

## Calorimétrie

### Exercice n°1

1. Calculer la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 20 °C à 80 °C une masse égale à 1 tonne d'eau.
2. Si cette énergie calorifique pouvait être transformée en énergie potentielle de pesanteur, à quelle altitude  $z$  pourrait-on soulever cette tonne d'eau ?  
– chaleur massique de l'eau  $c_e = 4\,185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### Exercice n°2

Un calorimètre contient une masse  $m_1 = 95 \text{ g}$  d'eau à  $t_1 = 20 \text{ °C}$ . On ajoute une masse d'eau  $m_2 = 100 \text{ g}$  d'eau à  $t_2 = 50 \text{ °C}$ .

1. Si on néglige l'intervention du calorimètre, calculer la température finale  $t_f$ .
2. En réalité la température finale vaut  $t_f = 31,3 \text{ °C}$ . Calculer la valeur en eau  $\mu$ .  
– chaleur massique de l'eau  $c_e = 4\,185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### Exercice n°3

1. Dans un calorimètre, à la température ambiante  $t_a = 15,5 \text{ °C}$  on verse une masse d'eau  $m_e = 90 \text{ g}$  d'eau à  $t_e = 25 \text{ °C}$ . La température d'équilibre vaut  $t_1 = 24,5 \text{ °C}$ .  
Calculer la valeur en eau  $\mu$  du calorimètre.
2. Immédiatement après, on plonge dans l'eau du calorimètre une masse de platine  $m_p = 100 \text{ g}$  à  $t_p = 104 \text{ °C}$ . La nouvelle température d'équilibre  $t_2 = 27,7 \text{ °C}$ .  
Calculer la chaleur massique du platine.
3. Dans la foulée, on ajoute une masse  $m = 23 \text{ g}$  d'eau à la température ambiante  $t_a$ .  
Calculer la température finale  $t_3$ .  
– chaleur massique de l'eau  $c_e = 4\,185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### Exercice n°4

Dans l'enceinte adiabatique d'un calorimètre à la température  $t_c = 15 \text{ °C}$ , on introduit un bloc de cuivre de masse  $m_1 = 200 \text{ g}$  à la température  $t_1 = 100 \text{ °C}$ .  
La température finale vaut  $t_f = 20 \text{ °C}$ .

1. Calculer la capacité calorifique  $C_{cal}$  du calorimètre.
2. On introduit d'autre part, dans une expérience similaire, une masse  $m_2 = 100 \text{ g}$  d'alliage pris à  $t_2 = 100 \text{ °C}$ . La température finale est la même.  
Calculer la chaleur massique de l'alliage.

### Exercice n°5

1. Un calorimètre contient 100 g d'eau à 18 °C. On y verse 80 g d'eau à 60 °C.  
Quelle serait la température d'équilibre si la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires était négligeable ?
2. La température d'équilibre est en fait 35,9 °C.  
En déduire la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires.
3. On considère de nouveau ce calorimètre qui contient 100 g d'eau à 18 °C.  
On y plonge un morceau de cuivre de masse 20 g initialement placé dans de l'eau en ébullition.  
La température d'équilibre s'établit à 19,4 °C.  
Calculer la chaleur massique du cuivre.
4. On considère encore le même calorimètre contenant 100 g d'eau à 18 °C.  
On y plonge un morceau d'aluminium de masse 30,2 g initialement à 100 °C et de chaleur massique  $920 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .  
Déterminer la température d'équilibre.



5. L'état initial restant le même : le calorimètre contenant 100 g d'eau à 18 °C ; on y introduit un glaçon de masse 25 g à 0 °C.  
Calculer la température d'équilibre.
6. L'état initial est encore le calorimètre contenant 100 g d'eau à 18 °C.  
On y introduit maintenant un glaçon de masse 25 g provenant d'un congélateur à la température de -18 °C.  
Quelle est la température d'équilibre ?

On donne :

- chaleur massique de la glace  $c_g = 2,10 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- chaleur massique de l'eau  $c_e = 4\,185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- chaleur latente de fusion de la glace  $L_f = 333,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

### Exercice n°6

Dans un calorimètre en cuivre de masse  $m_c = 100 \text{ g}$  et qui contient une masse d'eau  $m_e = 200 \text{ g}$  à  $t_e = 4 \text{ °C}$ , on introduit une masse  $m_1 = 300 \text{ g}$  de cuivre à  $t_1 = -20 \text{ °C}$ .

