

DEVOIR DE SYNTHESE N°2
(DUREE : 3h)

N.B : L'usage des calculatrices est autorisé.

Exercice 1

Une lampe spectrale de volume intérieure 3 ml contient de l'hélium (He), gaz monoatomique supposé parfait, sous une pression de 0.01 bar et à une température de 300K.

1)

- Rappeler les hypothèses du modèle d'un gaz parfait.
- Rappeler l'équation d'état d'un gaz parfait pour n moles.
- Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique en fonction de sa pression P et de son volume V , puis en fonction de sa température T , de son nombre de moles n et de la constante des gaz parfaits R .

2) Calculer:

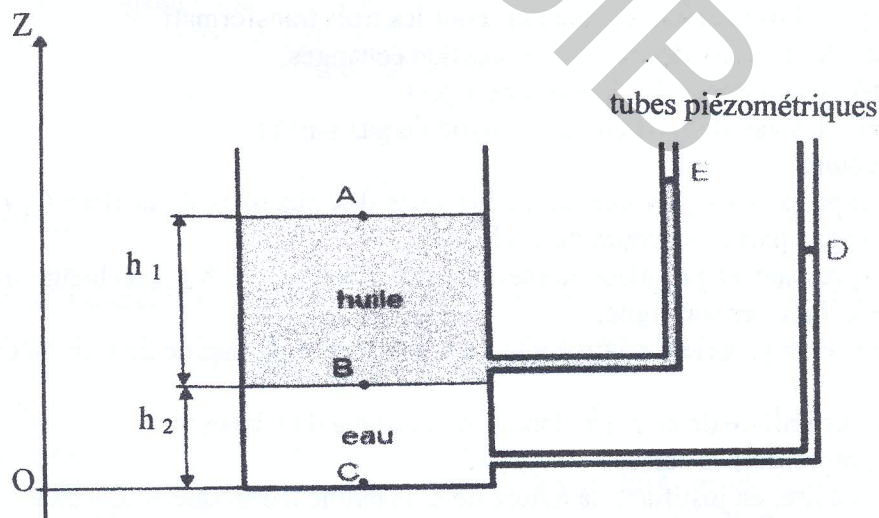
- Le nombre de moles n de l'hélium.
- l'énergie interne de l'hélium.
- La masse totale m de l'hélium.
- La vitesse quadratique moyenne des atomes d'hélium.

3) Le volume de l'hélium augmente de 5% alors que sa pression reste inchangée. Calculer la variation relative de la température ainsi que celle de l'énergie interne.

Données : $M_{\text{He}} = 4\text{g/mol}$; $R = 8.32\text{ J/mol.K}$. et $K_B = 1.38 \cdot 10^{-23}\text{ J/K}$.

Exercice 2

La figure ci-dessous représente un réservoir ouvert équipé de deux tubes piézométriques et rempli avec deux liquides non miscibles : de l'huile de masse volumique $\rho_1 = 850\text{ kg/m}^3$ sur une hauteur $h_1 = 6\text{ m}$, de l'eau de masse volumique $\rho_2 = 1000\text{ kg/m}^3$ sur une hauteur $h_2 = 5\text{ m}$.



On désigne par :

- A : un point de la surface libre de l'huile,
- B : un point sur l'interface entre les deux liquides,
- C : un point appartenant au fond du réservoir,
- D et E : deux points représentant les niveaux dans les tubes piézométriques,
- (O, Z) est un axe vertical ascendant tel que $Z_C = 0$.

Appliquer la relation fondamentale de l'hydrostatique entre les points:

- 1) B et A. En déduire la pression P_B au point B.
- 2) A et E. En déduire le niveau de l'huile Z_E dans le tube piézométrique.
- 3) C et B. En déduire la pression P_C au point C.
- 4) C et D. En déduire le niveau de l'eau Z_D dans le tube piézométrique.

Données : $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Exercice 3

Dans une machine thermique, **une mole** d'un gaz parfait décrit le cycle ABCA comprenant les transformations réversibles suivantes :

- Une détente isotherme de l'état A ($P_A; V_A; T_A$) à l'état B ($P_B; V_B; T_B$);
- Un refroidissement isochore de l'état B à l'état C ($P_C; V_C; T_C$);
- Une compression adiabatique de l'état C à l'état initial A.

