

# TP n°2 : Mesures Calorimétriques



## I\Objectif

Cette manipulation vise à déterminer la capacité thermique massique pour certains solides à partir des mesures calorimétriques.

## II\Etude théorique

### 1) Définition de la capacité thermique massique

**La capacité thermique massique** (ou la chaleur massique), est déterminée par la quantité d'énergie à apporter par échange thermique pour élever d'un kelvin la température de l'unité de masse d'une substance. C'est donc *une grandeur intensive* égale à la capacité thermique rapportée à la masse du corps étudié.

La détermination des valeurs des capacités thermiques des substances relève de la calorimétrie.

Etant donné que la capacité thermique massique de l'eau est une constante  $c_{eau} = 4185 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

### 2) Notion de base

La quantité de chaleur qu'il faut fournir à un corps de masse  $m$  pour augmenter sa température de  $T_i$  à  $T_f$  est proportionnelle à sa masse  $m$  et à l'écart de température  $\Delta T = T_f - T_i$ . Cette quantité de chaleur, exprimée en Joule, s'écrit :

$$Q = C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

Où  $C$  est la capacité calorifique de ce corps.

La constante  $c = C/m$  désigne la chaleur massique d'un corps de masse  $m$ .

### 3) Méthode des mélanges

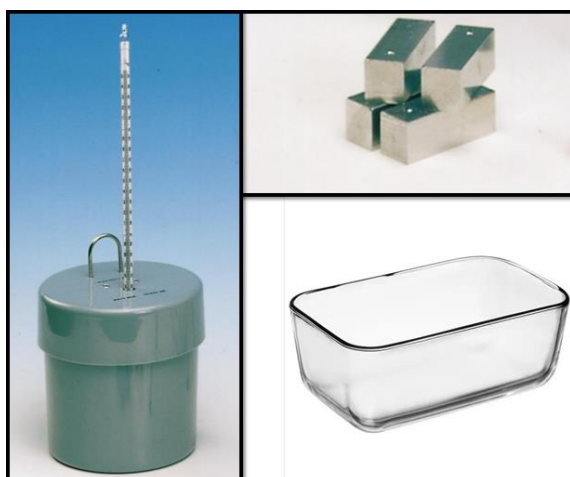
Afin de déterminer la chaleur massique des solides, on va utiliser la méthode des mélanges qui consiste à mettre en contact deux corps, ayant des températures différentes, dans un milieu isolé de l'extérieur. Dans ce cas, la chaleur cédée par le corps chaud est absorbée par le corps froid. On écrit alors :

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (T_{eq} - T_1) + m_2 \cdot c_2 \cdot (T_{eq} - T_2) = 0$$

Où  $m_1$  et  $m_2$  sont les masses des deux corps de chaleurs massiques respectivement  $c_1$  et  $c_2$  et de températures initiales  $T_1$  et  $T_2$ .  $T_{eq}$  est la température d'équilibre après le mélange des deux corps. Ainsi, par des mesures de températures, on arrive avec cette méthode à déterminer la chaleur massique d'un corps bien déterminé.

## III\Etude pratique

### 1) Matériel



Matériel annexe :

- thermostat
- récipient
- calorimètre
- thermomètre
- 3 masses d'aluminium, acier et cuivre

### 2) Manipulation : première partie

#### a-Manipulation 1

Soit un récipient contenant de l'eau, chauffé par un thermostat que l'on règle pour atteindre  $75^{\circ}\text{C}$ .

On fait verser une quantité d'eau de  $0,25\text{ Kg}$  à une température initiale  $T_{i1} = 70^{\circ}\text{C} = 343\text{ K}$  dans le calorimètre qui possède une température initiale  $T_{i2} = T_0 = 20^{\circ}\text{C} = 293\text{ K}$ .

