

Calorimétrie à la maison - 1

Objectif : Mesurer la capacité thermique de l'eau liquide.

Matériel :

- * Bouilloire électrique,
- * balance ou verre doseur...
- * thermomètre (qui peut atteindre 50 °C ou même 70 °C).
- * chronomètre ou équivalent.

Expérience

Protocole expérimental :

- Relever la puissance de la bouilloire (souvent indiquée en-dessous de la bouilloire).
- Mesurer une masse m d'eau liquide par exemple $m = 1$ kg (à adapter en fonction de la taille de la bouilloire, choisir une quantité d'eau proche du maximum). Si vous n'avez pas de balance, vous pourrez mesurer le volume d'eau (verre doseur, ou encore bouteille...).
- Mettre l'eau dans la bouilloire et attendre plusieurs minutes pour qu'il y ait équilibre thermique entre l'eau et la bouilloire (parois, résistance...). Mesurer la température initiale T_i à l'aide d'un thermomètre.
- Fermer la bouilloire, mettre en route (puissance maximale a priori et démarrer la chronomètre).
- Arrêter la bouilloire au bout de $\Delta t = 1$ min30 à 2 min. Temps à adapter suivant votre bouilloire. Attention, il faut arrêter la bouilloire avant que l'eau ne commence à bouillir pour ne pas qu'une partie de l'énergie soit utilisée pour le changement d'état eau liquide vers eau vapeur.
- Mélanger puis mesurer la température finale T_f

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		
température initiale T_i		
température finale T_f		
Durée Δt		
Puissance de la bouilloire \mathcal{P}		

- ◇ 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 °C à 1 °C).
- ◇ On peut évaluer l'ordre de grandeur de Δt avant la manipulation, ou faire un essai au préalable pour établir cet ordre de grandeur (l'idée étant de rester dans la plage de température accessible par votre thermomètre).

Méthode : Système \mathcal{S} : Eau + résistance + parois de la bouilloire.

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} :

$$\Delta H = Q + W$$

On suppose la transformation suffisamment rapide pour pouvoir négliger les transferts thermiques entre le système \mathcal{S} et le milieu extérieur : $Q = 0$.

Ici le travail reçu de la part extérieur correspond à un travail électrique : $W = W_{\text{élec}} = \mathcal{P}\Delta t$.

On néglige maintenant la capacité thermique de la résistance et des parois de la bouilloire devant celle de l'eau :

$$\Delta H \simeq m \cdot c_{\text{eau}} \Delta T = m \cdot c_{\text{eau}} (T_f - T_i)$$

- ◇ 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%.

Données :

- | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| ★ $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | ★ $c_{\text{Al}} = 0,90 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | ★ $c_{\text{Pb}} = 0,13 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
| ★ $c_{\text{Fe}} = 0,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | ★ $c_{\text{Cu}} = 0,38 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | ★ $L_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ |
| ★ $c_{\text{acier}} = 0,44 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | ★ $c_{\text{laiton}} = 0,38 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | ★ $L_{\text{vap}} = 2258 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. |

