Devoir surveillé – Système thermodynamique : gaz parfait et premier principe

Système thermodynamique et grandeurs d'état, lien entre échelle microscopique et échelle macroscopique ; modèle du gaz parfait, équation d'état et limites ; énergie interne et capacité thermique d'un système incompressible ; premier principe de la thermodynamique, travail et transfert thermique ; bilans d'énergie : calorimétrie, changements d'état, conversions d'énergie.

Durée : 120 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie Terminale

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Une bouteille de diazote ★★ *(4 pts)*

Une bouteille rigide de 8,00 L contient 0,650 mol de diazote $\mathrm{N_2}$, assimilé à un gaz parfait, à 24 °C. Données : $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{N_2}) = 28{,}0\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$.

a) Calculer la pression du gaz.

b) La bouteille, oubliée au soleil, atteint 96 °C. Calculer la nouvelle pression. Sa soupape de sécurité s'ouvre dès que la pression dépasse $2{,}35 \times 10^{5}$ Pa et laisse sortir du gaz jusqu'à ce qu'elle redescende à cette valeur, à 96 °C : calculer la masse de diazote qui s'échappe.

c) Expliquer, à l'échelle des molécules, pourquoi la pression a augmenté pendant le chauffage, avant l'ouverture de la soupape, alors que le nombre de molécules par unité de volume ne changeait pas.

d) Un élève veut calculer l'énergie interne du gaz avec $U = \dfrac{3}{2} n R T$. Dire pourquoi c'est impossible ici, puis citer deux hypothèses du modèle du gaz parfait et une situation où ce modèle devient inadapté.

Exercice 2 – Compression de l'argon ★★ *(4 pts)*

Un cylindre fermé par un piston contient 0,180 mol d'argon, gaz parfait monoatomique. Sous la pression extérieure constante $P_{ext} = 1{,}80 \times 10^{5}$ Pa, son volume passe de 2,80 L à 1,60 L ; pendant ce temps, il cède 540 J par transfert thermique. On donne $U = \dfrac{3}{2} n R T$, $W = -P_{ext}\,\Delta V$ et $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$. Au début et à la fin, la pression du gaz est égale à P_{ext}.

a) Calculer le travail reçu par le gaz et interpréter son signe.

b) Calculer la variation d'énergie interne du gaz.

c) En déduire la variation de température du gaz.

d) Calculer les températures initiale et finale avec l'équation d'état, et vérifier la cohérence avec la question précédente.

Exercice 3 – Un glaçon dans de l'eau très froide ★★★ *(4 pts)*

On plonge un glaçon de 35 g à 0 °C dans 210 g d'eau à 8,0 °C. L'ensemble, dans un calorimètre de capacité thermique négligeable, est isolé et de volume constant. Données : $L_f = 3{,}34 \times 10^5$ J·kg^{-1} ; $c_{\text{eau}} = 4{,}18 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1}.

a) Calculer l'énergie nécessaire à la fusion complète du glaçon.

b) Calculer l'énergie maximale que l'eau peut céder en se refroidissant jusqu'à 0 °C. Le glaçon peut-il fondre entièrement ? Justifier.

c) En déduire la température finale, puis la masse de glace qui reste à l'équilibre.

d) Un élève suppose que tout le glaçon fond et écrit le bilan $m_{\text{eau}} c (\theta_f - 8{,}0) + m_g L_f + m_g c\,\theta_f = 0$. Calculer la température qu'il obtient, et expliquer pourquoi elle est absurde.

Exercice 4 – Faire fondre de la neige sur un réchaud ★★★ *(4 pts)*

En montagne, des alpinistes font fondre 1,50 kg de neige à $-10{,}0$ °C, puis chauffent l'eau obtenue jusqu'à 60,0 °C, sur un réchaud à butane. Données : $c_{\text{glace}} = 2{,}10 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1} ; $L_f = 3{,}34 \times 10^5$ J·kg^{-1} ; $c_{\text{eau}} = 4{,}18 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1} ; la combustion d'un kilogramme de butane libère environ $4{,}6 \times 10^7$ J ; seuls 40 % de cette énergie sont transmis à la neige puis à l'eau.

a) Calculer l'énergie à fournir pour chacune des trois étapes de la transformation.

b) En déduire l'énergie totale à fournir, et la part due à la fusion.

c) Calculer la masse de butane brûlée.

d) Combien de fois peut-on faire cette opération avec une cartouche de 230 g de butane ? Indiquer ce que deviennent les 60 % d'énergie non transmis.

Exercice 5 – L'échauffement des freins d'une voiture ★★★ *(4 pts)*

Une voiture de 1 250 kg roule à 90,0 km·h^{-1} sur une route horizontale, puis freine jusqu'à l'arrêt. Ses quatre disques de frein en fonte ont une masse totale de 11,2 kg ($c = 460$ J·kg^{-1}·K^{-1}) et sont à 35,0 °C au début du freinage. On admet que 85 % de l'énergie dissipée au freinage est reçue par les disques. $g = 9{,}81$ N·kg^{-1}.

a) Pour le système {voiture}, écrire le bilan d'énergie du freinage en négligeant les échanges avec l'air, puis calculer l'énergie cinétique perdue.

b) En supposant les disques sans échange avec l'air pendant le freinage, calculer leur élévation de température, puis leur température finale.

c) La température mesurée est plus basse. Expliquer pourquoi, en précisant le signe du transfert thermique reçu par les disques.

d) La voiture descend un col à vitesse constante sur 600 m de dénivelé, en freinant. Calculer l'énergie potentielle perdue, puis l'élévation de température qu'auraient les disques s'ils ne cédaient rien à l'air. Conclure.

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).