

TP MESURE DE L'ENERGIE DE FUSION DE LA GLACE

Objectifs :

- Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer une énergie de changement d'état.



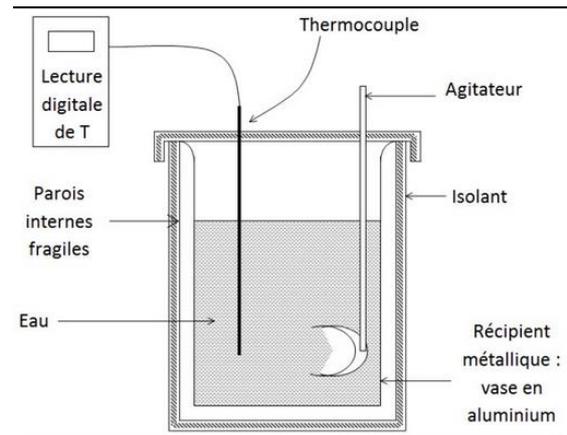
Lorsqu'on ajoute des glaçons à une boisson, on constate, au bout de quelques minutes, que les glaçons ont fondu et la température de la boisson a diminué.

Comment déterminer l'énergie nécessaire à leur fusion ?

I- Principe de la mesure :



Les mesures d'énergie thermique s'effectuent dans un **calorimètre** thermique isolé, c'est-à-dire n'échangeant pas d'énergie avec le milieu extérieur.



Dans un calorimètre contenant une masse m_1 d'eau à la température θ_i , on introduit une masse m_2 de glaçon à la température θ_{fusion} et on laisse évoluer le mélange jusqu'à sa température finale d'équilibre θ_f .

- Energie massique de changement d'état notée L : (page 192)

$$Q = m \cdot L$$

Q énergie de changement d'état en Joule ; m en kg ; L en $J \cdot kg^{-1}$

- Capacité thermique c d'un corps : (page 192)

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T$$

m en kg ; ΔT en $^{\circ}C$; C capacité thermique massique du corps $J \cdot kg^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$

Energie fournie	Energie Reçue
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Energie thermique fournie par la masse m_1 d'eau</u> : $Q_{\text{eau}} = m_1 \cdot c_{\text{eau}} (\theta_f - \theta_i)$ • <u>Energie thermique fournie par l'enceinte intérieure du calorimètre</u> : $Q_{\text{calo}} = C_{\text{calo}} (\theta_f - \theta_i)$ 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Energie thermique reçue par la masse m_2 d'eau formée</u> : $Q_{\text{eau formée}} = m_2 \cdot c_{\text{eau}} (\theta_f - \theta_{\text{fusion}})$ • <u>Energie thermique reçue par la masse m_2 de glaçon lors de la fusion</u> : $Q_{\text{fusion}} = m_2 \cdot L_{\text{fusion}}$
Energies thermiques fournies = Energies thermiques reçues $ Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calo}} = Q_{\text{eau formée}} + Q_{\text{fusion}} $ (En valeur absolue !) $Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calo}} + Q_{\text{eau formée}} + Q_{\text{fusion}} = 0$	

Le système considéré est le glaçon. Le système extérieur est l'eau et le calorimètre

Le système extérieur fournit une énergie (chaleur) qui refroidit le glaçon. Cette énergie est négative.

Le glaçon reçoit cette énergie, elle est utilisée pour le faire fondre et pour augmenter la température du volume d'eau qui a fondu.

L'énergie se conserve entre les deux systèmes, la somme des énergies fournies et reçues est nulle.

Somme des énergies = Energie fournie + Energie reçue = 0

$$Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calo}} + Q_{\text{eau formée}} + Q_{\text{fusion}} = 0 \quad (\text{Avec } Q_{\text{eau}} \text{ et } Q_{\text{calo}} \text{ négatives})$$

II- Protocole expérimentale :

Matériel :

- Un calorimètre
- Un bécher de 250mL
- Une coupelle
- Une balance à 0,1 g
- Un thermomètre précis à 0,1°C.

Manipulation :

- A l'aide du matériel dont vous disposez, mesurer $m_1 = 750\text{g}$ d'eau et placer les dans le calorimètre.
- Mesurer la température initiale θ_i .
- On pèse rapidement un glaçon en fusion séché avec du papier absorbant. Noter sa masse m_2
- On introduit le glaçon dans le calorimètre.
- On mesure la température finale θ_f de l'eau (homogène) après fonte totale du glaçon. Penser à agiter de temps en temps et à surveiller la disparition du glaçon mais en laissant l'enceinte fermée au maximum.

III- Exploitation des résultats :

- 1) Calculer l'énergie thermique fournie par la masse d'eau m_1 .
- 2) Calculer l'énergie thermique fournie par l'enceinte intérieure du calorimètre.
- 3) Calculer l'énergie thermique reçue par la masse m_2 d'eau formée.
- 4) En appliquant le principe de conservation de l'énergie, donner l'expression littérale l'énergie thermique massique de fusion de l'eau L_{fusion} .
- 5) Calculer alors L_{fusion} .
- 6) La valeur théorique de L_{fusion} est $3,33 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. Comparer avec la valeur expérimentale. Faire un calcul d'erreur et conclure.

Données : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ $C_{\text{calo}} = 32,05 \text{ J/}^\circ\text{C}$

Bonus A partir de la description l'expérience décrite ci-dessous (à ne pas réaliser).

Donner l'expression de C_{calo} et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme

$$C = \frac{m_2 c_{\text{eau}} (\theta_2 - \theta_{\text{eq}})}{(\theta_{\text{eq}} - \theta_1)} - m_1 c_{\text{eau}}$$

Expérience : Dans le calorimètre on met 250mL d'eau (froide) à $20,7^\circ\text{C}$ (θ_1).

