DM de physique n° 7

Exercice 1 : Cycle d'un gaz parfait

Un gaz parfait diatomique est initialement dans l'état A de pression $P_A = 1\,\text{bar}$, température $T_A = 300\,\text{K}$ et volume $V_A = 1,0\,\text{L}$. On lui fait subir la succession de transformations suivantes :

- compression adiabatique et réversible jusqu'à la pression $P_B = 5\,\text{bar}$ (état B) ;
- refroidissement isobare jusqu'à ce que la température revienne à sa valeur initiale T_A (état C) ;
- détente isotherme jusqu'à ce que le gaz revienne dans l'état A.

Au cours des transformations $B \to C$ et $C \to A$ le gaz est en contact thermique avec un thermostat de température T_A.

1. Représenter le chemin suivi sur un diagramme (P,V). Le cycle est-il moteur ou récepteur ? Justifier.

2. Déterminer numériquement les volumes V_B et V_C ainsi que la température T_B.

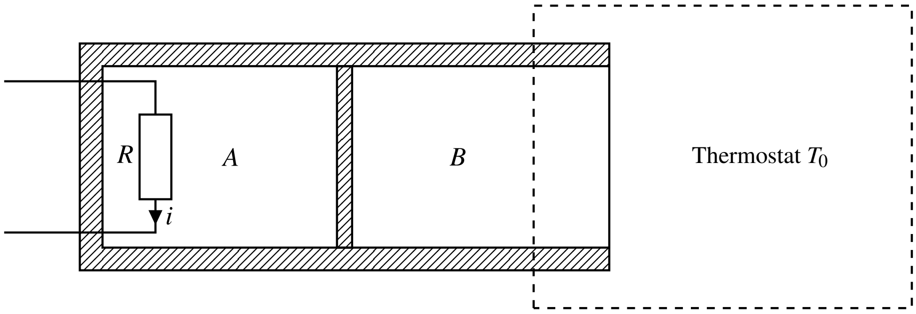
3. Déterminer littéralement et numériquement le transfert thermique reçu au cours de chaque étape du cycle.

4. Déterminer littéralement et numériquement le travail reçu sur un cycle.

5. Déterminer littéralement et numériquement l'entropie créée sur un cycle.

Exercice 2 : Déplacement d'un piston par chauffage

Un cylindre fermé, indéformable et horizontal est divisé en deux compartiments A et B, initialement de mêmes volumes $V_0 = 4,0\,\text{L}$, par un piston mobile calorifugé. Chacun des deux compartiments contient le même gaz parfait de coefficient de Laplace $\gamma = C_P/C_V = 1,3$ initialement à la température $T_0 = 300\,\text{K}$ et à la pression $P_0 = 1,0\,\text{bar}$.



Toutes les parois sont calorifugées, sauf la paroi à l'extrémité de B qui le met en contact thermique avec un thermostat de température T_0. Le compartiment A est porté très lentement à la température $T_1 = 350\,\text{K}$ à l'aide d'une résistance chauffante $R = 100\,\Omega$ parcourue par un courant d'intensité $i = 50\,\text{mA}$ constante. On néglige la capacité thermique de la résistance chauffante.

1. Déterminer littéralement et numériquement les volumes finaux V_{Af} et V_{Bf} ainsi que la pression finale P_f.

2. Quelle est la nature de la transformation subie par le gaz en B ? Déterminer littéralement et numériquement le travail W_2 et le transfert thermique Q_2 reçus par le gaz en B.

3. À l'aide d'un argument simple déterminer le travail W_1 reçu par le gaz en A. Déterminer littéralement et numériquement le transfert thermique Q_1 reçu par le gaz en A. En déduire la durée τ pendant laquelle la résistance chauffante fonctionne.

4. Déterminer l'entropie créée pour le système {résistance chauffante + gaz en A + gaz en B}.

Exercice 3 : Fuites thermiques d'un réfrigérateur

On s'intéresse à l'évolution de la température, supposée uniforme, à l'intérieur d'un réfrigérateur. Elle est susceptible de varier dans le temps et sera notée $T(t)$.
Le réfrigérateur est installé dans une cuisine de température T_c constante. On suppose qu'il y a un équilibre mécanique permanent entre l'intérieur du réfrigérateur et l'atmosphère extérieure de pression constante.
La capacité thermique à pression constante de l'intérieur du réfrigérateur est $C_P = 3 \cdot 10^5\,\mathrm{J \cdot K^{-1}}$.
Pour évaluer les fuites thermiques du réfrigérateur, on le débranche à l'instant $t = 0$ alors que l'intérieur du réfrigérateur est à une température initiale T_f. La puissance thermique **algébriquement reçue** par l'intérieur du réfrigérateur à travers les parois est modélisée par : $\mathscr{P}_{th} = \lambda(T_c - T)$ où λ est une constante.

1. Justifier le signe de λ à l'aide d'un argument physique simple.

On souhaite déterminer les variations de la température interne du réfrigérateur au cours du temps. Pour cela on réalise un bilan d'énergie sur un intervalle de temps infinitésimal $\mathrm{d}t$, pour le système constitué de l'intérieur du réfrigérateur.

2. Exprimer le transfert thermique infinitésimal δQ reçu pendant $\mathrm{d}t$.

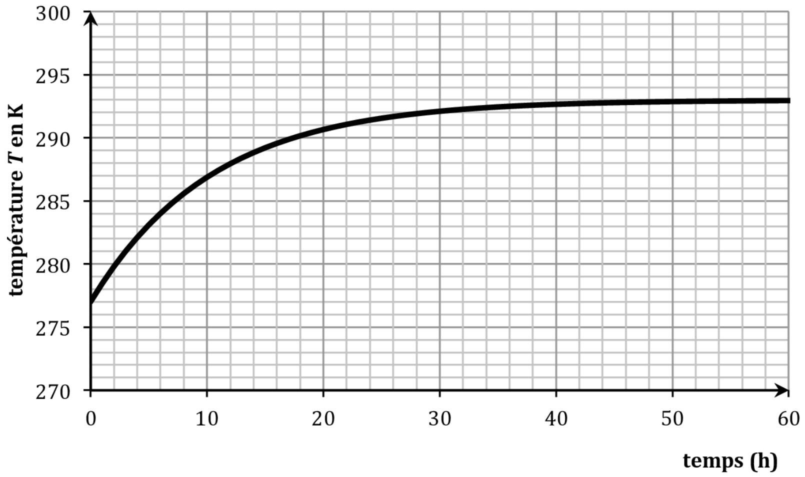
3. En appliquant le premier principe de la thermodynamique sous forme infinitésimale, montrer que $T(t)$ est solution d'une équation différentielle qui s'écrit sous la forme suivante :

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_\infty}{\tau}$$

avec τ et T_∞ à exprimer en fonction de λ, C_P et T_c.

4. En déduire l'expression de $T(t)$ pour tout instant $t \geq 0$.

5. Ci-dessous figure le graphe représentatif de T en fonction du temps. En déduire la valeurs numériques de T_f et T_c en expliquant la démarche.



6. Ci-dessous figure le graphe représentatif de la grandeur $\ln\left(\frac{T-T_c}{T_f-T_c}\right)$ en fonction du temps t (il y a une erreur de signe en ordonnées sur la figure ci-dessous). Exploiter le graphique pour déterminer numériquement λ. Préciser l'unité retenue pour λ.