

**CORRECTION DES EXERCICES DE CALORIMETRIE : exercices 1 et 2****EXERCICE 1 : Détermination de la capacité thermique d'un calorimètre:**

Un calorimètre contient une masse  $m_1 = 250\text{g}$  d'eau. La température initiale de l'ensemble est  $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$ . On ajoute une masse  $m_2 = 300\text{g}$  d'eau à la température  $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$ .

1. Quelle serait la température d'équilibre thermique  $\theta_e$  de l'ensemble si la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires était négligeable ?
2. On mesure en fait une température d'équilibre thermique  $\theta_e = 50^\circ\text{C}$ . Déterminer la capacité thermique  $C$  du calorimètre et de ses accessoires.  
*Données:* Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4185\text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ; Masse volumique de l'eau :  $\mu = 1000\text{ kg.m}^{-3}$ .

**CORRECTION DE L' EXERCICE 1 : Détermination de la capacité thermique d'un calorimètre:**

1. • Le système froid  $S_1$ : {l'eau froide}. La température va passer de  $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$ ,  $m_1 = 250\text{ g}$  à  $\theta_e = ?$   
Ce système  $S_1$  va capter une quantité de chaleur  $Q_1 > 0$ .  
Quantité de chaleur captée par l'eau froide:  $Q_1 = m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1)$ .  
• Système 2 chaud  $S_2$ : {eau chaude}  $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$  ;  $m_2 = 300\text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = ?$   
Ce système  $S_2$  va perdre une quantité de chaleur  $Q_2 < 0$ .  
Quantité de chaleur cédée par l'eau chaude:  $Q_2 = m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)$ .  
• Le système {eau + calorimètre} est isolé:  
 $Q_1 + Q_2 = 0$  soit  $m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2) = 0$   
On tire  $\theta_e$  :  $\theta_e = \frac{m_1 \cdot \theta_1 + m_2 \cdot \theta_2}{m_1 + m_2}$  A.N. :  $\theta_e = \frac{250 \cdot 10^{-3} \cdot 18 + 300 \cdot 10^{-3} \cdot 80}{250 \cdot 10^{-3} + 300 \cdot 10^{-3}} = 51,8^\circ\text{C}$   **$\theta_e = 51,8^\circ\text{C}$**
2. • Le système froid  $S_1$ : {l'eau froide + calorimètre et ses accessoires}.  $Q_1 > 0$ .  
Quantité de chaleur captée par l'eau froide et le calorimètre:  $Q_1 = (m_1 \cdot c_e + C) \cdot (\theta_e - \theta_1)$ .  
• Système 2 chaud  $S_2$ : {eau chaude}  $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$  ;  $m_2 = 300\text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = 50^\circ\text{C}$   
Ce système  $S_2$  va perdre une quantité de chaleur  $Q_2 < 0$ .  
Quantité de chaleur cédée par l'eau chaude:  $Q_2 = m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)$ .  
• Le système {eau + calorimètre} est isolé:  $Q_1 + Q_2 = 0$   
 $(m_1 \cdot c_e + C) \cdot (\theta_e - \theta_1) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2) = 0$   
 $C \cdot (\theta_e - \theta_1) = -m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) - m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2) = 0$  **On tire C :**  
 $C = \frac{-m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) - m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)}{\theta_e - \theta_1} = \frac{m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_1 - \theta_e) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_2 - \theta_e)}{\theta_1 - \theta_e}$   
A.N. :  $C = \frac{250 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 \cdot (50 - 18) + 300 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 \cdot (50 - 80)}{18 - 50} = 130,8\text{ J.K}^{-1}$   **$C = 130,8\text{ J.K}^{-1}$**

**EXERCICE 2 : Bain à 37°C:**

On désire obtenir un bain d'eau tiède à la température  $\theta = 37^\circ\text{C}$ , d'un volume total  $V = 250$  litres, en mélangeant un volume  $V_1$  d'eau chaude à la température initiale  $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$  et un volume  $V_2$  d'eau froide à la température initiale  $\theta_2 = 15^\circ\text{C}$ .

Déterminer  $V_1$  et  $V_2$  en supposant négligeables toutes les fuites thermiques lors du mélange.

*Données:* Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4185\text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ; Masse volumique de l'eau :  $\mu = 1000\text{ kg.m}^{-3}$ .

