Corrigé Premier principe de la thermodynamique et transferts thermique

QCM-1

1 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car c'est l'énergie mécanique qui est égale à $E_c + E_{pp}$.
La proposition C est une bonne réponse.

2 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car c'est le flux thermique qui s'exprime en watt
La proposition C est une bonne réponse.

3 La proposition A n'est pas une bonne réponse car, pour un système au repos, $E_c = 0$ donc :
$E_{total} = E_{pp} + U$.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car, pour un système au repos :
$\Delta E_c + \Delta E_{pp} = 0$ donc $\Delta E_{tot} = \Delta U$.

4 La proposition A n'est pas une bonne réponse car, pour un système incompressible, $W = 0$ donc $\Delta U = W + Q = Q$.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car, pour un système incompressible, $W = 0$ donc $\Delta U = W + Q = Q$.

5 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car l'expression est incorrecte : le transfert thermique est proportionnel à une différence de température, pas de temps.

6 La proposition A n'est pas une bonne réponse car la conduction est un transfert thermique par contact.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car le flux thermique est le transfert thermique qui s'écoule par unité de temps.

7 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car le transfert thermique est orienté de la source chaude vers la source froide.
La proposition C est une bonne réponse.

8 Les propositions A et B ne sont pas des bonnes réponses car le flux thermique est le transfert thermique qui s'écoule par unité de temps et est, par définition, égal à $\frac{Q}{\Delta t}$.
La proposition C est une bonne réponse.

9 La proposition A est une bonne réponse.
Les propositions B et C ne sont pas des bonnes réponses car, à chaque fois, l'expression est incorrecte.

10 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car l'expression est incorrecte.
La proposition C est une bonne réponse.

11 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C est une bonne réponse.

12 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C est une bonne réponse.

13 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C est une bonne réponse.

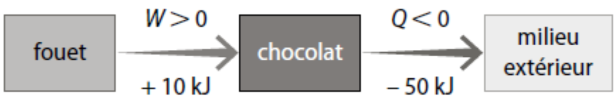
QCM

1. **B** ; **2.** **A** et **C** ; **3.** **B** ; **4.** **A** ; **5.** **B** ; **6.** **A**, **B** et **C** ; **7.** **A** ; **8.** **A** ; **9.** **B** ; **10.** **A** ; **11.** **A**.

16 **1.** Les deux systèmes sont dans des états physiques différents (liquide ou gaz). Dans le liquide, les molécules d'eau sont très rapprochées : les énergies potentielles d'interaction prédominent devant les énergies cinétiques microscopiques. Dans le cas de la vapeur d'eau, c'est l'inverse.

2. Les deux systèmes ont la même température, donc les mêmes énergies cinétiques microscopiques. Dans l'eau liquide, les interactions intermoléculaires sont plus importantes que dans la vapeur car les molécules sont plus rapprochées. L'eau liquide compte donc en plus une importante énergie d'interaction : elle possède l'énergie interne la plus élevée.

18 **1.**



2. a. Le système est au repos : sa position ou sa vitesse ne sont pas modifiées.
$\Delta E_{tot} = \Delta U$
D'après le premier principe de la thermodynamique :
$\Delta U = W + Q$
b. ΔU : terme correspondant à la variation de l'énergie du système.
W, Q : termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.
c. $\Delta U = W + Q$
W est reçu par le système, donc $W > 0$.
Q est cédé par le système, donc $Q < 0$.
$\Delta U = 10 - 50 = -40$ kJ

20 **1.** $\Delta U = \rho \cdot V \cdot c_a \cdot (T_2 - T_1)$

AN : $\Delta U = 1{,}3 \times 400 \times 1\,000 \times (15{,}6 - 19{,}0)$

$= -1{,}8 \times 10^6$ J

2. $\Delta U < 0$ traduit une perte d'énergie de l'habitation.

21 **1.** $\Delta U_{eau} = Q = \rho_{eau} \cdot V \cdot c_{eau} \cdot \Delta\theta$

$\Delta U_{eau} = 1{,}00 \times 0{,}250 \times 4\,180 \times (90 - 10)$

$= 8{,}4 \times 10^4$ J

2. On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé. Toute l'énergie électrique est utilisée pour chauffer l'eau.

