

TP 25 : Calorimétrie, suite

Matériel (par groupe) : calorimètre, thermomètre digital, deux béchers de 400 mL, résistances chauffantes qui vont avec le calorimètre et leur alimentation électrique (courant continu).

Pour la classe : plusieurs balances (pesant jusqu'à 1 kg et précises au gramme), quelques multimètres, de la glace pilée (5 kg environ) avec un thermomètre.

I Mesure de la capacité thermique du calorimètre _____

Dans toute la suite, on reprendra la capacité thermique du calorimètre que l'on a déterminé au TP précédent (moyenne sur toutes les mesures de la classe) :

$$C_{\text{calo}} = 142 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}, \quad \text{incertitude-type sur la moyenne : } u(C_{\text{calo}}) = 46 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

II Mesure de l'enthalpie massique de fusion de la glace _____

Ce qui caractérise un changement d'état, d'un point de vue "absorption" ou "libération" de chaleur, c'est l'enthalpie massique de changement d'état. Nous allons essayer de mesurer celle de fusion de l'eau : $\Delta h_{\text{fus}}(T_0)$, donc pour le changement solide \rightarrow liquide, à la température $T_0 = 0^\circ\text{C}$.

On donne pour cela la capacité thermique massique de l'eau $c_{\text{eau}} = 4,2 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

1 - À l'aide du calorimètre, du thermomètre, d'eau du robinet et de la glace, mettre au point un protocole qui permet d'obtenir une valeur de $\Delta h_{\text{fus}}(T_0)$.

Quelques indications pour vous guider :

- Ressortir le TP précédent, la méthode sera similaire : exploiter le fait que $\Delta H_{\text{total}} = Q \simeq 0$.
- Soyez clair sur la démonstration des expressions théoriques : écrire l'état initial, l'état final, avec les températures, puis premier principe, etc...
- Prendre dans le calorimètre une masse d'eau de l'ordre de 200 g, et une masse de glace environ cinq fois moindre (40 g), pas beaucoup plus car sinon toute la glace ne fondra pas.
- Mettre d'abord l'eau et aller chercher la glace au dernier moment pour ne pas qu'elle fonde !

2 - Réaliser ce protocole.

On mettra ensuite en commun les résultats de la classe (moyenne, écart-type, incertitude-type sur la moyenne), et on comparera à la valeur tabulée : $\Delta h_{\text{fus}}(T_0) = 300 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. On pourra réfléchir aux hypothèses ou défauts du protocole qui peuvent expliquer les écarts.

III Mesure de la capacité thermique massique de l'eau _____

Jusqu'ici on a toujours donné la valeur de c_{eau} , qui sert en quelque sorte de référence. Mais comment faire pour la déterminer par une expérience ? On remplit le calorimètre d'eau. Il va falloir également utiliser les résistances chauffantes que l'on peut insérer dans le calorimètre et qui vont apporter un travail électrique facilement mesurable.

3 - On choisit le système {calorimètre+eau+résistance}, pour une évolution sur une durée Δt .

Quelle est l'expression du travail autre que les forces de pression W' reçu par ce système ? Que peut-on supposer pour le transfert thermique reçu ?

À l'aide du premier principe, en déduire une relation qui permettra ensuite d'isoler c_{eau} .

4 - Réaliser le protocole et les mesures nécessaires pour déterminer c_{eau} .

Attention :

- Prendre environ 300 g d'eau pour que les résistances trempent entièrement.
- Ne pas dépasser 12 V avec l'alimentation électrique, et ne pas alimenter les résistances à l'air libre (mais uniquement une fois immergées) car elles chauffent très vite et sont facilement endommagées.
- Surveiller la valeur du courant débité car il y a des faux contacts...

On mettra ensuite en commun les résultats de la classe (moyenne, incertitude-type sur la moyenne), et on comparera à la valeur tabulée.

IV Estimation de l'incertitude sur une mesure _____

On prend ici l'exemple de la mesure de Δh_{fus} . Partie à aborder s'il vous reste du temps.

Estimation de type A (statistique)

5 - À partir des mesures de la classe, comment déterminer l'incertitude-type sur une mesure unique ? Le faire.

Estimation de type B (en estimant les incertitudes de mesure)

On souhaite faire la même chose, mais en utilisant une méthode d'estimation de type B. La formule qui donne Δh_{fus} en fonction des grandeurs mesurées ($C_{\text{calo}}, m_{\text{eau}}, m_{\text{glace}}, T_1, T_2, T_0$) n'étant pas simple, il faut utiliser une simulation avec tirage au sort.

6 - Procéder comme lors du TP précédent, en réutilisant et modifiant si besoin votre algorithme, pour calculer l'incertitude-type sur Δh_{fus} . Il faudra estimer la précision sur T_1 , T_2 et m_{glace} . Celle sur C_{calo} se déduit de la valeur donnée dans le I, et celle sur m_{eau} et $T_0 = 0^\circ\text{C}$ sont supposées négligeables.