Données : $\gamma = 1,4$; $V_A = 80 \text{ cm}^3$; $P_A = 10 \text{ bar}$; $a = \frac{P_A}{P_C} = 10$ et $R = 8.32 \text{ J/mol.K}$.

- 1) Déterminer les expressions et les valeurs numériques des variables d'état macroscopiques P, V et T pour les trois états A, B et C puis compléter le tableau suivant:

Etat	A	B	C
P (Pa)			
T (K)			
V (m^3)			

- 2) Exprimer littéralement et calculer pour les trois transformations :
 - a) les travaux des forces de pression échangés,
 - b) les quantités de chaleur échangées,
 - c) les variations d'énergie interne du gaz parfait.
- 3) En déduire :
 - a) les expressions et les valeurs numériques des quantités de chaleur Q_r reçue et Q_c cédée par le gaz parfait au cours du cycle.
 - b) L'expression et la valeur numérique du travail total W_{cycle} échangé au cours du cycle entier. Préciser son signe.
 - c) Vérifier la propriété relative à la variation d'énergie interne de l'air au cours d'un cycle.
- 4)
 - a) Donner l'allure de ce cycle dans le diagramme de Clapeyron.
 - b) Que représente la surface du cycle ?
 - c) En déduire, en justifiant, la nature de la machine thermique considérée.
- 5)
 - a) Déterminer puis calculer le rendement de cette machine thermique.
 - b) Le comparer à celui d'un moteur thermique décrivant un cycle de Carnot fonctionnant entre les températures extrêmes T_A et T_C .
 - c) Justifier l'écart trouvé.

6)

- a) Déterminer puis calculer pour chacune des trois transformations du cycle les variations ΔS de l'entropie du gaz.
- b) En déduire la variation ΔS_{cycle} de l'entropie du gaz au cours du cycle entier. Conclure.

Exercice 4

Une mole de gaz parfait contenue dans un cylindre rigide vertical, de section constante S , est fermée par un piston mobile coulissant sans frottement et de masse négligeable.

L'ensemble (cylindre + piston) est isolé thermiquement ou **adiabatique**.

On désigne par $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}}$ le rapport des capacités calorifiques molaires du gaz supposées

constantes et par R la constante des gaz parfaits.

Initialement, le gaz se trouve dans l'état d'équilibre A caractérisé par $P_A = P_0$ et $T_A = T_0$.

On exprimera tous les résultats en fonction de P_0 , T_0 , R et γ .

I) A partir de l'état initial A (P_A, T_A, V_A), on procède de façon infiniment lente en déposant progressivement des masses très faibles de telle sorte que l'on atteigne une valeur totale des masses déposées égale à m .

A l'état d'équilibre final B (P_B, T_B, V_B), le gaz est à la température T_B , son volume est V_B et sa pression est $P_B = 2P_0$.

1)

- a) Caractériser cette transformation.
- b) Exprimer m en fonction de P_0 , g et S . (g est l'accélération de la pesanteur)
- 2) Déterminer les variables d'état T_B et V_B de l'état d'équilibre final B du gaz parfait.
- 3) Exprimer :

- a) la variation d'énergie interne ΔU_{AB} du gaz parfait lors de cette transformation,
- b) le travail des forces de pression W_{AB} échangé par le gaz,
- c) le transfert thermique Q_{AB} échangé par le gaz,
- d) La variation d'entropie ΔS_{AB} du gaz,
- e) l'entropie créée par le gaz, conclure.

II) En partant du même état d'équilibre initial A (P_A, T_A, V_A), on pose brusquement sur le piston la même masse m , le gaz atteint alors un nouvel état d'équilibre final C (P_C, T_C, V_C).

1) Caractériser cette nouvelle transformation.

2) Déterminer les variables de l'état d'équilibre final (P_C, T_C, V_C) du gaz parfait.

3) Exprimer :

- a) la variation d'énergie interne ΔU_{AC} du gaz parfait lors de cette nouvelle transformation,
- b) le travail des forces de pression W_{AC} échangé par le gaz,
- c) le transfert thermique Q_{AC} échangé par le gaz,
- d) La variation d'entropie ΔS_{AC} du gaz,
- e) l'entropie créée par le gaz, conclure.

4) En comparant les résultats des deux compressions, mettre en évidence les principales propriétés de l'énergie interne, du travail des forces de pression et du transfert thermique.

Bonne chance