$W_e = P \cdot \Delta t = \Delta U_{eau}$

Donc $\Delta t = \dfrac{\Delta U_{eau}}{P} = \dfrac{8{,}4 \times 10^4}{900} = 93$ s $= 1$ min 33 s

23 **1.** Pour le système {café}, en l'absence de changement d'état et de transformation chimique :

$\Delta U_{café} = \rho_{eau} \cdot V \cdot c_{eau} \cdot \Delta T$

AN : $\Delta U_{café} = 1{,}0 \times 1{,}0 \times 4{,}18 \times (52 - 60) = -33$ kJ.

2. En supposant que la bouteille thermos est parfaitement isolée :

$\Delta U_{café+thermos} = 0$

3. $\Delta U_{café+thermos} = \Delta U_{café} + \Delta U_{thermos} = 0$

Donc $\Delta U_{thermos} = -\Delta U_{café} = 33$ kJ.

24 **1.** Le transfert thermique se fait toujours de la source chaude vers la source froide, donc ici de l'intérieur vers l'extérieur.

2. On a $\Phi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ donc $R_{th} = \dfrac{\Delta T}{\Phi}$.

Puisque Φ est le même pour les vitres et pour la lame d'air, on peut comparer directement les résistances thermiques à partir de ΔT. Ainsi, on voit que, pour le verre, ΔT est plus petit. La résistance thermique du verre est donc plus faible que celle de la lame d'air.

3. La résistance thermique de la lame d'air est supérieure à celle du verre, donc la lame d'air est un meilleur isolant thermique.

17 Connaitre le premier principe

1. $\Delta U_{i \to f}$ correspond à la variation d'énergie interne du système ; W est l'énergie échangée par travail entre le système et l'extérieur ; Q est l'énergie échangée par transfert thermique entre le système et l'extérieur.

2. Par convention, le travail et le transfert thermique sont comptés :

– positivement s'ils sont reçus par le système ;

– négativement s'ils sont cédés par le système.

18 Énoncer le premier principe

1. Le système {eau et théière} reçoit un transfert thermique Q_1 de la part de la plaque chauffante mais cède aussi un transfert thermique Q_2 à l'air ambiant (la température de surface du métal est plus élevée que celle de l'air ambiant).

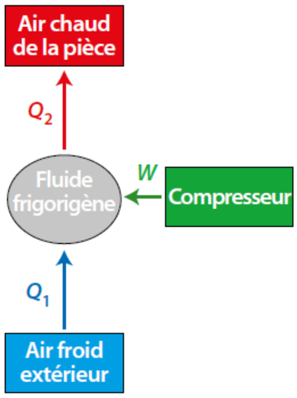
2. D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système {eau et théière}, la variation d'énergie interne $\Delta U = Q + W$ est égale à la somme de toutes les énergies transférées par travail W et par transfert thermique Q.

Or, il n'y a pas de transfert d'énergie par travail. Donc : $\Delta U = Q_1 + Q_2$.

Remarque : $Q_1 > 0$ car le système reçoit effectivement de l'énergie de la part de la plaque chauffante ; $Q_2 < 0$ car le système cède effectivement de l'énergie à l'air ambiant.

19 Utiliser le premier principe (1)

1.



2. Pour le fluide frigorigène, le premier principe de la thermodynamique s'écrit : $\Delta U = W + Q_1 + Q_2$.

20 Utiliser le premier principe (2)

1. D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système {shaker, jus de citron vert et jus d'orange}, entre l'état initial (introduction des ingrédients) et l'état final (fin du mélange), $\Delta U_{i \to f} = Q + W$.

Or, le shaker est un récipient qui ne permet pas d'échange d'énergie avec l'extérieur ni par transfert thermique ($Q = 0$) ni par travail ($W = 0$) ; d'où : $\Delta U_{i \to f} = 0$.

Remarque : des transferts thermiques, dont la somme est nulle, s'effectuent en revanche à l'intérieur du shaker entre les différents ingrédients.

2. La température du verre est celle de l'air extérieur. Le système {shaker, jus de citron vert et jus d'orange}, en équilibre thermique après mélange, est plus froid que le verre dans lequel il est placé. Le système reçoit donc de l'énergie sous forme d'un transfert thermique Q de la part du verre : le système se réchauffe.

