

Transformation physique

Calorimétrie - Chaleur latente de fusion de la glace

Le matériel utilisé sera rincé à l'eau distillée avant et après chaque manipulation.
On devra détailler et justifier tous les calculs.

1- Objectifs

Les objectifs de ce travail sont:

- De mettre en évidence le transfert d'énergie entre un corps chaud et un corps froid.
- Appliquer la formule de l'énergie lors d'un transfert de chaleur entre 2 corps sans et avec changement d'état.
- Déterminer expérimentalement l'énergie nécessaire pour faire fondre un glaçon.

2- Chaleur latente de fusion de la glace

La chaleur latente de fusion L_{fusion} de la glace correspond l'énergie mise en jeu dans les liaisons hydrogène entre molécules d'eau dans la glace.

3- Chaleur latente de changement d'état

Un corps change d'état à température constante. L'énergie Q qui lui est apporté permet alors de casser les liaisons entre les molécules du corps: il change alors d'état.

La relation entre l'énergie apportée Q et la masse du corps est alors:

$$Q = m \times L$$

| |
|--|
| Q: Energie apporté (J) |
| m: masse du corps (g) |
| L: Chaleur latente de changement d'état ($J.g^{-1}$) |

4- Capacité thermique massique d'un corps

Lorsqu'un apport d'énergie thermique (chaleur) à un corps entraîne une élévation de température, la relation entre l'énergie thermique Q apportée et l'élévation de température ΔT se calcule de façon suivante:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

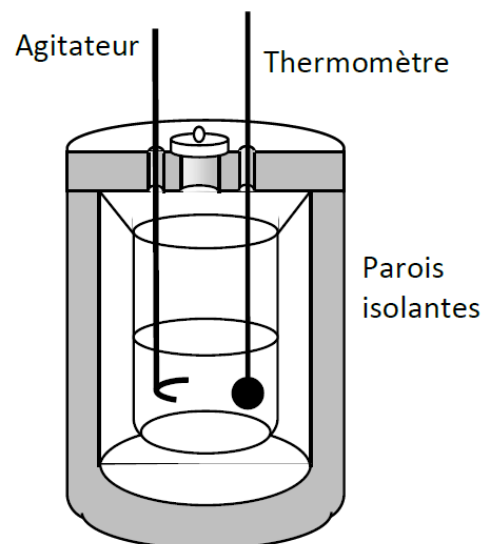
| |
|---|
| Q: Energie apporté (J) |
| m: masse du corps (g) |
| c: capacité thermique massique du corps ($J.g^{-1}.K^{-1}$) |

Remarque: on utilisera des températures en Kelvin: $T (K) = 273 + \theta (^{\circ}C)$

5- Le calorimètre

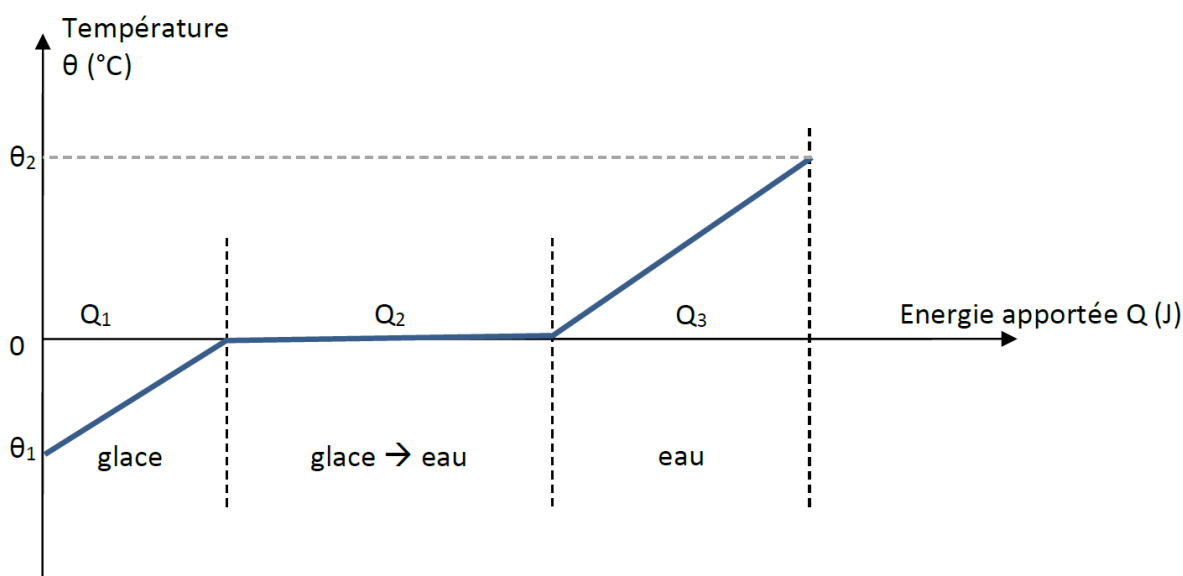
Un calorimètre est un appareil destiné à mesurer les variations et les échanges de chaleur. Il est un dispositif de mesure pour déterminer la quantité de chaleur qui est libérée ou absorbée au cours de processus physiques ou chimiques.