On verse un volume  $V = 250\text{ mL}$  ( $m_1 = 0,25\text{ Kg}$ ) d'eau chauffée dans le thermostat puis on attend. Après une durée du temps, il s'établit un échange de de chaleur dans le système. On mesure donc la température d'équilibre  $T_{\text{eq}}$ .

#### b-détermination de la capacité calorifique du calorimètre

Puisque la paroi du thermostat est **atherme** : la transformation est donc **adiabatique**. Ainsi, pas d'échange de chaleur avec le milieu extérieur.

D'où l'équation  $Q_{\text{eau}} + Q_{\text{calo}} = 0$

$$\Rightarrow m_1 \cdot C_1 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i1}) + C_2 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i2}) = 0$$

$$\Rightarrow C_2 = - \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i1})}{(T_{\text{eq}} - T_{i2})}$$

$$\text{AN : } C_2 = - \frac{0,25 \times 4185 \times (75 - 60)}{60 - 18}$$

$$C_2 = 373,66\text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

## 2) Manipulation : deuxième partie

### a- Manipulation 2

On plonge dans le récipient chauffé par le thermostat un solide de masse  $m$  qui aura la même température que celle de l'eau ;  $T_{i1} = 75^\circ \text{C} = 348 \text{ K}$ .

Puis, on le met dans le calorimètre contenant une quantité d'eau de robinet de  $0,25 \text{ Kg}$  de température initiale  $T_{i1} = T_0 = 18^\circ \text{C}$ .

A l'état d'équilibre entre les trois corps (calorimètre, eau et solide), caractérisé par une température d'équilibre  $T_{\text{eq}}$ , on peut écrire :  $Q_{\text{eau}} + Q_{\text{cal}} + Q_{\text{sol}} = 0$ .

$$\Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i1}) + C_2 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i2}) + m_3 \cdot c_3 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i3}) = 0$$

$$\text{avec : } T_{i1} = T_{i2} = T_0 = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ K}$$

$$\Rightarrow (T_{\text{eq}} - T_0)(m_1 \cdot c_1 + C_2) + m_3 \cdot c_3 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i3}) = 0$$

$$\Rightarrow c_3 = - \frac{(T_{\text{eq}} - T_0)(m_1 \cdot c_1 + C_2)}{m_3 \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i3})}$$

### b- Chaleur massique d'acier

$$\text{On a : } \begin{cases} m_3 = m_{\text{acier}} = 442 \text{ g} \\ T_{\text{eq}} = 26^\circ \text{C} = 299 \text{ K} \end{cases}$$

$$\text{AN : } c_{\text{acier}} = - \frac{(18-26)(0,25 \times 4185 + 373)}{0,442 \times (75-26)}$$

$$c_{\text{acier}} = 524,24 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

### c- Chaleur massique d'aluminium

$$\text{On a : } \begin{cases} m_3 = m_{\text{al}} = 158 \text{ g} \\ T_{\text{eq}} = 26^\circ \text{C} = 299 \text{ K} \end{cases}$$

$$\text{AN : } c_{\text{al}} = - \frac{(18-26)(0,25 \times 4185 + 373)}{0,158 \times (75-26)}$$

$$c_{\text{al}} = 1466,54 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

### d- Chaleur massique du cuivre

$$\text{On a : } \begin{cases} m_3 = m_{\text{cuivre}} = 502 \text{ g} \\ T_{\text{eq}} = 26^\circ \text{C} = 299 \text{ K} \end{cases}$$

$$\text{AN : } c_{\text{cuivre}} = - \frac{(18-26)(0,25 \times 4185 + 373)}{0,502 \times (75-26)}$$

$$c_{\text{cuivre}} = 461,58 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

## IV\Conclusion

- *En se basant sur l'expression de la somme des chaleurs dans une transformation adiabatique, on peut déterminer la capacité calorifique des matières.*
- *La valeur de la capacité calorifique massique varie d'une matière à une autre.*
- *La capacité calorifique massique est une grandeur caractéristique des matières, elle varie selon la matière étudiée.*