21 Prévoir l'évolution d'une énergie interne

1. L'expression de la variation d'énergie interne du système {jus de fruit}, de l'état initial i à l'état final f, est : $\Delta U_{i \to f} = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$.

2. Comme le jus d'orange refroidit de 5 °C, $\theta_f - \theta_i < 0$ et donc $\Delta U_{i \to f} < 0$.

22 Calculer une variation d'énergie interne

1. L'expression de la variation d'énergie interne du système {eau}, de l'état initial i à l'état final f, est : $\Delta U_{i \to f} = m \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$.

2. On déduit de l'expression précédente :

$$\theta_f = \frac{\Delta U_{i \to f}}{m \times c_{eau}} + \theta_i \ ;$$

soit $\theta_f = \dfrac{4{,}21 \times 10^4 \text{ J}}{150 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 4{,}18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}} + 20\,°\text{C}$,

soit $\theta_f = 87$ °C.

24 Aluminium, toujours !

1. L'alliage est composé de 90 % en masse d'aluminium et 10 % en masse de magnésium, et sa capacité thermique massique est égale à la somme des capacités thermiques massiques de ses constituants coefficientées par leur pourcentage massique. La capacité thermique massique de l'alliage est donc :

$$c = \frac{90}{100} \times c_{A\ell} + \frac{10}{100} \times c_{Mg}$$

$$c = \frac{90}{100} \times 897 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1} + \frac{10}{100} \times 1{,}02 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}$$

soit $c = 9{,}09 \times 10^2$ J·kg^{-1}·°C^{-1}.

2. a. La température du système 1 {pièce d'alliage} augmente lorsqu'il vient au contact de l'eau plus chaude. Donc la forme d'énergie du système 1 qui est modifiée est son énergie cinétique microscopique liée à l'agitation thermique des entités qui constituent l'alliage.

b. Pour le système 1 {pièce d'alliage} :
– État initial : début de la trempe, le système 1 est à la température θ_1.
– État final : fin de la trempe, le système 1 est à la température θ_f.
– L'expression de la variation d'énergie interne du système 1, incompressible, de l'état initial i à l'état final f, est :

$$\Delta U_1 = m \times c \times (\theta_f - \theta_1).$$

De même, **pour le système 2 {eau du bain} :**
– État initial : début de la trempe, le système 2 est à la température θ_2.
– État final : fin de la trempe, le système 2 est à la température θ_f.
– L'expression de la variation d'énergie interne du système 2, incompressible, de l'état initial i à l'état final f, est :

$$\Delta U_2 = m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_2).$$

3. a. D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système, entre l'état initial et l'état final, $\Delta U_{i \to f} = Q + W$.
Or, le système 1 reçoit de l'énergie du milieu extérieur (l'eau du bain) exclusivement par transfert thermique Q_1. Donc le transfert par travail $W = 0$ d'où $\Delta U_1 = Q_1$.
De plus, le système 2 cède de l'énergie au milieu extérieur (pièce d'alliage) exclusivement par transfert thermique Q_2. Donc $W = 0$ d'où $\Delta U_2 = Q_2$.
b. Les seuls échanges ayant lieu sont ceux entre le système 1 et le système 2 ; on a $Q_2 = -Q_1$ donc $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.
Autre rédaction : le système 1 + 2 {pièce d'alliage et eau du bain} n'échange aucune énergie ni par transfert thermique ni par travail.
D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système 1 + 2, entre l'état initial i et l'état final f, $\Delta U_{i \to f} = 0$ avec $\Delta U_{i \to f} = \Delta U_1 + \Delta U_2$; soit $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$; donc $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.
4. D'après la question précédente, $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.
Ainsi $m \times c \times (\theta_f - \theta_1) = -\ m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_2)$.
On développe l'expression :

$$m \times c \times \theta_f - m \times c \times \theta_1 = -m_{eau} \times c_{eau} \times \theta_f + m_{eau} \times c_{eau} \times \theta_2$$

puis en factorisant par θ_f :

$$\theta_f \times (m \times c + m_{eau} \times c_{eau}) = m \times c \times \theta_1 + m_{eau} \times c_{eau} \times \theta_2$$

Ainsi : $\theta_f = \dfrac{m \times c \times \theta_1 + m_{eau} \times c_{eau} \times \theta_2}{(m \times c + m_{eau} \times c_{eau})}$.