On verse 250mL d'eau chaude à $55,2^\circ\text{C}$ (θ_2) dans l'eau du calorimètre. La température finale est $37,7^\circ\text{C}$ (θ_{eq}). D'après la formule ci-dessus, il est possible de déterminer la capacité thermique du calorimètre sachant que $C_{\text{eau}} = 4187 \text{ J/Kg/}^\circ\text{C}$.

On montre ainsi que celle-ci, avec l'enveloppe protectrice en plastique, est de $32,05 \text{ J/}^\circ\text{C}$

CORRECTION AE MESURE DE FUSION DE LA GLACE

Objectifs :

Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer une énergie de changement d'état.
Nous allons mesurer l'énergie de fusion de la glace.

I / Mesures Les valeurs numériques sont données à titre indicatif et peuvent varier d'un dispositif à l'autre

$$m_{\text{calo}} = 750 \text{ g}$$

$$m_{\text{glacon}} = 16,1 \text{ g}$$

$$m_{\text{eau}}$$

$$f = 17,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$i = 19,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Données : } C_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J}\cdot\text{ }^\circ\text{C}^{-1}\cdot\text{g}^{-1} \quad C_{\text{calo}} = 32.05 \text{ J}\cdot\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Exploitation des résultats :

Énergie thermique fournie par la masse d'eau m_1 .

$$Q_{\text{eau}} = m_1 \times C_{\text{eau}} (\theta_f - \theta_i) = 750 \times 4,18 \times (17,5 - 19,6) = -6,58 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Énergie thermique fournie par l'enceinte intérieure du calorimètre.

$$Q_{\text{calo}} = C_{\text{calo}} |\theta_f - \theta_i| = 32.05 \times (17,5 - 19,6) = -6,73 \cdot 10^1 \text{ J}$$

Energie thermique reçue par la masse m_2 d'eau formée.

$$Q_{\text{eau formée}} = m_2 \times C_{\text{eau}} (\theta_f - \theta_{\text{fusion}}) = 16.1 \times 4,18 \times (17.5 - 0) = 1,17 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Expression littérale l'énergie thermique massique de fusion de l'eau L_{fusion} .

$$Q_{\text{fournie}} + Q_{\text{reçue}} = 0$$

$$Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calo}} + Q_{\text{eau formée}} + Q_{\text{fusion}} = 0$$

$$Q_{\text{fusion}} = -Q_{\text{eau}} - Q_{\text{calo}} - Q_{\text{eau formée}} = m_2 \times L_f$$

$$L_f = -Q_{\text{eau}} - Q_{\text{calo}} - Q_{\text{eau formée}} / m_2$$

Calcul de L_{fusion} .

$$L_f = -(-6,58 \cdot 10^3 - 6,73 \cdot 10^1 + 1,17 \cdot 10^3) / 16.1 = 3.40 \cdot 10^2 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1} = 3.40 \cdot 10^5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$$

Comparaison avec la valeur expérimentale.

La valeur théorique de L_{fusion} est $3,33 \cdot 10^5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.

$$\Delta L_f = (V_{\text{valeur théorique}} - V_{\text{valeur expérimentale}}) / V_{\text{valeur théorique}} \times 100 = [(3,33 \cdot 10^5 - 3.40 \cdot 10^5) / 3,33 \cdot 10^5] \times 100 = 2.1 \%$$

Conclusion : Compte tenu des conditions expérimentales, la marge d'erreur est correcte.

On suppose que le calorimètre n'échange pas de chaleur avec le milieu extérieur ce qui n'est pas tout à fait exacte. On ne peut pas repérer exactement lorsque le glaçon est fondu. La masse de glaçon a une importance aussi.

4.1 Capacité thermique du calorimètre

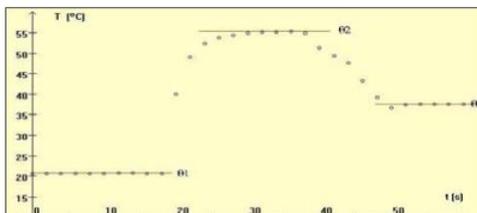
Dans le calorimètre on met 250 mL d'eau (froide) à $20,7^\circ\text{C}$ (θ_1).

On verse 250 mL d'eau chaude à $55,2^\circ\text{C}$ (θ_2) dans l'eau du calorimètre. La température finale est $37,7^\circ\text{C}$ (θ_{eq}).

D'après la formule suivante, il est possible de déterminer la capacité thermique du calorimètre sachant que $C_{\text{eau}} = 4187 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$.

$$C = \frac{m_2 \times c_{\text{eau}} (\theta_2 - \theta_{\text{eq}})}{(\theta_{\text{eq}} - \theta_1)} - m_1 \times c_{\text{eau}}$$

On montre ainsi que celle-ci, avec l'enveloppe protectrice en plastique, est de $32,05 \text{ J}^\circ\text{C}$.



$$m_1 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) + m_2 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_2) + C_{\text{calo}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) = 0$$

$$C_{\text{calo}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) = -m_1 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) - m_2 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_2)$$

$$C_{\text{calo}} = [-m_1 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) - m_2 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_2)] / (\theta_{\text{eq}} - \theta_1)$$

$$C_{\text{calo}} = -m_1 \times C_{\text{eau}} - \frac{m_2 \times C_{\text{eau}} (\theta_{\text{eq}} - \theta_2)}{(\theta_{\text{eq}} - \theta_1)}$$

$$C_{\text{calo}} = \frac{m_2 \times C_{\text{eau}} (\theta_2 - \theta_{\text{eq}})}{(\theta_{\text{eq}} - \theta_1)} - m_1 \times C_{\text{eau}}$$