

CHAPITRE – BILAN D'ÉNERGIE THERMIQUE

TRAVAIL AUTONOME PAGES 371 À 379



QCM

- ☐ Manuel p. 371
☐ Pronote

Focus
MÉTHODE

- ☐ 11 p. 372
☐ 12 p. 373

Exercices
corrigés

- ☐ 13 ☐ 17 ☐ 18
☐ 22 ☐ 25 ☐ 27
☐ 29 ☐ 32 ☐ 36
☐ 40 ☐ 41

Exercices
facultatifs

- ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16
☐ 19 ☐ 20 ☐ 24
☐ 30 ☐ 35 ☐ 37
☐ 38 ☐ 39 ☐ 43

▪ EXERCICE 21 PAGE 375

Loi de Stefan

D'après la loi de Stefan, $\mathcal{P} = \sigma \cdot T^4$ donc $T = \sqrt[4]{\frac{\mathcal{P}}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{1,3 \times 10^7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}{5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}}} \approx 3900 \text{ K}$

▪ EXERCICE 26 PAGE 375

Loi de Newton

enseignement
explicite

ANA j'extrais les données : m , c et variation de T pour calculer la variation de U avec la loi de Joule

Je donne un sens au signe positif à l'aide de la convention du banquier

RES je connais les lois du cours et je sais les articuler entre elle

ANA deux termes d'une addition ont les mêmes dimensions. Or le premier terme est une température divisée par une durée.

La surface d'un cylindre, c'est le disque supérieur, le disque inférieur et le ruban qui fait le tour.

ANA REA je prends garde aux unités, il reste après simplification des W/J or

$$\frac{W}{J} = \frac{J/s}{J} = 1/s = s^{-1}$$

RES je m'appuie sur les méthodes du cours pour exploiter la forme de la solution et exprimer ses trois inconnues A , B et p . J'utilise pour cela la dépendance des termes au temps et les conditions initiales du problème

1. D'après la loi de Joule et Gay-Lussac,

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T = 700 \text{ g} \times 1 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \times 180 \text{ K} = 126 \text{ kJ}$$

Le signe est positif car la pâte acquiert de l'énergie thermique.

2. D'après le premier principe de la thermodynamique et sans travail ; $\Delta U = Q$. Dans son expression locale, $dU = \delta Q$.

Or d'après la loi de Joule et Gay-Lussac, $dU = mc_m dT$ donc

$\delta Q = mc_m dT$. D'après la loi de Newton, $\delta Q = hS(T_{\text{ext}} - T)dt$ donc $hS(T_{\text{ext}} - T)dt = mc_m dT$

Alors $\frac{dT}{dt} + \frac{hS}{mc_m} T = \frac{hS}{mc_m} T_{\text{ext}}$ et on pose $k = \frac{hS}{mc_m}$

3. D'après la formule, k est l'inverse d'un temps.

Calcul de l'aire totale du cylindre :

$$S = S_{\text{sup}} + S_{\text{inf}} + S_{\text{lat}} = \pi r^2 + \pi r^2 + 2\pi rH = 0,0817 \text{ m}^2$$

Calcul de k :

$$k = \frac{5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \times 0,0817 \text{ m}^2}{700 \text{ g} \times 1 \frac{\text{J}}{\text{gK}}} = 5,83 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

4. L'équation différentielle admet une solution de la forme $T(t) = A + B \cdot \exp(p \cdot t)$. Dérivons :

$$\frac{dT(t)}{dt} = p \cdot B \cdot \exp(p \cdot t)$$

Injection dans l'ED :

$$pB \exp(pt) + kA + kB \exp(pt) = kT_{\text{ext}}$$

Regroupons les termes qui dépendent du temps

$$B \exp(pt)[p + k] = kT_{\text{ext}} - kA$$

Ces deux membres ne peuvent être égaux entre eux à tout moment que s'ils sont simultanément nuls donc $p = -k$ et $A = T_{\text{ext}}$. Donc

VAL je vérifie que la solution obtenue est bien celle du cours.

