En attendant l'oral

Thermodynamique

[1] Un moteur transforme un gaz parfait selon le cycle de Lenoir défini en trois étapes :

— $1 \to 2$: combustion isochore du gaz

— $2 \to 3$: détente adiabatique réversible

— $3 \to 1$: refroidissement isobare.

Initialement le gaz est à la température $T_1 = 300\text{K}$ et à la pression $p_1 = 1\text{bar}$. On note :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5} \; ; \; \beta = \frac{p_2}{p_1}$$

1- Représenter le cycle de Lenoir dans un diagramme (p, V) en justifiant.
2- Déterminer T_3 en fonction de T_2, β et γ.
3- Déterminer $Q_{i \to j}$ pour toutes les transformations.
4- En faisant un bilan d'entropie sur la transformation $1 \to 2$, déterminer si elle est réversible. On donne l'expression de l'entropie d'un GP :

$$S(T, p) = C_v \text{ln}(T) + nR\text{ln}(V) + S_o$$

$$\forall x > 0 \; \ln(x) \leq x - 1$$

5- Déterminer le rendement du moteur en fonction de β.

Éléments de correction

1- Quand on parle de diagramme p, V la pression est en ordonnée, le volume en abscisse. Une transformation isentropique est décrite par une courbe d'équation :

$$p = \frac{A}{V^\gamma}$$

Un cycle moteur est décrit dans le sens horaire.
2- Penser à bien préciser les conditions permettant d'utiliser la loi de Laplace (GP, transformation isentropique).
3- On gagne beaucoup de temps en sachant :

$$\Delta U = Q_V$$

$$\Delta H = Q_p$$

Pour un gaz parfait diatomique (c'est le cas ici car $\gamma = 7/5$) on a :

$$C_p = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1} = \frac{7}{2}nR$$

$$C_v = \frac{nR}{\gamma - 1} = \frac{5}{2}nR$$

4 - L'énoncé ne précise pas la température du thermostat avec lequel le système échange un transfert thermique qui lui permet de passer du volume V_1 à la température T_1 au volume $V_2 = V_1$ à la température T_2. En posant $x = T_1/T_2 < 1$, on obtient :

$$S_{cr} = \frac{5}{2}nR(x - 1 - \ln(x)$$

5 - Pour une transformation cyclique :

$$Q_{tot} + W_{tot} = 0$$

On a alors :

$$e = \frac{-W}{Q_{1\to 2}} = \frac{Q_{1\to 2} + Q_{3\to 1}}{Q_{1\to 2}}$$

La transformation $1 \to 2$ étant isochore, on trouve facilement :

$$T_2 = \beta T_1$$