**CORRECTION DE L' EXERCICE 2 : Bain à 37°C:**

- Le système chaud  $S_1$ : {l'eau chaude}.  $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$  ;  $V_1 = ?$ . Température finale :  $\theta_e = 50^\circ\text{C}$ .  $Q_1 < 0$ .  
Soit  $Q_1$  la quantité de chaleur cédée par l'eau chaude:  $Q_1 = m_1 \cdot c_e \cdot (\theta - \theta_1)$ .
- Système 2 froid  $S_2$ : {eau froide}  $\theta_2 = 15^\circ\text{C}$  ;  $V_2 = ?$ . Température finale :  $\theta_e = 50^\circ\text{C}$ .  $Q_2 > 0$ .  
Soit  $Q_2$  la quantité de chaleur captée par l'eau froide:  $Q_2 = m_2 \cdot c_e \cdot (\theta - \theta_2)$ .
- Le système {eau} est isolé :  $Q_1 + Q_2 = 0$   
 $m_1 \cdot c_e \cdot (\theta - \theta_1) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta - \theta_2) = 0$  soit :  **$m_1 \cdot (\theta - \theta_1) + m_2 \cdot (\theta - \theta_2) = 0$**

Application numérique:

$$m_1 \cdot (37 - 70) + m_2 \cdot (37 - 15) = 0 \text{ soit } -33 \cdot m_1 + 22 \cdot m_2 = 0 \text{ soit } -33 \cdot V_1 + 22 \cdot V_2 = 0$$

D'autre part, le volume total du bain est  $V = 250\text{L} \Rightarrow V_1 + V_2 = 250$

$$\text{D'où le système: } \begin{cases} -33 \cdot V_1 + 22 \cdot V_2 = 0 & (1) \\ V_1 + V_2 = 250 & (2) \end{cases}$$

**Il faut donc 150L d'eau froide à 15°C et 100L d'eau chaude à 70°C pour obtenir 250L d'un bain à 37°C**

**CORRECTION DES EXERCICES DE CALORIMETRIE (exercices 3 et 4)****EXERCICE 3 : Chaleur massique du plomb:**

On sort un bloc de plomb de masse  $m_1=280\text{g}$  d'une étuve à la température  $\theta_1=98^\circ\text{C}$ . On le plonge dans un calorimètre de capacité thermique  $C=209\text{J.K}^{-1}$  contenant une masse  $m_2=350\text{g}$  d'eau. L'ensemble est à la température initiale  $\theta_2=16^\circ\text{C}$ . On mesure la température d'équilibre thermique  $\theta_e=17,7^\circ\text{C}$ .

Déterminer la chaleur massique du plomb.

Données: Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ; Masse volumique de l'eau :  $\mu = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ .

**CORRECTION DE L' EXERCICE 3 : Chaleur massique du plomb:**

- Le système chaud  $S_1$ : {bloc de plomb}.  $\theta_1 = 98^\circ\text{C}$  ;  $m_1 = 280 \text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = 17,7^\circ\text{C}$ .  $c_{\text{Pb}} = ?$  ;  $Q_1 < 0$ .

Soit  $Q_1$  la quantité de chaleur cédée par le bloc de plomb:  $Q_1 = m_1.c_{\text{Pb}}.(\theta_e - \theta_1)$ .

- Système 2 froid  $S_2$ : {calorimètre + eau froide}  $\theta_2 = 16^\circ\text{C}$  ;  $m_{2\text{eau}} = 350 \text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = 17,7^\circ\text{C}$ .  $Q_2 > 0$ .

Soit  $Q_2$  la quantité de chaleur captée par l'eau froide et le calorimètre:  $Q_2 = (m_2.c_e + C).(\theta_e - \theta_2)$ .

