

Énergie interne

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices sur l'énergie interne et la première loi. Compare chaque démarche avec la tienne : le signe des transferts, les conversions (L en m³, bar en Pa) et les unités sont les points clés.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé énergie interne

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. L'énergie interne est la **somme des énergies cinétiques microscopiques et des énergies potentielles d'interaction** des particules du système.
2. $\Delta U = W + Q$ (système au repos macroscopique) ; W et Q sont **positifs lorsqu'ils sont reçus** par le système.
3. U, W, Q : J ; C : J·K⁻¹ ; c : J·kg⁻¹·K⁻¹.
4. $\Delta U = C \Delta T = m c \Delta T$.
5. L'énergie interne et la température décrivent **l'état** du système ; le transfert thermique Q est une **énergie échangée** à cause d'une différence de température.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Vrai** : W = 0 et Q = 0, donc $\Delta U = 0$.
- b. **Vrai** : pendant un changement d'état, T reste constante bien que le système reçoive de l'énergie.
- c. **Faux** : Q = 0 mais W ≠ 0, donc $\Delta U = W \neq 0$.
- d. **Vrai** : c'est l'énoncé de la première loi.
- e. **Faux** : Q > 0 signifie que le système **reçoit** de l'énergie.
- f. **Faux** : le système reçoit Q = mL, donc $\Delta U > 0$; seule la température est constante.
- g. **Faux** : l'équilibre thermique impose la même température, pas la même énergie interne (qui dépend aussi de la masse).

Correction de l'exercice 3 : Signes de W et de Q

- a. **W > 0, Q ≈ 0** : $\Delta U > 0$, U augmente (le gaz s'échauffe).
- b. **W < 0, Q > 0** (isotherme) : $\Delta U = 0$, U constante.

c. $Q > 0$, $W \approx 0$: $\Delta U > 0$.

d. $Q < 0$, $W \approx 0$: $\Delta U < 0$, U diminue.

e. Les frottements fournissent un **travail** $W > 0$ (force de frottement), $Q \approx 0$: $\Delta U > 0$.

Correction de l'exercice 4 : Variation d'énergie interne

1. $\Delta U = 2,0 \times 450 \times 50 = \mathbf{4,5 \times 10^4 \text{ J}}$.

2. $\Delta T = \Delta U \div (m c) = 1,8 \times 10^4 \div (0,50 \times 385) = 1,8 \times 10^4 \div 192,5 \approx \mathbf{94 \text{ K}}$ (93,5 K).

3. $C = m c = 2,0 \times 450 = \mathbf{9,0 \times 10^2 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}}$.

Correction de l'exercice 5 : Appliquer la première loi

a. $\Delta U = 300 - 120 = \mathbf{+180 \text{ J}}$ (chauffé). b. $\Delta U = -50 + 200 = \mathbf{+150 \text{ J}}$ (chauffé). c. $Q = \Delta U - W = 0 - 80 = \mathbf{-80 \text{ J}}$ (le système cède de l'énergie sous forme de chaleur). d. $W = \Delta U - Q = \mathbf{+150 \text{ J}}$ (chauffé par le travail reçu).

Correction de l'exercice 6 : Travail des forces de pression

a. $\Delta V = (2,0 - 5,0) \times 10^{-3} = -3,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; $W = -2,0 \times 10^5 \times (-3,0 \times 10^{-3}) = \mathbf{+6,0 \times 10^2 \text{ J}}$.

b. $\Delta V = +3,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; $W = -1,5 \times 10^5 \times 3,0 \times 10^{-3} = \mathbf{-4,5 \times 10^2 \text{ J}}$.

c. $\Delta V = 0$ donc $\mathbf{W = 0}$.

d. $W = -1,0 \times 10^5 \times 0,50 \times 10^{-3} = \mathbf{-50 \text{ J}}$.

Commentaire : $W > 0$ en compression (le gaz reçoit de l'énergie), $W < 0$ en détente (il en cède en repoussant le piston).

