

T.P.13: Capacité thermique

Introduction

La quantité de chaleur Q (en J) reçue (ou cédée) par un corps est proportionnelle à sa masse m (en kg) et à la variation de température $\Delta\theta = \theta_{finale} - \theta_{initiale}$ (en K ou °C)

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta$$

dans un domaine de température où il n'y a pas de changement de phase.

La constante de proportionnalité c (en $\frac{J}{kg \cdot K}$) s'appelle **capacité thermique massique**.

Si on ne connaît pas exactement la composition du corps, on prend la capacité thermique

$$Q = C \cdot \Delta\theta$$

souvent utile pour des récipients (p.ex. calorimètre).

La constante C (en J/K) s'appelle **capacité thermique**.

Pour déterminer c ou C on utilise deux méthodes :

1. Méthode du chauffage:

On chauffe électriquement un liquide dans un calorimètre. Dans ce cas, le calorimètre et le liquide s'échauffent et on a donc :

$$Q_{cal} + Q_1 = Q_{reçue}$$

La chaleur reçue est égale à l'énergie donnée par le courant électrique :

$$Q_{reçue} = E_{él} = U \cdot I \cdot t$$

Donc :

$$C_{cal} \cdot \Delta\theta + m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta\theta = U \cdot I \cdot t$$
$$C_{cal} \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale}) + m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale}) = U \cdot I \cdot t$$

On peut alors déduire la capacité thermique massique inconnue c_1 de l'équation.

2. Méthode du mélange

On plonge un corps chaud θ_2 dans un calorimètre rempli d'eau froide à la température θ_1 .

Puisque l'eau froide se trouve dans le calorimètre, celui-ci a aussi la température θ_1 . Les quantités de chaleur sont échangées sans pertes jusqu'à ce que l'équilibre se fasse et on mesure alors la température du mélange θ_m .

Quantité de chaleur cédée par le corps chaud : $Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (\theta_m - \theta_2) < 0$

Quantité de chaleur reçue par l'eau froide : $Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (\theta_m - \theta_1) > 0$

Quantité de chaleur reçue par le calorimètre : $Q_{cal} = C \cdot (\theta_m - \theta_1) > 0$

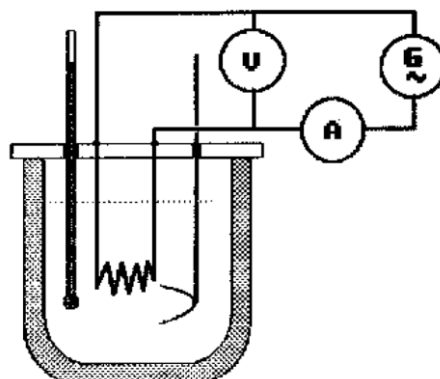
$$Q_{cal} + Q_1 + Q_2 = 0$$
$$\Leftrightarrow C \cdot (\theta_m - \theta_1) + c_1 \cdot m_1 \cdot (\theta_m - \theta_1) + c_2 \cdot m_2 \cdot (\theta_m - \theta_2) = 0$$

On peut alors déduire la capacité thermique massique c_2 du corps introduit dans le calorimètre.

1. Capacité thermique massique de l'eau (de l'huile)

Manipulation

- Remplir le calorimètre à 80% avec une masse de liquide $m_1 =$ _____
- Fermer le couvercle, brancher le **courant stabilisé** pendant une courte durée pour vérifier le montage. **Attention:** résistance chauffante bien immergée.
- Attendre 1 minute et noter la température initiale $\theta_{initiale}$.
- Brancher le courant, démarrer le chronomètre, lire la tension U et l'intensité de courant I avec précision.
- Agiter continuellement et noter la température toutes les 60 s.
- Arrêter le chauffage si la température a augmenté d'environ $10\text{ }^\circ\text{C}$, arrêter le courant et le chronomètre à la dernière tranche de 60 s, remuer puis noter la température finale θ_{finale} .



Exploitation

- a) **Représentation graphique** $Q_{reçue} = U \cdot I \cdot t$ en fonction $\Delta\theta$. Vérifier par une régression linéaire que Q est proportionnelle à $\Delta\theta$:

Température initiale : $\theta_{initiale} =$

Tension : $U =$

Intensité du courant : $I =$

t (s)	θ ($^\circ\text{C}$)	$\Delta\theta = \theta - \theta_{initiale}$ ($^\circ\text{C}$)	$Q = U \cdot I \cdot t$ (J)
0	$=\theta_{initiale}$	0	0
60			
120			
...			

- b) **Calcul de c_1** :

L'équation calorimétrique donne :

$$Q_{cal} \uparrow + Q_1 \uparrow = Q_{reçue} \quad (\uparrow \text{ indique que le calorimètre et le liquide s'échauffent } Q > 0)$$

$$\Leftrightarrow C_{cal} \cdot \Delta\theta + m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta\theta = U \cdot I \cdot t$$

$$\Leftrightarrow C_{cal} \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale}) + m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale}) = U \cdot I \cdot t$$

$$\Leftrightarrow c_1 = \frac{U \cdot I \cdot t - C_{cal} \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale})}{m_1 \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale})} =$$

Donc : $c_1 =$

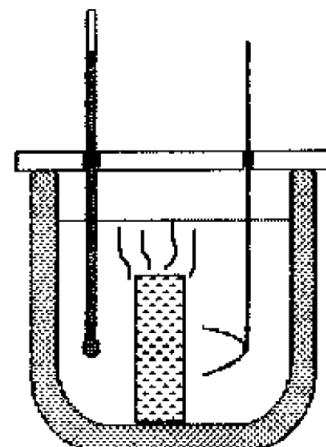
Comparer à la valeur théorique.

Comparer vos résultats avec les résultats de vos copains qui ont utilisé une masse différente.

2. Capacité thermique massique de corps solides :

Manipulation

- Chauffer des cylindres métalliques ou des pierres de masse m dans un chauffe-eau à $\theta_2 \approx 90^\circ\text{C}$.
- Egoutter brièvement et plonger dans un calorimètre rempli d'une masse m_{eau} d'eau à la température θ_1 .
- Après 1 min, on détermine la température du mélange θ_m .



Exploitation

La capacité thermique massique c inconnue du corps se calcule à partir de l'équation calorimétrique.

$$Q_{\text{cal}} \uparrow + Q_{\text{eau}} \uparrow + Q_{\text{corps}} \downarrow = 0 \quad (\uparrow \text{ et } \downarrow \text{ indique qui s'échauffe et qui se refroidit: signe de } Q)$$

$$\Leftrightarrow C_{\text{cal}} \cdot (\theta_m - \theta_1) + c_{\text{eau}} \cdot m_{\text{eau}} \cdot (\theta_m - \theta_1) + c_{\text{corps}} \cdot m_{\text{corps}} \cdot (\theta_m - \theta_2) = 0$$

$$\Leftrightarrow c_{\text{corps}} = \frac{(C_{\text{cal}} + c_{\text{eau}} \cdot m_{\text{eau}}) \cdot (\theta_m - \theta_1)}{(\theta_2 - \theta_m)}$$

Nature du corps :

$m_{\text{eau}} =$:masse d'eau

$m_{\text{corps}} =$:masse du corps

$\theta_1 =$: température initiale de l'eau et du calorimètre ; $\theta_2 =$: température initiale du corps

$\theta_m =$: température du mélange

Donc: $c_{\text{corps}} =$

Comparer à des valeurs théoriques.

Evtl. faire la mesure pour un 2^e corps solide.