Le système {eau + calorimètre + plomb} est isolé:  $Q_1 + Q_2 = 0$

$$m_1.c_{\text{Pb}}.(\theta_e - \theta_1) + (m_2.c_e + C).(\theta_e - \theta_2) = 0 \quad \text{On tire } c_{\text{Pb}}. \Leftrightarrow m_1.c_{\text{Pb}}.(\theta_e - \theta_1) = - (m_2.c_e + C).(\theta_e - \theta_2)$$

$$c_{\text{Pb}} = \frac{(m_2.c_e + C).(\theta_e - \theta_2)}{m_1.(\theta_1 - \theta_e)} \quad \text{A.N. : } c_{\text{Pb}} = \frac{(350.10^{-3}.4185 + 209).(17,7 - 16)}{280.10^{-3}.(98 - 17,7)} = \mathbf{126,5 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}}$$

$c_{\text{Pb}} = 126,5 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
---------------------------------------------------------

**EXERCICE 4 : Bloc de fer plongé dans l'eau:**

Un morceau de fer de masse  $m_1 = 500 \text{ g}$  est sorti d'un congélateur à la température  $\theta_1 = -30^\circ\text{C}$ .

Il est plongé dans un calorimètre, de capacité thermique négligeable, contenant une masse  $m_2 = 200\text{g}$  d'eau à la température initiale  $\theta_2 = 4^\circ\text{C}$ .

Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:

Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique de la glace:  $c_g = 2090 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique du fer:  $c_{\text{Fe}} = 460 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace:  $L_f = 3,34.10^5 \text{ J.kg}^{-1}$

**CORRECTION DE L' EXERCICE 4 : Bloc de fer plongé dans l'eau:**

- Système 1 froid  $S_1$ : {bloc de fer}.  $\theta_1 = -30^\circ\text{C}$  ;  $m_1 = 500 \text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = ?$  (on considère  $\theta_f = \theta_e = 0^\circ\text{C}$ )  
Soit  $Q_1$  l'énergie captée par le bloc de fer pour passer de  $-30^\circ\text{C}$  à  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_1 = m_1.c_{\text{Fe}}.(\theta_f - \theta_1) = m_1.c_{\text{Fe}}(0 - \theta_1)$ .  
 $Q_1 = 500.10^{-3}.460.(0 - (-30)) = 6900 \text{ J}$ .

- Système 2 chaud  $S_2$ : {calorimètre + eau à  $4^\circ\text{C}$ } ;  $\theta_2 = 4^\circ\text{C}$  ;  $m_{2\text{eau}} = 200 \text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = ?$

(on considère  $\theta_f = \theta_e = 0^\circ\text{C}$ )

Soit  $Q_2$  l'énergie cédée par l'eau pour passer de  $4^\circ\text{C}$  à  $0^\circ\text{C}$  :  $Q_2 = m_2.c_e.(\theta_f - \theta_2) = m_2.c_e.(0 - \theta_2) =$

$$Q_2 = 200.10^{-3}.4185.(0 - 4) = -3348 \text{ J}$$

- Ici  $|Q_1| > |Q_2|$ . **Une partie de l'eau va donc geler.** L'eau va passer de l'état liquide à l'état solide : **solidification de l'eau. Une partie de l'eau sera sous forme liquide à  $0^\circ\text{C}$  et une partie sous forme de glace à  $0^\circ\text{C}$ .**

**Déterminons la masse d'eau à l'état solide :****Définition de la chaleur latente de fusion  $L_f$ :**

Chaleur latente: quantité de chaleur nécessaire pour faire passer l'unité de masse d'un corps à température constante de l'état solide à l'état liquide.  $L_f$  en  $[\text{J.kg}^{-1}]$ .  **$Q = m.L_f$  ( $Q > 0$ )**

Chaleur latente de solidification de l'eau : même relation, mais signe négatif.

$Q$  : chaleur perdue par l'eau pour qu'elle passe de l'état liquide à l'état solide :

Le système {eau solide et liquide + bloc de fer} est isolé: (enceinte adiabatique) donc l'énergie interne de ce système est constante. La variation d'énergie interne est nulle :  $\Delta U = 0$  donc :

$$Q + Q_1 + Q_2 = 0 \text{ soit } Q = -Q_1 - Q_2 \quad \text{A.N. : } Q = -6900 + 3348 = -3552 \text{ J}$$

Soit  $m$  la masse d'eau gelée.

$$\bullet Q = -m.L_f \quad \Leftrightarrow m = \frac{-Q}{L_f} = \frac{-(-3552)}{3,34.10^5} = \mathbf{10,6.10^{-3} \text{ kg (10,6 g)}}$$

**Le système est donc composé de :**  $m_1 = 500 \text{ g}$  de fer à la température de  $0^\circ\text{C}$ .

$m = 10,6 \text{ g}$  de glace à la température de  $0^\circ\text{C}$ .

