Corrigé et barème – 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

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

a) $T_1 = 297{,}15$ K et $V = 8{,}00 \times 10^{-3}$ m^3 (0,5 pt) ; $P_1 = \dfrac{nRT_1}{V} = \dfrac{0{,}650 \times 8{,}314 \times 297{,}15}{8{,}00 \times 10^{-3}} \approx 2{,}01 \times 10^5$ **Pa** (0,5 pt). (1)

b) V et n constants : $\dfrac{P_1}{T_1} = \dfrac{P_2}{T_2}$ avec $T_2 = 369{,}15$ K et $P_2 = 2{,}007 \times 10^5 \times \dfrac{369{,}15}{297{,}15} \approx 2{,}49 \times 10^5$ **Pa** (0,5 pt). C'est plus que $2{,}35 \times 10^5$ Pa : la soupape s'ouvre. Il reste $n_3 = \dfrac{2{,}35 \times 10^5 \times 8{,}00 \times 10^{-3}}{8{,}314 \times 369{,}15} \approx 0{,}6126$ mol ; il s'échappe $0{,}650 - 0{,}6126 \approx 3{,}74 \times 10^{-2}$ mol, soit $m = 3{,}74 \times 10^{-2} \times 28{,}0 \approx$ **1,05 g** de diazote (0,5 pt). (1)

c) La température mesure l'agitation : les molécules sont plus rapides (0,5 pt) ; elles frappent la paroi plus souvent et plus fort, d'où une pression plus grande (0,5 pt). (1)

d) Le diazote est formé de molécules diatomiques : la relation ne vaut que pour un gaz parfait monoatomique (0,5 pt). Hypothèses : entités ponctuelles, sans interaction à distance (chocs sans perte d'énergie) ; modèle inadapté à forte pression ou près de la liquéfaction (0,5 pt). (1)

Piège — Rapport des températures en kelvins : $96 \div 24 = 4$ donnerait une pression quadruplée, absurde.

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

a) $\Delta V = -1{,}20 \times 10^{-3}$ m^3 ; $W = -1{,}80 \times 10^5 \times (-1{,}20 \times 10^{-3}) = +$**216 J** (0,5 pt) : compression, le gaz reçoit du travail (0,5 pt). (1)

b) Énergie cédée : $Q = -540$ J (0,5 pt) ; $\Delta U = W + Q = 216 - 540 =$ **−324 J** (0,5 pt). (1)

c) $\Delta T = \dfrac{2\,\Delta U}{3nR} = \dfrac{-648}{3 \times 1{,}497}$ (0,5 pt) $\approx$ **−144 K** : le gaz se refroidit (0,5 pt). (1)

d) $T_1 = \dfrac{PV_1}{nR} = \dfrac{504}{1{,}497} \approx$ **337 K** et $T_2 = \dfrac{288}{1{,}497} \approx$ **192 K** (0,5 pt) ; $192 - 337 = -145$ K, égal à -144 K aux arrondis près : les deux calculs de ΔU concordent (0,5 pt). (1)

Méthode — ΔU s'obtient de deux façons, par les échanges et par la température ; leur accord valide le bilan.

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

a) $Q_f = m_g L_f = 0{,}035 \times 3{,}34 \times 10^5 \approx 1{,}17 \times 10^4$ **J** (1 pt). (1)

b) $0{,}210 \times 4{,}18 \times 10^3 \times 8{,}0 \approx 7{,}02 \times 10^3$ **J** (0,5 pt) $< 1{,}17 \times 10^4$ J : l'eau ne peut pas fournir de quoi fondre tout le glaçon (0,5 pt). (1)

c) L'équilibre s'établit à **0 °C**, glace et eau ensemble (0,5 pt). Masse fondue : $\dfrac{7{,}02 \times 10^3}{3{,}34 \times 10^5} \approx 21{,}0$ g ; il reste **14,0 g** de glace (0,5 pt). (1)

d) $\theta_f = \dfrac{7\,022 - 11\,690}{0{,}245 \times 4{,}18 \times 10^3} \approx \mathbf{-4{,}6}$ **°C** (0,5 pt). Absurde : de l'eau liquide sous 0 °C en présence de glace qui fond est impossible ; l'hypothèse « tout fond » était fausse (0,5 pt). (1)

Piège — Avant de résoudre un bilan avec de la glace, on vérifie qu'elle peut fondre entièrement.

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

a) Neige de $-10{,}0$ °C à 0 °C : $1{,}50 \times 2{,}10 \times 10^3 \times 10{,}0 = 3{,}15 \times 10^4$ **J** (0,5 pt) ; fusion : $1{,}50 \times 3{,}34 \times 10^5 = 5{,}01 \times 10^5$ **J** (0,5 pt) ; eau de 0 °C à 60,0 °C : $1{,}50 \times 4{,}18 \times 10^3 \times 60{,}0 \approx 3{,}76 \times 10^5$ **J** (0,5 pt). (1)

b) L'énergie interne est une fonction d'état : on additionne, $Q \approx 9{,}09 \times 10^5$ **J** (0,5 pt) ; la fusion en représente **55 %** (0,5 pt). (1)

c) $0{,}40 \times m \times 4{,}6 \times 10^7 = 9{,}09 \times 10^5$, d'où $m \approx$ **49,4 g** (0,5 pt). (1)

d) $\dfrac{230}{49{,}4} \approx 4{,}66$: **4 fois** en entier (0,5 pt). Le reste est cédé par transfert thermique à l'air, à la casserole et au sol : il n'est pas détruit (0,5 pt). (1)

À retenir — Faire fondre de la neige coûte plus que chauffer l'eau ensuite : le changement d'état domine le bilan.

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

a) $\Delta E_c + \Delta U = 0$: l'énergie cinétique perdue devient énergie interne des freins (0,5 pt). $v = 25{,}0$ m·s^{-1}, $E_c = \frac{1}{2} \times 1\,250 \times 25{,}0^2 \approx 3{,}91 \times 10^5$ **J** (0,5 pt). (1)

b) $\Delta U = m\,c\,\Delta T = 0{,}85 \times 3{,}906 \times 10^5$, d'où $\Delta T = \dfrac{3{,}32 \times 10^5}{11{,}2 \times 460} \approx$ **64,4 K** (0,5 pt) et $\theta \approx$ **99,4 °C** (0,5 pt). (1)

c) Dès qu'ils sont plus chauds que l'air, les disques lui cèdent de l'énergie (convection, rayonnement, conduction vers les moyeux) (0,5 pt) : $Q < 0$, donc $\Delta U = W + Q$ est plus petit que W (0,5 pt). (1)

d) $|\Delta E_p| = 1\,250 \times 9{,}81 \times 600 \approx 7{,}36 \times 10^6$ **J** (0,5 pt) ; $\Delta T = \dfrac{0{,}85 \times 7{,}36 \times 10^6}{5\,152} \approx 1{,}21 \times 10^3$ **K** : impossible sans refroidissement, les freins seraient détruits. Il faut que les disques se refroidissent et utiliser le frein moteur (0,5 pt). (1)

Méthode — Le choix du système fixe le bilan : pour {voiture}, ΔEc + ΔU = 0 ; pour {disques}, ils reçoivent un travail.

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).