Le calorimètre est constitué d'un vase en verre double paroi brillantée sous vide d'air, recouvert d'une enveloppe extérieure en plastique, d'un vase de protection intérieure en plastique et d'un couvercle de fermeture.

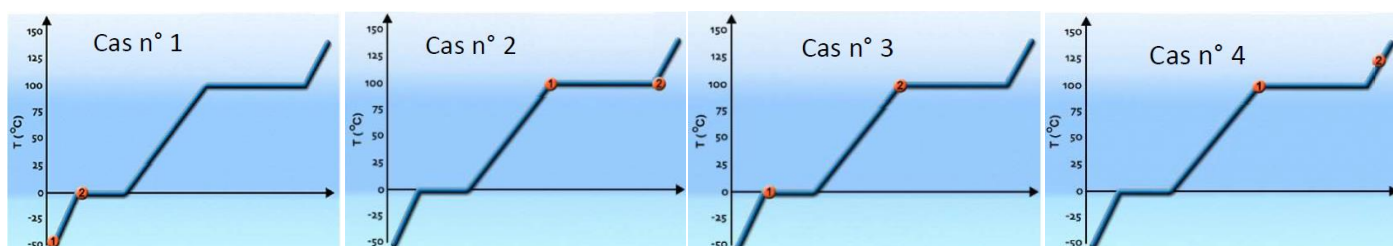


6- Evolution des énergies pour l'eau

Le schéma ci-dessous permet de comprendre l'évolution de la température en fonction de l'énergie apporté Q à une masse m d'eau initialement sous forme de glace à la température θ_1 qui se transforme en eau liquide à la température θ_2 .



Calculer la valeur de l'énergie échangée avec la masse de votre choix en fixant T_1 et T_2 comme indiqué dans les cas suivants :



| Données pour l'eau $c_{\text{eau}}=4,18\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ $L_{\text{fusion}}=334\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ $L_{\text{vaporisation}}=2257\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ | | | | | |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Cas | m (g) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | T ₃ (°C) | Q _{échangée} (J) |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

Utiliser l'animation suivante afin de vérifier les valeurs de l'énergie échangée.

<https://teachchemistry.org/periodical/issues/may-2015/heating-curve-of-water>

7- Détermination de la capacité calorifique du calorimètre par la méthode des mélanges

- Dans le calorimètre, verser **300 mL** d'eau à température ambiante.
- Noter la masse **m₁** d'eau froide et la température **T₁** de cette eau.
- Dans le calorimètre, verser rapidement ensuite **200 mL** d'eau chaude à environ **50 °C**.
Noter la masse **m₂** d'eau chaude et la température **T₂** de cette eau.
- Couvrir et agiter.
- Noter la température **T₃** d'équilibre.

La loi de conservation de l'énergie indique que la somme des énergies transférées par l'eau froide, le calorimètre et l'eau chaude est nulle.

Si **Q₁** correspond à l'énergie de la masse **m₁** d'eau, **Q₂** à celle de la masse **m₂** d'eau et **Q_{cal}** à celle du calorimètre, on aura donc la relation:

$$Q_1 + Q_{\text{cal}} + Q_2 = 0$$

C'est à dire:

$$m_1 \times c_{\text{eau}} \times (T_3 - T_1) + C_{\text{cal}} \times (T_3 - T_1) + m_2 \times c_{\text{eau}} \times (T_3 - T_2) = 0$$

La valeur de la capacité thermique massique de l'eau a pour valeur $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