1. On agite pour atteindre l'équilibre thermique : calculer la température finale  $t_f$ .
2. Montrer que si le cuivre introduit est à la température  $t_2 = -50 \text{ °C}$ , une partie de l'eau congèle.  
Calculer la masse de glace formée  $m_g$ .  
Chaleur massique du cuivre :  $395 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Chaleur latente de fusion de la glace  $L_f = 333,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

### Exercice n°7

Afin de déterminer la capacité thermique massique  $c_1$  d'une brique non poreuse, on réalise l'étude suivante sur un échantillon de masse  $m_1 = 100 \text{ g}$ .

Pour cela, on dispose d'un calorimètre de capacité thermique  $\mu = 209 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1}$  contenant une masse d'eau  $m_2 = 400 \text{ g}$  de capacité thermique massique  $c_2 = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ , l'ensemble étant à la température  $\theta_2 = 16,0 \text{ °C}$ .

L'échantillon est placé dans une étuve dont la température est fixée à  $\theta_1 = 98,0 \text{ °C}$ .

Une fois l'équilibre thermique réalisé, on sort l'échantillon et on le plonge rapidement dans le calorimètre.

La température finale d'équilibre est  $\theta_F = 19,9 \text{ °C}$ .

1. Donner l'expression littérale de la quantité de chaleur cédée par la brique au système {eau + calorimètre} en fonction de  $m_1$ ,  $c_1$  et des températures  $\theta_1$  et  $\theta_F$ .
2. Donner l'expression littérale de la quantité de chaleur reçue par le système {eau + calorimètre} en fonction de  $m_2$ ,  $c_2$ ,  $\mu$  et des températures  $\theta_2$  et  $\theta_F$ .
3. Déterminer la capacité thermique massique  $c_1$  de la brique (On exprimera tout d'abord cette capacité en fonction des grandeurs  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $c_2$ ,  $\mu$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_F$  et on la calculera).

Remarque : On négligera tout échange de chaleur avec le milieu extérieur.

### Exercice n°8

1. Bain à 37 °C

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

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

2. Chaleur massique du plomb

On sort un bloc de plomb de masse  $m_1 = 280 \text{ g}$  d'une étuve à la température  $\theta_1 = 98 \text{ °C}$ .

On le plonge dans un calorimètre de capacité thermique  $C = 209 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$  contenant une masse  $m_2 = 350 \text{ g}$  d'eau. L'ensemble est à la température initiale  $\theta_2 = 16 \text{ °C}$ . On mesure la température



d'équilibre thermique  $\theta_e = 17,7^\circ\text{C}$ .

Déterminer la chaleur massique du plomb.

### Exercice n°9

1. 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).

2. Fusion d'un glaçon

Un calorimètre de capacité thermique  $C = 150\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$  contient une masse  $m_1 = 200\text{ g}$  d'eau à la température initiale  $\theta_1 = 50^\circ\text{C}$ .

On y place un glaçon de masse  $m_2 = 160\text{ g}$  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).

### Exercice n°10

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 :

Masse volumique de l'eau :  $\mu = 1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Capacité thermique massique de l'eau :  $c_e = 4\,185\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Capacité thermique massique de la glace :  $c_g = 2\,090\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

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

Chaleur latente massique de fusion de la glace :  $L_f = 3,34 \times 10^5\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Chaleur latente massique de solidification de l'eau :  $L_s = -3,34 \times 10^5\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### Exercice n°11

A. Mesure de la capacité thermique d'un calorimètre.

On verse un volume  $V_0 = 200\text{ mL}$  d'eau dans un calorimètre et on mesure la température de l'ensemble après quelques minutes :  $\theta_0 = 20,0^\circ\text{C}$ . On ajoute alors au contenu du calorimètre une masse  $m = 250\text{ g}$  d'eau à la température  $\theta_1 = 60,0^\circ\text{C}$ .

1. Déterminer la valeur  $\theta_2$  de la température finale de l'eau après mélange, si l'on suppose que toute l'énergie thermique cédée par l'eau chaude a été gagnée par l'eau froide.