Correction de l'exercice 7 : Lire un diagramme de Clapeyron

1. A (2 L ; 2 bar), B (6 L ; 2 bar), C (6 L ; 1 bar).

2. AB isobare à $2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$: $\Delta V = 4,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $W_{AB} = -2,0 \times 10^5 \times 4,0 \times 10^{-3} = \mathbf{-8,0 \times 10^2 \text{ J}}$. BC isochore : $\mathbf{W_{BC} = 0}$. Total : $W = \mathbf{-8,0 \times 10^2 \text{ J}}$.

3. $\Delta U = W + Q = -800 + 1\,100 = \mathbf{+3,0 \times 10^2 \text{ J}}$.

4. $\Delta U > 0$: l'énergie interne augmente, donc le gaz s'est **réchauffé** (pour un gaz, U croît avec T).

Correction de l'exercice 8 : Un cycle moteur

1. AB : isobare (3 bar) en détente ; BC : isochore (6 L) ; CD : isobare (1 bar) en compression ; DA : isochore (2 L).

2. $W_{AB} = -3,0 \times 10^5 \times 4,0 \times 10^{-3} = \mathbf{-1\,200 \text{ J}}$; $W_{BC} = 0$; $W_{CD} = -1,0 \times 10^5 \times (-4,0 \times 10^{-3}) = \mathbf{+400 \text{ J}}$; $W_{DA} = 0$. Cycle : $W = -1\,200 + 400 = \mathbf{-800 \text{ J}}$.

3. Aire du rectangle = $\Delta P \times \Delta V = 2,0 \times 10^5 \times 4,0 \times 10^{-3} = 800 \text{ J}$: $|\mathbf{W_{cycle}}| = \mathbf{aire}$; le signe est négatif car le cycle est parcouru dans le sens horaire.

4. L'énergie interne est une fonction d'état : $\Delta U_{\text{cycle}} = 0$, donc $Q = -W = +800 \text{ J}$: la machine **reçoit de la chaleur et fournit du travail** (c'est un moteur).

Correction de l'exercice 9 : Un bloc de cuivre dans l'eau

1. Système isolé : $\Delta U_{\text{Cu}} + \Delta U_{\text{eau}} = 0$, soit $m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} (T_f - 90) + m_e c_e (T_f - 20) = 0$.
2. $57,75 (T_f - 90) + 1\,045 (T_f - 20) = 0 \Rightarrow 1\,102,75 T_f = 5\,197,5 + 20\,900 = 26\,097,5 \Rightarrow T_f \approx 23,7 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. $Q_{\text{cédé}} = 57,75 \times (90 - 23,7) \approx 3,8 \times 10^3 \text{ J}$, égale à l'énergie reçue par l'eau : $1\,045 \times 3,7 \approx 3,9 \times 10^3 \text{ J}$ (écart dû aux arrondis).

Correction de l'exercice 10 : Faire fondre de la glace

1. $Q = m L = 0,250 \times 3,34 \times 10^5 = 8,35 \times 10^4 \text{ J}$.
2. $\Delta t = Q \div P = 8,35 \times 10^4 \div 500 = 167 \text{ s}$ (2 min 47 s).
3. $Q = 500 \times 60 = 3,0 \times 10^4 \text{ J}$; $m = Q \div L = 3,0 \times 10^4 \div 3,34 \times 10^5 \approx 0,090 \text{ kg}$, soit 90 g.