D'où : $\theta_f =$

$$\frac{10\ \text{kg} \times 909\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1} \times 540\ {}^\circ\text{C} + 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg} \times 4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1} \times 19\ {}^\circ\text{C}}{10\ \text{kg} \times 909\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1} + 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg} \times 4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1}}$$

soit $\theta_f = 20\ {}^\circ\text{C}$.

8 CORRIGÉ Discuter de l'influence de l'albédo (1)

a. L'albédo est le pourcentage de la puissance solaire qui est **renvoyé** par le système {Terre et atmosphère}.
b. L'albédo de la glace est **supérieur** à celui des forêts.
c. Sans albédo, la température terrestre moyenne serait **supérieure** à celle avec albédo.

9 Discuter de l'influence de l'albédo (2)

1. La puissance surfacique renvoyée par le système {Terre-atmosphère} est :

$$|p_R| = p_T - p_{T\,(abs)} = 344\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} - 241\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} = 103\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$$

On en déduit l'albédo : $\alpha = \dfrac{|p_R|}{p_T} = \dfrac{103\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}{344\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}} = 0{,}299$ soit environ 0,30.
2. Pour le sable :

$$|p_R| = \alpha \times p_T = 0{,}32 \times 344\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} = 110\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}.$$

On en déduit :

$$p_{sable\,(abs)} = p_T - |p_R| = 344\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} - 110\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} = 234\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}.$$

Pour la neige :

$$|p_R| = \alpha \times p_T = 0{,}90 \times 344\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} = 310\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}.$$

On en déduit :

$$p_{neige\,(abs)} = p_T - |p_R| = 344\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} - 310\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2} = 34\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}.$$

Ces calculs montrent que les surfaces claires renvoient davantage d'énergie par rayonnement que les surfaces foncées (voir activité 3).

27 **1.** On peut estimer que la température terrestre moyenne est globalement stable et donc dire que le flux thermique reçu du Soleil est égal au flux thermique émis par la Terre :
$\Phi_{\text{réémis par la Terre}} = \Phi_{\text{reçu du Soleil}}$

2. a. $F = \sigma \cdot T^4$ donc $\sigma = \dfrac{F}{T^4}$.

F est en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ donc σ est en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$.
b. $\Phi_{\text{réémis par la Terre}} = \Phi_{\text{reçu du Soleil}}$
Donc $\sigma \cdot T^4 = F$

Soit $T = \sqrt[4]{\dfrac{F}{\sigma}} = \sqrt[4]{\dfrac{342}{5{,}67 \times 10^{-8}}} = 279\ \text{K}$

Cela correspond à 6 °C.

3. Cette valeur diffère de la valeur théorique car la Terre n'est pas un « corps noir » : elle réfléchit vers l'espace une partie (30 %) de l'énergie qu'elle reçoit (albédo de 0,30) et les gaz de l'atmosphère absorbent une partie (environ 20 %) du rayonnement émis par le sol (effet de serre).

28 **1.** Le système (café) cède de l'énergie à l'environnement.

2. $T_{amb} = 25\ {}^\circ\text{C}$

3. La solution générale de l'équation différentielle est :
$T(t) = A \cdot e^{\gamma \cdot t} + B$
Quand t tend vers l'infini, $T = T_{amb}$ donc $B = T_{amb}$.
À $t = 0$ s, $T = T_0$ donc $T_0 = A + T_{amb}$ donc $A = T_0 - T_{amb}$.
Donc :
$T(t) = (T_0 - T_{amb}) \cdot e^{\gamma \cdot t} + T_{amb}$
D'où l'expression de $T(t)$ en fonction de γ :
$T(t) = (75 - 25)e^{\gamma \cdot t} + 25$
Donc :
$T(t) = 50e^{\gamma \cdot t} + 25$

4. a. Après 5 minutes, le café est à 50 °C.
Donc $T(5) = 50e^{\gamma \times 5} + 25 = 50$

Donc $e^{5\gamma} = \dfrac{1}{2}$.

Donc $5\gamma = \ln \dfrac{1}{2}$.