2. La température d'équilibre thermique mesurée est en réalité  $\theta_2' = 38,0^\circ\text{C}$ .

2.1. Déterminer la valeur de l'énergie thermique gagnée par le calorimètre.

2.2. En déduire la valeur de la capacité thermique du calorimètre.

B. Mesure de la chaleur latente  $L_v$  de vaporisation de l'eau.

On verse un volume  $V_0' = 450\text{ mL}$  d'eau dans un calorimètre de capacité thermique  $\mu = 100\text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ .

On mesure la température de l'ensemble après quelques minutes :  $\theta_0 = 20,0^\circ\text{C}$ .

On ajoute alors au contenu du calorimètre une masse  $m' = 20,0\text{ g}$  de vapeur d'eau à la température  $\theta_3 = 100^\circ\text{C}$ . Toute la vapeur se condense. Après équilibre thermique, on mesure une température de l'ensemble {eau liquide + calorimètre} de  $\theta_4 = 45,2^\circ\text{C}$ .



- Exprimer, en fonction des données, l'énergie thermique échangée par le calorimètre et les 450 mL d'eau liquide.  
Quelle est le signe de cette énergie ?
- Exprimer, en fonction des données et de  $L_v$ , l'énergie thermique échangée par la vapeur d'eau.  
Quel est le signe de cette énergie ?
- Calculer une valeur numérique de  $L_v$ .

Données :  $C_{eau} \approx 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$  ;  $C_{vapeur\ d'eau} \approx 1\,410 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$ .

### Exercice n°12

Un chauffe-eau à gaz fonctionne avec un débit d'eau de 2,5 L/min, faisant passer la température de l'eau de 15 °C à 55 °C. Le pouvoir calorifique du gaz naturel est de 40 kJ/L et le rendement énergétique est de 80%.

#### Données

- Débit volumique d'eau :  $d_e = 2,5 \text{ L/min} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$ .
- Capacité thermique massique de l'eau :  $c = 4180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ .
- Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .
- Pouvoir calorifique du gaz :  $\sigma = 40 \text{ kJ/L} = 40 \times 10^3 \text{ J/L}$ .
- Rendement :  $\eta = 0,80$ .

#### Questions

- Calculez le débit massique d'eau  $\dot{d}_m$  en kg/min.
- Déterminez la puissance thermique nécessaire pour chauffer l'eau  $P_e$  en W (ou J/s).
- Exprimez la puissance utile fournie par le gaz  $P_u$  en fonction du débit de gaz  $d_g$  (en L/min).
- Calculez le débit de gaz  $d_g$  requis en L/min
- Si le chauffe-eau fonctionne 30 minutes, quel volume total de gaz est consommé en L

### Exercice n°13

- Un calorimètre contient une masse  $m_1 = 400 \text{ g}$  d'eau à une température de  $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$  ; on y ajoute une masse d'eau  $m_2 = 200 \text{ g}$  d'eau sa température est  $\theta_2 = 62^\circ\text{C}$ , à l'équilibre thermique la température se stabilise à  $\theta_f = 33^\circ\text{C}$ .
  - Établir l'expression de la capacité calorifique du calorimètre en fonction des données.
  - Calculer sa valeur. Prendre une valeur entière.
- On place dans un calorimètre de capacité calorifique  $\mu = 193 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$  une masse d'eau  $m_3 = 500 \text{ g}$  à la température se stabilise à  $\theta_3 = 23,3^\circ\text{C}$ .
  - On fait sortir d'un four une masse de fer  $m_4 = 200 \text{ g}$  à une température  $\theta_4 = 98,2^\circ\text{C}$  et on l'introduit rapidement dans le calorimètre, à l'équilibre thermique on note  $\theta'_f = 26,2^\circ\text{C}$ . Calculer la chaleur massique du fer  $C_{Fe}$ . Prendre une valeur entière.
  - On ajoute au calorimètre précédent un morceau de glace de masse  $m_g = 102 \text{ g}$  à une température  $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$ , finalement un nouvel état d'équilibre thermique s'établit et la température finale est  $\theta''_f = 10^\circ\text{C}$ .
    - Définir la chaleur latente de fusion d'un corps pur.
    - Calculer la valeur de la chaleur latente de fusion de la glace  $L_f$ .

**Données** :  $T(\text{°K}) = \theta(\text{°C}) + 273$  ; chaleur massique de l'eau  $C_{eau} = C_e = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;  
 chaleur massique de la glace :  $C_{glace} = C_g = 2100 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

