

TP28 : Calorimétrie

MATÉRIEL : calorimètre avec résistance chauffante, générateur continu 6V-12V, 2 multimètres, interface d'acquisition primo avec module thermomètre, masses, balance, fils, burette graduée, eau.

1 Objectif du TP

L'objectif de ce TP est d'utiliser un calorimètre pour mesurer la capacité thermique de liquides (eau) ou de solides (acier).

2 Méthode

Un calorimètre est un récipient aux parois adiabatiques qui permet de réaliser des transformations thermodynamiques sans échange de chaleur avec le milieu extérieur.

Le calorimètre possède une capacité thermique propre notée C_{cal} reliée à l'énergie thermique nécessaire pour modifier la température du récipient intérieur.

2.1 Mesure de la capacité thermique du calorimètre et de celle de l'eau.

Pour mesurer la capacité thermique du calorimètre (et des instruments de mesure) C_{cal} ainsi que la capacité thermique de l'eau, on procède de la manière suivante.

On introduit une masse d'eau m_1 connue dans le calorimètre. Ce dernier est équipé d'une résistance chauffante qui permet de fournir une quantité de chaleur Q_{Joule} au système calorimètre + eau. Si on applique sur la résistance une tension $u(t)$ et une intensité $i(t)$, on peut calculer Q_{Joule} par :

$$Q_{\text{Joule}} = \int_0^t ui \, dt$$

On peut alors écrire la variation d'enthalpie du système comme

$$\Delta H = C_p \Delta T = (C_{\text{cal}} + m_1 c_{\text{eau}}) \Delta T = Q_{\text{Joule}}, \quad (1)$$

où c_{eau} est la capacité thermique massique de l'eau.

Cette équation possède deux inconnues (c_{eau} et C_{cal}). Il faut donc répéter l'expérience avec une masse m_2 d'eau différente. On obtient une seconde équation ce qui permet de déterminer simultanément C_{cal} et c_{eau} .

On montre à partir de l'équation 1 appliquée à deux masses m_1 et m_2 d'eau différentes que la capacité thermique de l'eau est donnée par

$$c_{\text{eau}} = \frac{1}{m_1 - m_2} \left(\frac{P_1}{\alpha_1} - \frac{P_2}{\alpha_2} \right),$$

où $\alpha_i = \frac{\Delta T_i}{\Delta t_i}$ est la pente de la droite qui représente la température en fonction du temps, et P_i est la puissance électrique fournie à la résistance au cours de l'expérience i ($P_1 = u_1 i_1$).

La capacité thermique du calorimètre est donnée par :

$$C_{\text{cal}} = \frac{1}{m_2 - m_1} \left(\frac{m_2 P_1}{\alpha_1} - \frac{m_1 P_2}{\alpha_2} \right)$$

2.2 Mesure de la capacité thermique d'un solide

La capacité thermique de l'eau et du calorimètre étant connues, on peut mesurer la capacité thermique d'un solide quelconque. Pour cela on plonge un solide de masse m_s dans une masse d'eau m_e connue et on fait chauffer le tout en faisant passer un courant dans la résistance.

Dans ces conditions, on a $C_p \Delta T = (C_{\text{cal}} + m_1 c_{\text{eau}} + m_s c_s) \Delta T = Q_{\text{Joule}}$. La seule inconnue de cette équation étant c_s , on peut déterminer la capacité thermique massique du solide.

3 Manipulations

- Déterminer la capacité thermique massique de l'eau et celle du calorimètre.
- La *valeur en eau* du calorimètre est la masse d'eau ayant la capacité thermique C_{cal} . Déterminer la valeur en eau du calorimètre.
- Déterminer la capacité thermique massique de l'acier.
- Mettre au point un protocole expérimental permettant d'évaluer le transfert thermique entre le calorimètre et le milieu extérieur.

4 Précautions à prendre

- Il ne faut pas faire passer une intensité trop importante dans les résistances au risque de les détruire. On veillera à ne pas trop dépasser une puissance Joule d'environ 20 W.
- Pendant une mesure penser à bien agiter le calorimètre pour homogénéiser la température à l'intérieur de l'eau
- Faire attention à éviter les projections d'eau sur les appareils électriques (générateur, interface d'acquisition).