Donc $\gamma = -\dfrac{\ln 2}{5}$.

b. On en déduit l'expression générale de $T(t)$:

$$T(t) = 50e^{-\frac{\ln 2}{5}t} + 25$$

10 Comprendre la loi de Newton

S représente la surface d'échange entre le système incompressible et son environnement constitué d'un fluide ; h est le coefficient d'échange convectif ; T_e est la température extérieure loin de la surface S du système et T est la température uniforme à la surface S.
h est exprimé en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$; le flux est exprimé en watt (W).

11 Exploiter la loi de Newton

On utilise la loi de Newton :

$$\Phi = h \times S \times (T_e - T)$$
$$= 10\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}} \times 1{,}0\ \mathrm{m^2} \times (293\ \mathrm{K} - 323\ \mathrm{K})$$
$$= -3{,}0 \times 10^2\ \mathrm{W}.$$

Le système perd de l'énergie. Le flux thermique à travers la paroi est dirigé du système vers l'extérieur.

14 Côté maths
Résoudre une équation différentielle

1. Pour une équation différentielle de la forme :
$y' = ay + b$, les solutions sont de la forme : $y = K \times e^{a \times x} - \dfrac{b}{a}$.

Par comparaison, les solutions de l'équation différentielle sont de la forme : $\theta = K \times e^{a \times t} + \theta_e$.
D'après les conditions initiales : $\theta(0) = K + \theta_e = \theta_i$
donc $K = \theta_i - \theta_e$.
L'unique solution de l'équation différentielle vérifiée par la température θ est : $\theta = (\theta_i - \theta_e) \times e^{a \times t} + \theta_e$.

2. Au bout d'une heure, la température du gâteau est :
$\theta = (180\ °C - 20\ °C) \times e^{-3{,}8 \times 10^{-4}\ s^{-1} \times 3600\ s} + 20\ °C = 61°C$.

16 Un métal bien trempé

1. D'après le premier principe de la thermodynamique, entre deux états i et f, $\Delta U_{i \to f} = W + Q$ donc $\Delta U_{i \to f} = Q$.
De plus, pour un système incompressible : $\Delta U_{i \to f} = m \times c \times \Delta\theta$.
L'expression de la relation $\Delta U_{i \to f} = Q$ devient donc : $Q = m \times c \times \Delta\theta$.
$Q = m \times c \times \Delta\theta$ peut s'écrire, en utilisant la loi de Newton :

$$m \times c \times \Delta\theta = h \times S \times (\theta_e - \theta) \times \Delta t \quad \text{soit} \quad \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{h \times S}{m \times c} \times (\theta_e - \theta).$$

Lorsque Δt tend vers zéro, la limite de $\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$ est égale à la dérivée de θ par rapport au temps t notée $\dfrac{d\theta}{dt}$.

Soit $\dfrac{d\theta}{dt} = -\dfrac{h \times S}{m \times c} \times \theta + \dfrac{h \times S}{m \times c} \times \theta_e$; c'est l'équation différentielle vérifiée par θ pour chacun des transferts thermiques.

2. a. Pour une équation différentielle de la forme $y' = a \times y + b$.
Les solutions sont de la forme : $y = K \times e^{a \times x} - \dfrac{b}{a}$.
Par comparaison, les solutions de l'équation différentielle sont :

$$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e.$$

Dans le cas de l'étape 1 : $\theta(t = 0) = K + \theta_e = \theta_0$
donc $K = \theta_0 - \theta_e$; la solution de l'équation différentielle est :

$$\theta = (\theta_0 - \theta_e) \times e^{-\frac{h_1 \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e.$$

b. Pour la température finale $\theta_{finale} = \theta_1$, $t_{final} = \Delta t_1$

soit $\theta_1 = (\theta_0 - \theta_e) \times e^{-\frac{h_1 \times S}{m \times c} \times \Delta t_1} + \theta_e$.