On en déduit la valeur de la capacité thermique **C_{cal}** du calorimètre:

$$C_{\text{cal}} = - \frac{m_1 \times c_{\text{eau}} \times (T_3 - T_1) + m_2 \times c_{\text{eau}} \times (T_3 - T_2)}{T_3 - T_1}$$

Calculez la valeur de la capacité thermique C_{cal} du calorimètre utilisé.

$$C_{\text{cal}} = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{J.K}^{-1}$$

Comparez la valeur mesurée et calculée avec celle donnée par le constructeur:

$$C_{\text{constructeur}} = 32,05 \text{ J.K}^{-1}.$$

Calculez l'erreur relative commise:

$$\text{Erreur} = 100 \times \frac{|C_{\text{constructeur}} - C_{\text{cal}}|}{C_{\text{constructeur}}}$$

$$\text{Erreur} = \dots\dots\dots$$

Conclure

8- Détermination de la chaleur latente de la glace

On prendra comme valeur de la capacité thermique massique de l'eau:

$$c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour déterminer la valeur de l'énergie nécessaire pour faire fondre de la glace, on place un mélange d'eau et de glaçon dans un calorimètre, qui permet de limiter les transferts thermiques vers l'extérieur. De cette façon, on peut considérer que l'énergie perdue par l'eau est égale à l'énergie reçue par la glace.

Prélever à l'aide de l'éprouvette graduée **300 mL** d'eau distillée et la verser dans le calorimètre.

Placer le couvercle et le thermomètre et attendre que la température se stabilise.

Noter la valeur T_i de la température initiale de l'eau dans le calorimètre.

$$T_i = \dots\dots\dots \text{°C}$$

Prendre 2 glaçons d'eau distillée et les essuyer avec du papier absorbant et déterminer rapidement leurs masses.

$$m_{\text{glace}} = \dots\dots\dots \text{g}$$

Introduire très rapidement les glaçons dans le calorimètre.

Agiter de temps en temps et observer l'évolution de la température de l'eau dans le calorimètre.

Noter la valeur T_f la valeur de la température la plus basse atteinte.

$$T_f = \dots\dots\dots \text{°C}$$

Calculer l'énergie thermique Q_{eau} fournie par la masse m_{eau} d'eau pour passer de la température T_i à la température T_f .

$$Q_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times (T_f - T_i) =$$

$$Q_{\text{eau}} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J}$$

Calculer l'énergie thermique $Q_{\text{Calorimètre}}$ fournie par l'enceinte intérieure du calorimètre pour passer de la température T_i à la température T_f . On prendra $c_{\text{calorimètre}} = 32,05 \text{ J.K}^{-1}$.

$$Q_{\text{Calorimètre}} = c_{\text{calorimètre}} \times (T_f - T_i) =$$

$$Q_{\text{Calorimètre}} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J}$$

Calculer l'énergie thermique Q_{glace} reçue par la masse m_{glace} d'eau formée pour passer de la température 0°C à la température T_f .

$$Q_{\text{glace}} = m_{\text{glace}} \times c_{\text{eau}} \times (T_f - 0) =$$

$$Q_{\text{glace}} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J}$$

L'énergie thermique reçue par la masse m_{glace} de glace lors de la fusion est donnée par la relation:

$$Q_{\text{fusion}} = m_{\text{glace}} \times L_{\text{fusion}}$$

ou L_{fusion} est la chaleur latente de changement d'état (J.kg^{-1}).

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

$$\text{Somme des énergies} = \text{Energie fournie} + \text{Energie reçue} = 0$$

$$Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calorimètre}} + Q_{\text{glace}} + Q_{\text{fusion}} = 0$$

Déterminer la valeur de l'énergie thermique Q_{fusion} reçue par la masse m_{glace} de glace lors de la fusion.

$$Q_{\text{fusion}} = \dots\dots\dots \text{ J}$$

Donner la relation donnant la chaleur latente de changement d'état.

$$L_{\text{fusion}} = \dots\dots\dots$$

En déduire la valeur de la chaleur latente de changement d'état.

$$L_{\text{fusion}} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J.g}^{-1}$$

Comparez la valeur calculée avec la valeur théorique $L_{\text{théorique}} = 334 \text{ J.g}^{-1}$

Calculez l'erreur relative commise:

$$\text{Erreur} = 100 \times \frac{|L_{\text{théorique}} - L_{\text{fusion}}|}{L_{\text{théorique}}}$$

$$\text{Erreur} = \dots\dots\dots$$

Conclure