

L'objectif est de mettre en œuvre deux méthodes de mesure calorimétrique : méthode électrique et méthode des mélanges.

Matériel à disposition

Calorimètre avec résistance chauffante
Sonde thermométrique
Balance
Éprouvette de 250 mL

Alimentation stabilisée
Multimètres
Glaçons
Machine à piler la glace

Un calorimètre est constitué d'un vase en aluminium entouré d'isolant. Il est équipé d'un agitateur permettant d'homogénéiser la température rapidement. On l'utilise pour effectuer des bilans énergétiques, soit en mélangeant plusieurs corps de températures différentes, soit en chauffant un liquide à l'aide d'une résistance électrique.

Donnée : capacité thermique massique de l'eau $c_e = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Partie A. Méthode électrique

A.1) Approche théorique

On introduit un certain volume d'eau dans le calorimètre. On note C la capacité thermique, supposée constante, du système {calorimètre+eau}.

On fait subir à ce système deux transformations.

1. On place une résistance électrique dans l'eau, que l'on alimente par un courant d'intensité I et sous une tension U . On suppose le calorimètre parfaitement isolé de l'extérieur.

- (a) Sur une transformation élémentaire de durée dt où la température du système s'élève de $d\theta$:

- exprimer la variation dH de l'enthalpie du système ;
- exprimer le transfert thermique δQ reçu par effet Joule.

- (b) Écrire le premier principe pour l'enthalpie et en déduire l'expression de la température en fonction du temps. On note θ_0 la température initiale.

2. Le système étant initialement à une température θ'_0 supérieure à celle de l'air ambiant θ_a , on le laisse évoluer librement (sans apport énergétique).

Le calorimètre n'est pas supposé parfaitement isolé thermiquement. On modélise les pertes par un transfert thermique **perdu** par le système avec la puissance $\mathcal{P} = k(\theta(t) - \theta_a)$ où $\theta(t)$ est la température du système à l'instant t .

- (a) Écrire dans ce cas le premier principe pour l'enthalpie et en déduire une équation différentielle pour $\theta(t)$.

- (b) La résoudre.

A.2) Protocole expérimental

- ☐ Placer le vase calorimétrique vide sur la balance. Noter sa masse m_c puis tarer.
- ☐ Introduire alors environ 250 mL d'eau à température ambiante dans le vase ; noter la masse de l'eau m_e .
- ☐ Mettre en place dans le calorimètre le vase avec l'eau, l'agitateur, la sonde thermométrique et la résistance chauffante.
- ☐ Sans l'allumer, régler l'alimentation stabilisée à l'intensité à la tension maximale et alimenter la résistance chauffante avec, en ajoutant des multimètres permettant la mesure précise de la tension et de l'intensité.
- ☐ Allumer l'alimentation. Ajuster éventuellement la tension de l'alimentation à la baisse afin d'obtenir un produit UI compris entre 20 et 30 W.
- ☐ Noter la température initiale θ_0 et déclencher le chronomètre. Relever les valeurs précises de la tension U et de l'intensité I .
- ☐ Toutes les 30 s pendant 15 minutes, relever la température θ en pensant à agiter régulièrement.
- ☐ À la fin des 15 minutes, arrêter l'alimentation et enlever la résistance chauffante. Refermer le calorimètre avec un couvercle simple.
- ☐ Déclencher le chronomètre à nouveau en notant la nouvelle température initiale. Commencer l'exploitation.
- ☐ Mesurer à nouveau la température au bout de 15 minutes, ainsi que celle de l'air ambiant.
- ☐ Ne pas jeter le contenu du calorimètre pour le moment.

A.3) Exploitation

- ☐ Tracer le graphe de θ en fonction du temps t pour $t \in [0, 15 \text{ min}]$.
- ☐ La nature de la courbe expérimentale est-elle conforme à la théorie? Modéliser cette courbe et en déduire la valeur expérimentale de C .
- ☐ En déduire la capacité thermique massique du vase calorimétrique. Comparer à la valeur attendue pour de l'aluminium : $c_{Al} = 897 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- ☐ En exploitant la température mesurée à la fin de la deuxième phase, déterminer la valeur du coefficient k des pertes thermiques.

Partie B. Méthode des mélanges

On souhaite mesurer l'enthalpie massique de fusion de l'eau Δh_f à pression atmosphérique. Pour ce faire on réalise un mélange entre de la glace et de l'eau liquide, et on mesure la température d'équilibre.

Donnée : capacité thermique massique de la glace : $c_g = 2,06 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- ☐ Piler 4 glaçons.
- ☐ Mesurer leur masse m_g et leur température θ_g .
- ☐ Mesurer à nouveau la température de l'eau dans le calorimètre θ_e .
- ☐ Introduire les glaçons puis attendre l'équilibre thermique en agitant. Mesurer la température d'équilibre θ_{eq} .
- ☐ À l'aide d'un bilan enthalpique, déterminer l'expression de Δh_f en fonction de C , c_e , c_s , m_g , θ_g , θ_e et θ_{eq} .
- ☐ Calculer Δh_f et comparer à la valeur tabulée $\Delta h_f = 334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.