$m' = 200 - 10,6 = 189,4\text{g}$  d'eau à la température de  $0^\circ\text{C}$ .

**EXERCICES DE CALORIMETRIE. Exercice 5****EXERCICE 5 : Fusion d'un glaçon: (version 1)**

Un calorimètre de capacité thermique  $C=150\text{J.K}^{-1}$  contient une masse  $m_1=200\text{g}$  d'eau à la température initiale  $\theta_1=70^\circ\text{C}$ . On y place un glaçon de masse  $m_2=80\text{g}$  sortant du congélateur à la température  $\theta_2=-23^\circ\text{C}$ . Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:

Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique de la glace:  $c_g = 2090 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace:  $L_f = 3,34.10^5 \text{ J.kg}^{-1}$ .

**CORRECTION DE L'EXERCICE 5 :**

On suppose que le glaçon fond dans sa totalité.

**• Soit  $Q_1$  l'énergie cédée par l'eau et le calorimètre (La température de l'eau et du calorimètre diminue) :**

- Système 1 chaud : {eau chaude dans le calorimètre}  $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$  ;  $m_1 = 200 \text{ g}$ .

L'eau initialement chaude et le calorimètre vont céder une quantité de chaleur  $Q_1$ . La température de l'eau va passer de  $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$  à  $\theta_e = ?^\circ\text{C}$

$$Q_1 = (m_1 \cdot c_e + C) \cdot (\theta_e - \theta_1).$$

**• Soit  $Q_2$  l'énergie captée par le bloc de glace :**

Le système froid  $S_2$ : {glaçons de masse  $m_2$ }.

\*La température de la glace va passer de  $\theta_2 = -23^\circ\text{C}$  à  $0^\circ\text{C}$ ,

\*puis la glace va fondre à  $0^\circ\text{C}$ ,

\*puis l'eau formée va passer de  $0^\circ\text{C}$  à  $\theta_e = ?$ .

Ce système  $S_2$  va capter une quantité de chaleur  $Q_2 > 0$  :

$$\Delta U_2 = Q_2 = m_2 \cdot c_g (0 - \theta_2) + m_2 \cdot L_f + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - 0)$$

**• Le système {eau + glace + calorimètre} est isolé:  $Q_1 + Q_2 = 0$  soit**

Si le système est isolé (c'est-à-dire s'il y a aucun échange avec le milieu extérieur), l'énergie interne reste constante,

$U = \text{cte}$  et donc  $\Delta U = 0$ . Lorsque l'état final d'équilibre est atteint :  $\Delta U = 0$  soit  $Q_1 + Q_2 = 0$

 **$Q_1 + Q_2 = 0$** 

$$(m_1 \cdot c_e + C) \cdot (\theta_e - \theta_1) + m_2 \cdot c_g \cdot (0 - \theta_2) + m_2 \cdot L_f + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - 0) = 0 \text{ soit}$$

$$m_1 \cdot c_e \cdot \theta_e - m_1 \cdot c_e \cdot \theta_1 + C \cdot \theta_e - C \cdot \theta_1 - m_2 \cdot c_g \cdot \theta_2 + m_2 \cdot L_f + m_2 \cdot c_e \cdot \theta_e = 0. \text{ soit}$$

$$(m_1 \cdot c_e + m_2 \cdot c_e + C) \cdot \theta_e = (m_1 \cdot c_e + C) \cdot \theta_1 + m_2 \cdot c_g \cdot \theta_2 - m_2 \cdot L_f = 0$$

$$\theta_e = \frac{(m_1 \cdot c_e + C) \cdot \theta_1 + m_2 \cdot c_g \cdot \theta_2 - m_2 \cdot L_f}{m_1 \cdot c_e + m_2 \cdot c_e + C}$$

$$\text{A.N.: } \theta_e = \frac{(200 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 + 150) \cdot 70 + 80 \cdot 10^{-3} \cdot 2090 \cdot (-23) - 80 \cdot 10^{-3} \cdot 3,34 \cdot 10^5}{200 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 + 80 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 + 150}$$

$$\theta_e = 29,15^\circ\text{C}$$