Correction de l'exercice 11 : Courbe de chauffage

1. De $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $0 \text{ }^\circ\text{C}$: glace ; 1^{er} plateau : glace et eau liquide (fusion) ; montée de 0 à $100 \text{ }^\circ\text{C}$: eau liquide ; 2^e plateau : eau liquide et vapeur (ébullition) ; au-delà : vapeur.
2. Le premier plateau dure de 4 s à 71 s : $\Delta t \approx 67 \text{ s}$; $Q = P \Delta t = 500 \times 67 = 3,35 \times 10^4 \text{ J}$; $L_{\text{fus}} = Q \div m = 3,35 \times 10^4 \div 0,100 \approx 3,4 \times 10^5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.
3. La montée dure de 71 s à 155 s : $\Delta t \approx 84 \text{ s}$; $Q = 500 \times 84 = 4,2 \times 10^4 \text{ J}$; $c = Q \div (m \Delta T) = 4,2 \times 10^4 \div (0,100 \times 100) = 4,2 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
4. Le second plateau dure de 155 s à 607 s : $\Delta t \approx 452 \text{ s}$; $Q = 500 \times 452 = 2,26 \times 10^5 \text{ J}$; $L_{\text{vap}} = 2,26 \times 10^5 \div 0,100 = 2,26 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Correction de l'exercice 12 : Des glaçons dans l'eau

1. L'eau, en se refroidissant jusqu'à $0 \text{ }^\circ\text{C}$, libère $0,300 \times 4\,180 \times 25 = 3,1 \times 10^4 \text{ J}$; la fusion complète demande $0,050 \times 3,34 \times 10^5 = 1,67 \times 10^4 \text{ J}$, inférieur : **toute la glace fond**.
2. Bilan : $0,050 \times 3,34 \times 10^5 + 0,050 \times 4\,180 \times T_f + 0,300 \times 4\,180 \times (T_f - 25) = 0 \Rightarrow 16\,700 + 209 T_f + 1\,254 T_f - 31\,350 = 0 \Rightarrow 1\,463 T_f = 14\,650 \Rightarrow T_f \approx 10,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Correction de l'exercice 13 : Bouillir ou chauffer ?

1. $Q = 0,100 \times 2,26 \times 10^6 = 2,26 \times 10^5 \text{ J}$; $\Delta t = 2,26 \times 10^5 \div 2\,000 = 113 \text{ s}$.
2. $Q = 1,0 \times 4\,180 \times 80 = 3,34 \times 10^5 \text{ J}$; $\Delta t = 3,34 \times 10^5 \div 2\,000 \approx 167 \text{ s}$.
3. Vaporiser seulement 100 g demande 113 s, presque autant que chauffer 1,0 kg de 20 à $100 \text{ }^\circ\text{C}$: la vaporisation coûte beaucoup d'énergie (L_{vap} est grande). Laisser bouillir

longtemps gaspille de l'énergie et de l'eau.

Correction de l'exercice 14 : La pompe à vélo

1. $Q = 0$ (adiabatique) donc $\Delta U = W = +450 \text{ J}$.
2. $\Delta T = \Delta U \div C = 450 \div 12,5 = 36 \text{ K}$.
3. Le travail fourni s'accumule : à chaque coup de pompe, l'air reçoit du travail ; de plus les frottements du piston chauffent le corps de la pompe, et la chaleur n'a pas le temps de s'évacuer.

Correction de l'exercice 15 : Compression isotherme

1. Gaz parfait, température constante : $\Delta U = 0$ (l'énergie interne ne dépend que de T).
2. $Q = \Delta U - W = 0 - 320 = -320 \text{ J}$: le gaz cède de l'énergie à l'extérieur.
3. Le travail reçu est aussitôt évacué sous forme de transfert thermique vers le thermostat : l'énergie interne et la température restent constantes parce que la compression est lente et le contact thermique bon.

Correction de l'exercice 16 : Un chauffe-eau électrique

1. $m = 200 \text{ kg}$; $Q = 200 \times 4\,180 \times 40 = 3,3 \times 10^7 \text{ J}$ ($3,344 \times 10^7 \text{ J}$).
2. $\Delta t = 3,344 \times 10^7 \div 2\,200 \approx 15\,200 \text{ s}$, soit **4 h 13 min**.
3. $E_{\text{élec}} = 3,344 \times 10^7 \div 0,92 = 3,63 \times 10^7 \text{ J}$; en kWh : $3,63 \times 10^7 \div 3,6 \times 10^6 \approx 10,1 \text{ kWh}$.

