

Partie A : Thermodynamique

A- Un récipient, fermé par un piston mobile, contient une mole d'hélium (supposé être un gaz parfait) dans les conditions (p_1, v_1) . On opère une compression adiabatique, de façon réversible, qui amène le gaz dans les conditions (p_2, v_2) . On donne : $p_1 = 1 \text{ atm}$, $v_1 = 10 \text{ l}$, $p_2 = 3 \text{ atm}$, $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3}$, $R = 8,3 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Déterminer :

1. Le volume final v_2 .
2. Le travail reçu par le gaz.
3. La variation de l'énergie interne du gaz.
4. En déduire l'élévation de température $(T_2 - T_1)$ sans calculer la température initiale T_1 .

B- On suppose maintenant, qu'une mole de ce gaz à subir une transformation réversible au cours de laquelle elle échange avec le milieu extérieur la quantité de chaleur δQ et le travail élémentaire δW .

1. Si ce gaz échange la quantité de chaleur $\delta Q = \lambda \delta W$ (avec λ constante) montrer que lors de la transformation, la relation qui lie sa pression p et son volume v est : $pv^n = \text{cst}$, on exprimera n en fonction de λ et du rapport $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ du gaz.
2. Donner selon les valeurs de λ , le type de transformation qu'à subit le gaz (en justifiant votre réponse) :
 - a) $\lambda = 0$
 - b) $\lambda = -1$

Partie B : Transfert thermique

On utilisera toute hypothèses justifiées, nécessaires à la résolution de l'exercice.

Pour l'isolation d'une pièce, on considère une vitre simple d'épaisseur $e_v = 4 \text{ mm}$, de surface $S = 1,5 \text{ m}^2$ et de conductivité thermique $\lambda_v = 1,2 \text{ W.m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Cette pièce est supposé maintenue à la température $T_e = 5^\circ \text{C}$ à l'extérieur et $T_i = 20^\circ \text{C}$ à l'intérieur.

1. Calculer la résistance thermique et le flux thermique qui traverse la vitre.

On considère maintenant un double vitrage constitué de deux vitres d'épaisseur e_v , de même surface et même conductivité thermique λ_v , séparées par une couche d'air d'épaisseur $e_a = 10 \text{ mm}$. La conductivité thermique de l'air est noté $\lambda_a = 0,025 \text{ W.m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

2. Calculer la résistance thermique et le flux thermique qui traverse le double vitrage. Conclure.

- Déterminer la répartition des températures dans le double vitrage, en particulier les températures aux interfaces verre-air et air-verre.
- Pourquoi l'épaisseur de la couche d'air ne doit pas être trop grande ?
- Quel est le flux radiatif correspondant ? Conclure. On donne $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ constante de Stefan Boltzmann.

Partie C : Mécanique des fluides

Un récipient a une symétrie de révolution autour de l'axe vertical Oz . Le fond du récipient est percé d'un orifice de faible section $s = 1 \text{ cm}^2$.
 A l'instant $t = 0$ où on commence le vidange, la hauteur d'eau dans le récipient est égale à H et elle devient z à l'instant t . On suppose que l'eau est un fluide incompressible, non visqueux (fluide parfait). En supposant l'écoulement quasi-permanent (permanence établie pour des intervalles de temps successifs très courts)

- Montrer que la vitesse d'éjection de l'eau à l'instant t est : $v(z=0) = \sqrt{\frac{2gz}{(1-s^2/s^2+r^2)}}$
- Comparer à l'instant t , pour une surface de l'eau de cote z toujours très supérieure à la section s de l'orifice, la vitesse $v(z)$ du niveau d'eau à la cote z et la vitesse $v(z=0)$ d'éjection.
- En déduire que $v(z=0) = \sqrt{2gz}$ et que l'équation différentielle donnant la hauteur d'eau est :

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{s\sqrt{2gz}}{\pi r^2}$$

- Le récipient a la forme d'un cylindre de révolution de rayon $r = R$. Calculer le temps de vidange si la hauteur d'eau initiale dans le récipient est H .
- Le rayon r du récipient à la cote z est donnée par $r = az^n$. Déterminer les coefficients n et a pour que le niveau d'eau du récipient baisse régulièrement de 6 cm par minute.

