

Calorimétrie à la maison - 2

Objectif : Mesurer l'enthalpie massique de fusion de l'eau (de la glace).

Matériel :

- * Bouteille thermos ou récipient calorifugé.
- * Congélateur.
- * Balance ou verre doseur...
- * Thermomètre (qui peut atteindre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou même $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ suivant votre congélateur).

Expérience

Protocole expérimental :

- Mesurer la température à l'intérieur de votre congélateur T_g . Mesurer éventuellement la masse totale des glaçons m_g (cette mesure pourra aussi être faite à la fin de la manip.).
- Mesurer une masse m d'eau liquide par exemple $m = 0,5\text{ kg}$. Si vous n'avez pas de balance, vous pourrez mesurer le volume d'eau (verre doseur, ou encore bouteille...).
- Mesurer la température de l'eau liquide T_e (vous pouvez éventuellement chauffer un peu l'eau liquide ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour que la transformation soit plus rapide).
- Sortir les glaçons du congélateur et les plonger dans l'eau liquide. Si possible, fermer le récipient.
- Attendre l'équilibre thermique : les glaçons doivent être totalement fondus, et la température de l'eau liquide doit être uniforme (on pourra mélanger).
- Mesurer la température finale T_f .
- Mesurer la masse totale d'eau pour en déduire la masse de glace ajoutée m_g (si la mesure n'a pas déjà été faite).

Pour chaque mesure expérimentale, on pourra si nécessaire évaluer l'incertitude de mesure :

	Grandeur mesurée	Incertitude de type B : demi-étendue
masse d'eau m_e		
masse de glace m_g		
température initiale de l'eau liquide T_e		
température initiale de la glace T_g		
température finale T_f		

- ◇ Suivant le thermomètre utilisé, la mesure de température peut prendre plusieurs secondes voire une minute. Attention, si vous utilisez un thermomètre à affichage digital, même si la température est donnée au dixième près il est fort probable que l'incertitude de mesure soit beaucoup plus grande (de l'ordre de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Données :

- | | | |
|---|---|--|
| * $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | * $c_{\text{acier}} = 0,44 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | * $c_{\text{laiton}} = 0,38 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
| * $c_{\text{glace}} = 2,06 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | * $c_{\text{Al}} = 0,90 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | * $c_{\text{Pb}} = 0,13 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
| * $c_{\text{Fe}} = 0,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | * $c_{\text{Cu}} = 0,38 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | * $L_{\text{vap}} = 2258 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ |

Grandeur à mesurer : $L_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Méthode : Système \mathcal{S} : Eau liquide de masse m_e + Glace de masse m_g .

La transformation est réalisée sous pression atmosphérique supposée constante $P = P^o$. Elle est donc **monobares**. De plus, il y a équilibre mécanique à l'état initial et à l'état final. On peut appliquer le premier principe de la thermodynamique en enthalpie au système fermé \mathcal{S} :

$$\Delta H = Q + W \quad W = 0 \quad \text{et} \quad Q = 0 \Rightarrow \Delta H = 0$$

Ici, il n'y a pas de travail reçu de l'extérieur. De plus, on utilise si possible un récipient calorifugé et on suppose la transformation suffisamment rapide pour pouvoir négliger les transferts thermiques entre le système \mathcal{S} et le milieu extérieur : $Q = 0$.

On note T_0 la température de changement d'état de fusion de la glace sous pression atmosphérique : $T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

D'après le premier principe, l'enthalpie est une fonction d'état additive. Pour exprimer la variation d'enthalpie du système \mathcal{S} , on exprime la variation d'enthalpie de la masse m_e d'eau liquide entre l'état initial et l'état final, ainsi que la variation d'enthalpie de la masse m_g d'eau initialement sous forme de glace. De plus, l'enthalpie étant une fonction d'état, les variations d'enthalpie ne dépendent que de l'état initial et de l'état final. On décompose alors la transformation de la masse m_g d'eau en transformations simples.

$$\Delta H = m_e \cdot c_{\text{eau}} (T_f - T_e) + m_g \ell_{\text{fus}} + m_g c_{\text{glace}} (T_0 - T_g) + m_g \cdot c_{\text{eau}} (T_f - T_0)$$

- ◇ Le système n'est composé que de phases condensées. On aurait pu travailler avec l'énergie interne :

$$\Delta U = \Delta H \quad \text{pour des phases condensées subissant une transformation monobare.}$$

- ◇ On néglige les fuites thermiques qui sont difficiles à évaluer...

Utilisation de Gum_MC pour évaluer l'incertitude

Le logiciel Gum_MC permet de faire des calculs d'incertitudes (en particulier lorsque la propagation des incertitudes n'est pas évidente).

- * Estimation de la grandeur de sortie : on entre la formule (ici $c_{\text{eau}} = \dots$)
- * Grandeurs d'entrée : on entre les différentes grandeurs utilisées accompagnées de leur incertitude (ici une mesure : incertitude de type B et demi-étendue).
- * Résultats de la propagation : on voit la contribution de chacune des incertitudes de mesure sur l'incertitude finale.
- * Intervalle de confiance version 1. On peut relever le résultat expérimental avec un intervalle de confiance à 95%.

Lined area for writing, consisting of horizontal dotted lines.