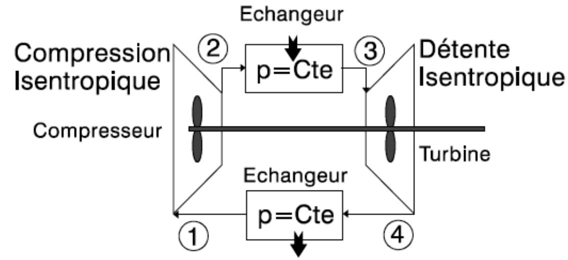
La conversion d'énergie thermique dégagée par la réaction nucléaire en travail peut être réalisée grâce au cycle de Brayton.
La capacité thermique massique de l'hélium est $c_p = \dfrac{5.R}{2.M}$, avec $R = 8,314\ J.K^{-1}.mol^{-1}$ et $M = 4,00.10^{-3}\ kg.mol^{-1}$. On peut en déduire que $\gamma = \dfrac{c_p}{c_v} = \dfrac{5}{3}$
Ce gaz circule avec un débit massique constant $D_m = 1\ kg.s^{-1}$ et subit $n = 10\ cycles/s$
Dans l'ensemble du problème, le gaz est supposé parfait.



Un gaz parfait circule dans une installation. Il échange du travail avec l'extérieur dans le compresseur et la turbine. Le travail fourni par le passage du gaz dans la turbine sert d'une part à faire fonctionner le compresseur (turbine et compresseur montés sur le même axe) et d'autre part à fabriquer de l'électricité. Les transferts thermiques ont lieu dans des échangeurs. Le fluide, ici un gaz d'hélium, décrit le cycle de Brayton. Ce cycle est constitué de deux isobares et de deux isentropiques :

- ✓ compression adiabatique réversible du point 1 avec une température T1 = 300 K et une pression $p_1 = 20.10^5\ Pa$ vers le point 2 à la pression $p_2 = 80.10^5\ Pa$,
- ✓ échange thermique isobare du point 2 vers le point 3 à la température $T_3 = 1300\ K$,
- ✓ détente adiabatique réversible de 3 vers 4 à la traversée de la turbine (permettant la conversion en énergie mécanique)
- ✓ échange thermique isobare de 4 vers 1.

1. Pour une transformation isentropique, justifier que la relation entre T et p peut se mettre sous la forme $T.p^{-\beta} = C^{te}$. Exprimer β en fonction de γ

2. Déterminer les températures T_2 et T_4. Effectuer l'application numérique.

3. Tracer le cycle de Brayton sur un diagramme $p = f(V_m)$.

4. Calculer les travaux massiques w_{12} et w_{34} échangés avec l'extérieur (travaux utiles reçus) lors des transformations isentropiques $1 \to 2$ (compression) et $3 \to 4$ (détente). Effectuer l'application numérique.

5. Exprimer les transferts thermiques massiques reçus q_{23} et q_{41}. Effectuer l'application numérique.

6. Montrer que l'efficacité se met sous la forme $e = 1 - r_p^{-\beta}$ avec $r_p = \dfrac{p_2}{p_1}$

7. Calculer numériquement cette efficacité et comparer à l'efficacité de Carnot obtenue en utilisant pour les sources les deux températures extrêmes du cycle.

8. Exprimer le travail massique reçu au cours d'un cycle à partir des températures extrêmes T_3 et T_1, de r_p, M de β.

9. Déterminer par la méthode de votre choix pour quelle valeur de r_p valeur absolue du travail passe par une valeur maximale.
Calculer numériquement $r\alpha_m$ et l'efficacité dans ce cas.

10. Le choix de la valeur de α vous parait-elle évidente ?