D'où $\Delta t_1 = -\dfrac{m \times c}{h_1 \times S} \times \ln\left(\dfrac{\theta_1 - \theta_e}{\theta_0 - \theta_e}\right)$;

soit $\Delta t_1 = -\dfrac{\rho \times V \times c}{h_1 \times S} \times \ln\left(\dfrac{\theta_1 - \theta_e}{\theta_0 - \theta_e}\right)$

$$\Delta t_1 = -\frac{\rho \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times c}{h_1 \times 4 \times \pi \times r^2} \times \ln\left(\frac{\theta_1 - \theta_e}{\theta_0 - \theta_e}\right)$$

$$\Delta t_1 = -\frac{\rho \times r \times c}{3 \times h_1} \times \ln\left(\frac{\theta_1 - \theta_e}{\theta_0 - \theta_e}\right).$$

Donc

$$\Delta t_1 = -\frac{3\,000\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}} \times 15 \times 10^{-3}\ \mathrm{m} \times 1{,}00 \times 10^3\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}}}{3 \times 10\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}}} \times \ln\left(\frac{320\ °C - 20°C}{400\ °C - 20°C}\right)$$

D'où $\Delta t_1 = 3{,}5 \times 10^2$ s.

3. a. Dans le cas de l'étape 2, qui commence au bout de la durée Δt_1 :
$\theta(t = 0) = K + \theta_e = \theta_1$ donc $K = \theta_1 - \theta_e$; la solution de l'équation différentielle est :

$$\theta = (\theta_1 - \theta_e) \times e^{-\frac{h_2 \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e.$$

b. Pour la température finale $\theta_{finale} = \theta_2$, $t_{final} = \Delta t_2$

soit $\theta_2 = (\theta_1 - \theta_e) \times e^{-\frac{h_2 \times S}{m \times c} \times \Delta t_2} + \theta_e$.

De même qu'en **2**, $\Delta t_2 = -\dfrac{m \times c}{h_2 \times S} \times \ln\left(\dfrac{\theta_2 - \theta_e}{\theta_1 - \theta_e}\right)$.

Soit $\Delta t_2 = -\dfrac{\rho \times r \times c}{3 \times h_2} \times \ln\left(\dfrac{\theta_2 - \theta_e}{\theta_1 - \theta_e}\right)$.

Donc

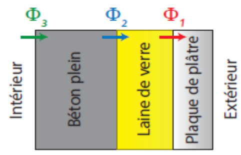
$$\Delta t_2 = -\frac{3\,000\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}} \times 15 \times 10^{-3}\ \mathrm{m} \times 1{,}00 \times 10^3\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}}}{3 \times 6{,}0 \times 10^2\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}}} \times \ln\left(\frac{35\ °C - 20°C}{320\ °C - 20°C}\right)$$

$\Delta t_2 = 75$ s.

4. C'est l'eau qui assure le refroidissement le plus rapide.

19 Pertes thermiques

1. Schéma en coupe ($\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_{123}$) :



2. Le mode de transfert thermique mis en jeu est la conduction à travers les murs.

3. $R_{th} = R_{th\,1} + R_{th\,2} + R_{th\,3}$ soit :
$R_{th} = 0{,}039\ °C \cdot W^{-1} + 0{,}125\ °C \cdot W^{-1} + 0{,}013\ °C \cdot W^{-1}$
$R_{th} = 0{,}177\ °C \cdot W^{-1}$.

4. Pour un transfert thermique par conduction en régime permanent indépendant du temps :

$$\Phi = \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_{th}} \text{ d'où } \Phi = \frac{(20\ °C - 5\ °C)}{0{,}177\ °C \cdot W^{-1}} = 85\ \mathrm{W}.$$

5. Pour un simple mur en béton :

$$\Phi = \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_{th3}} \text{ d'où } \Phi = \frac{(20\ °C - 5\ °C)}{0{,}013\ °C \cdot W^{-1}} = 1{,}2 \times 10^3\ \mathrm{W}.$$

Le simple mur en béton est beaucoup moins isolant.

37 Tout corps de température non nulle perd de l'énergie par rayonnement. La loi de Stefan-Boltzmann définit la relation qui existe entre le flux thermique par unité de surface F (en $W \cdot m^{-2}$) d'un objet et la température T (en K) de l'objet considéré comme un « corps noir », objet idéal qui émet sous forme d'un rayonnement toute l'énergie qu'il reçoit :

$F = \sigma \cdot T^4$ donc $T^4 = \dfrac{F}{\sigma}$.

AN : $T^4 = \dfrac{800}{5{,}67 \times 10^{-8}} = 1{,}41 \times 10^{10}\ K^4$

Donc $T = 345$ K $= 72$ °C.
La différence de température vient du fait que le fond du panneau n'est pas un « corps noir » et ne réémet donc pas toute l'énergie qu'il reçoit.