VAL je vérifie que le sens de variation est bien conforme à la situation physique (le gâteau chauffe), que la température initiale est bien de 20 °C, qu'elle tend finalement vers la température du thermostat soit 200 °C et que l'évolution dans le temps n'est ni trop lente ni trop rapide d'après mon expérience du quotidien.

$$T(t) = T_{ext} + B \exp(-kt)$$

D'après les conditions initiales, $T(t = 0) = T_0 = 20^\circ\text{C}$

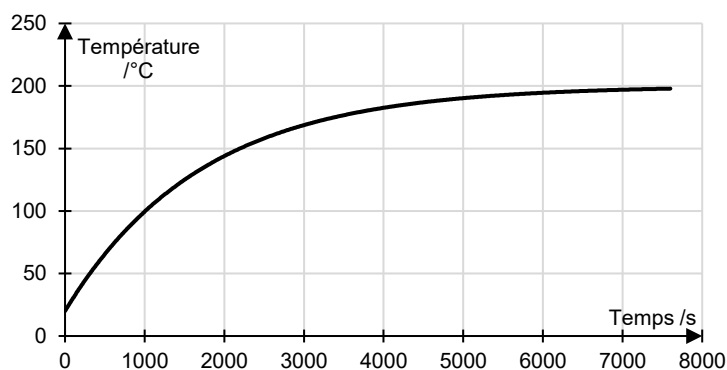
Or d'après la dernière formule, $T(0) = T_{ext} + B$ donc

$$B = T_0 - T_{ext}$$

Ainsi,

$$T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext}) \exp(-kt)$$

5.



▪ EXERCICE 28 PAGE 375

Bilan thermodynamique

1. L'eau froide passe de 18 à 23 °C donc $Q_1 = m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot \Delta T_{eau} = 500 \text{ g} \times 4 \text{ 180 J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \times (23 - 18)\text{K} = 10 \text{ 450 J} = 10,5 \text{ kJ}$

2. Le calorimètre subit la même variation : $Q_{calo} = c_{calo} \cdot \Delta T_{calo} = 180 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \times 5\text{K} = 900 \text{ J} = 0,900 \text{ kJ}$

3. Globalement, puisque le système n'échange pas de chaleur avec l'extérieur, $Q = 0$ donc $Q_1 + Q_{calo} + Q_2 = 0$, alors $Q_2 = -Q_1 - Q_{calo} = -11,4 \text{ kJ}$. Le signe est négatif, c'est bien de l'énergie cédée par le bloc de cuivre.

4. $c_{Cu} = \frac{Q_2}{m_2 \cdot \Delta T_2} = \frac{-11,4 \text{ kJ}}{0,490 \text{ kg} \times (23 - 83)\text{K}} = 0,388 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Cette valeur est assez grande pour un récipient, le cuivre permet un bon échange d'énergie thermique, il est approprié pour la cuisson.

▪ EXERCICE 31 PAGE 376

Puissance et énergie interne

On fait l'hypothèse que toute l'énergie électrique consommée par la bouilloire est convertie en énergie thermique dans l'eau qu'elle contient. Cette hypothèse se traduit par l'égalité suivante :

$$\mathcal{E}_{elec} = Q_{eau}$$

$$\mathcal{P}_{elec} \cdot \Delta t = m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot \Delta T_{eau}$$

Donc

$$\Delta t = \frac{m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot \Delta T_{eau}}{\mathcal{P}_{elec}} = \frac{150 \text{ g} \times 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 78 ^\circ\text{C}}{2 \times 10^3 \text{ W}} = 24,5 \text{ s}$$

▪ EXERCICE 34 PAGE 377

Flux et résistance thermique

$$1. R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S} = \frac{0,20 \text{ m}}{0,10 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \times 12 \text{ m}^2} = 0,17 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$2. \Phi = \frac{(T_{int} - T_{ext})}{R_{Th}} = \frac{35 \text{ K}}{0,17 \frac{\text{K}}{\text{W}}} = 210 \text{ W}$$

$$3. \Phi_{esquimaux} = 2 \times \frac{400 \text{ kJ}}{1 \text{ h}} = 2 \times \frac{400 \times 10^3 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 222 \text{ W}. \text{ Le flux apporté par les deux esquimaux surpasse le flux perdu au travers des parois donc la température dans l'igloo va légèrement augmenter durant la nuit, si on ne tient pas compte des éventuels autres phénomènes.}$$