Correction de l'exercice 17 : Capacité d'un calorimètre

1. $P = UI = 12 \times 2,5 = 30 \text{ W}$.
2. Coefficient directeur : $(32,6 - 19,0) \div (300 - 0) = 4,5 \times 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,0453).
3. Bilan : $C_{\text{tot}} dT = P dt$, donc $dT/dt = P \div C_{\text{tot}}$: **coefficient directeur = $P \div C_{\text{tot}}$** .
4. $C_{\text{tot}} = P \div \text{coefficient} = 30 \div 0,0453 \approx 6,6 \times 10^2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$. Eau : $0,150 \times 4\,180 = 627 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$; calorimètre : $662 - 627 \approx 35 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

Correction de l'exercice 18 : Frottements et échauffement

1. Les frottements des patins exercent une force sur la jante en mouvement : c'est un **travail $W > 0$** reçu par la jante : la force de frottement s'exerce sur un point qui se déplace, aucune source plus chaude n'est nécessaire.
2. $\Delta U = W + Q$ avec $W > 0$; Q est faible, voire négatif quand la jante est plus chaude que l'air. Au total $\Delta U > 0$.
3. Parce que la « chaleur » n'est pas contenue dans un corps : le système contient de **l'énergie interne** ; la chaleur désigne seulement un mode de transfert d'énergie.

Correction de l'exercice 19 : Refroidir une boisson

1. Boisson : $0,250 \times 4\,180 \times 15 = 15\,675 \text{ J}$ cédés. Glace : $m L + m c (10 - 0) = m (3,34 \times 10^5 + 4\,180 \times 10) = m \times 3,758 \times 10^5$. Donc $m = 15\,675 \div 3,758 \times 10^5 \approx 0,0417 \text{ kg}$, soit $\approx$ **42 g**.
2. **2 glaçons** (40 g). Bilan : $0,040 \times 3,34 \times 10^5 + 0,040 \times 4\,180 T_f + 0,250 \times 4\,180 (T_f - 25) = 0 \Rightarrow 13\,360 + 167,2 T_f + 1\,045 T_f - 26\,125 = 0 \Rightarrow T_f = 12\,765 \div 1\,212,2 \approx$ **10,5 °C**.
3. La fusion de 1 kg de glace absorbe $3,34 \times 10^5 \text{ J}$, soit autant que le refroidissement de 1 kg d'eau de 80 K : la glace est donc **bien plus efficace** que de l'eau froide pour une même masse.

Correction de l'exercice 20 : Bilan complet sur une cuisinière

1. $Q_1 = 1,0 \times 4\,180 \times 80 = 3,344 \times 10^5 \text{ J}$; $Q_2 = 1,0 \times 2,26 \times 10^6 \text{ J}$; total = **$2,59 \times 10^6 \text{ J}$** .
2. $P_{\text{utile}} = 0,60 \times 1\,800 =$ **1 080 W**.
3. $\Delta t = 2,594 \times 10^6 \div 1\,080 \approx 2\,402 \text{ s}$, soit **40 min**.
4. La vaporisation représente $2,26 \times 10^6 \div 2,594 \times 10^6 \approx$ **87 %** de l'énergie : faire bouillir l'eau jusqu'au bout coûte bien plus que la chauffer.

Comment progresser après ce corrigé

Si tu as hésité sur les signes, dessine le système et trace des flèches entrantes et sortantes avant d'écrire $\Delta U = W + Q$. Pour la calorimétrie, écris toujours $\Sigma \Delta U = 0$ avec T_f inconnue, puis développe. Convertis les litres en m^3 et les bars en pascals avant tout calcul de travail. Refais les exercices 8, 12 et 17 sans regarder la correction.

Retour aux énoncés des exercices