup>,  $\gamma = 1,40$ ) s'écoule en régime permanent dans une turbine, avec un débit massique  $D_m = 4,00$  kg.s<sup>-1</sup>.

Les conditions de l'écoulement sont :

- A l'entrée : pression  $P_1 = 4,00$  bar, vitesse  $v_1 = 20,0$  m.s<sup>-1</sup>
- A la sortie : pression  $P_2 = 2,00$  bar, vitesse  $v_2 = 180$  m.s<sup>-1</sup>.

La turbine fournit à l'extérieur une puissance  $P = 80,0$  kW, le gaz sortant à une température  $T_2$  égale à la température extérieure  $T_a = T_2 = 298$  K.

- 1) Dans l'hypothèse où la transformation subie par l'azote est isotherme, quelle est la puissance thermique reçue par le gaz ?  
Calculer la variation d'entropie par seconde de l'azote, et en déduire la création d'entropie par seconde pour la turbine.
- 2) Si le gaz a subi une transformation adiabatique, quelle est sa température à l'entrée de la turbine ?  
En déduire la création d'entropie par seconde dans la turbine.

### Exercice 3 : Tuyère calorifugée

On considère une tuyère horizontale, calorifugée. De l'air, assimilé à un gaz parfait, est en écoulement permanent dans la tuyère. A l'entrée de la tuyère, la température est  $T_e = 900$  K, la pression  $P_e = 1,5$  bar, et on négligera la vitesse ( $v_e \approx 0$ ). En sortie de la tuyère, la température est  $T_s$ , la pression  $P_s = 1,0$  bar et la vitesse  $v_s = c$ .

- 1) Donner l'expression de la vitesse  $c$  en fonction de  $T_e$ ,  $T_s$ , la constante des gaz parfaits  $R$ , la masse molaire  $M$  de l'air, et du coefficient isentropique  $\gamma$ .
- 2) Que vaut la vitesse de sortie  $c$  si l'évolution est isotherme ?
- 3) Dans quel cas la vitesse de sortie sera maximale ? Que vaut la vitesse de sortie maximale  $c_{max}$  ? Faire l'application numérique.
- 4) On modélise à présent la transformation par une évolution polytropique :  $P v^k = c^{te}$  ( $v$  étant le volume massique). Que dire du coefficient  $k$  ? Que dire de la vitesse de sortie ?

Données :  $R = 8,314$  J.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup> ;  $M = 29$  g.mol<sup>-1</sup> ;  $\gamma = 1,4$ .