

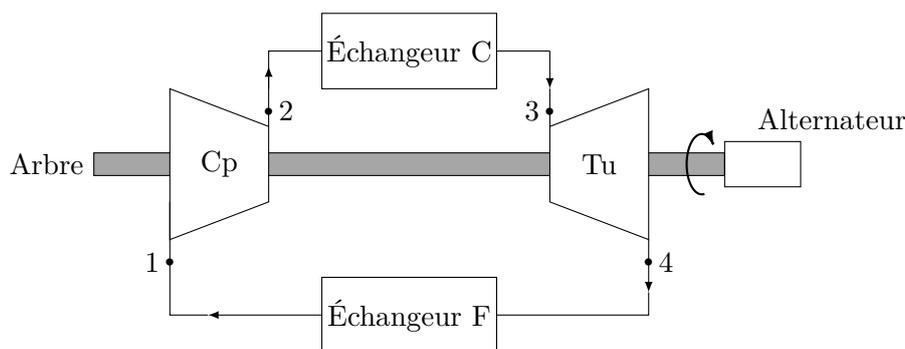
1 Chimie

Exercice 6 du TC : production d'étain.

2 Turbine à gaz

Un gaz, supposé parfait, circule dans une installation en régime stationnaire (voir figure).

- Le compresseur et la turbine fonctionnent de façon adiabatique et réversible. Le gaz échange du travail utile avec l'extérieur dans ces deux appareils. Le travail utile fourni par la turbine est utilisé d'une part par le compresseur et d'autre part sert à faire tourner un alternateur (destiné à fabriquer de l'électricité). Compresseur, turbine et alternateur sont montés sur le même arbre.
- Les transferts thermiques ont lieu dans les deux échangeurs qui fonctionnent de façon isobare. L'échangeur C est en contact avec une source chaude de température $T_C = 1350$ K tandis que l'échangeur F est en contact avec une source froide de température $T_F = 293$ K.



Données : quelques températures et pressions

$$T_1 = 300 \text{ K} ; P_1 = 20 \text{ bar} ; P_2 = 80 \text{ bar} \text{ et } T_3 = 1300 \text{ K}$$

Dans toutes les transformations, on néglige les variations d'énergie cinétique et d'énergie potentielle du gaz. On pose : $r_p = P_2/P_1$.

Le gaz utilisé est de l'hélium dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$c_P = \frac{5R}{2M_{\text{He}}} ; R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} ; M_{\text{He}} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1} \text{ et } \gamma = \frac{c_P}{c_V} = \frac{5}{3}$$

1. Justifier que pour une transformation isentropique la relation entre T et P peut se mettre sous la forme : $\frac{T}{P^\beta} = \text{Cste}$, où β est un nombre que l'on précisera.
2. Déterminer les températures T_2 et T_4 . Effectuer l'application numérique.
3. Exprimer et calculer les travaux utiles massiques $w_{u,12}$ et $w_{u,34}$ lors des passages dans le compresseur et la turbine.
4. Exprimer et calculer les transferts thermiques massiques q_{23} et q_{41} réalisés lors du passage dans les échangeurs.
5. Montrer que le rendement de cette machine est $r = 1 - \frac{1}{r_p^\beta}$. Effectuer l'application numérique et comparer au rendement d'un moteur effectuant un cycle de Carnot entre les températures $T_C = 1350$ K et $T_F = 293$ K.

6. Exprimer le travail massique w_{al} cédé par la turbine à l'alternateur en fonction des températures T_3 et T_1 , de c_p , de β et de r_p .
7. Montrer que, lorsque r_p varie, w_{al} passe par une valeur maximale pour $r_p = r_{pm} = (T_3/T_1)^{1/2\beta}$. Calculer numériquement r_{pm} et le rendement r correspondant.