

## TPN°2 : Calorimétrie

## Objectifs

- ✓ Déterminer la capacité calorifique d'un calorimètre  $C_{cal}$  et la valeur en eau du calorimètre " $\mu$ "
  - ✓ Détermination de la capacité thermique massique des échantillons métalliques (Fer, Cuivre et Aluminium).

## I. Partie théorique

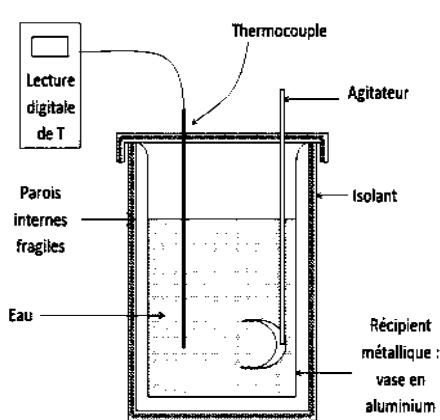
- Si on met un corps chaud au contact avec un corps froid, il se produit un transfert thermique ; ce transfert s'arrête quand l'équilibre est atteint. Dans ce cas, la quantité de chaleur prise par le corps froid est égale à celle cédée par le corps chaud.
  - **Capacité thermique massique** anciennement appelée **chaleur massique** ou **chaleur spécifique** : c'est la quantité d'énergie thermique qu'il faut fournir à une unité de masse d'une substance pour augmenter sa température d'un Kelvin (ou d'un degrés Celsius).

C : Capacité thermique massique en (J. kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)

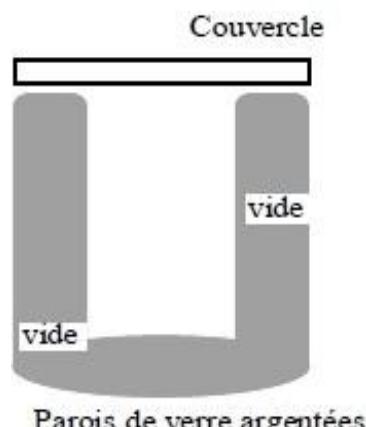
Q : La quantité de chaleur transférée, m est la masse de la substance

$\Delta T$  : Le changement de température subi par la substance en K

- **La calorimétrie** est une technique qui consiste à réaliser une transformation dans un système adiabatique et à mesurer les variations de la température qui accompagnent cette transformation.
  - **Un calorimètre** : le calorimètre est un système thermodynamiquement isolé qui n'échange aucune énergie avec le milieu extérieur (ni travail, ni chaleur). Sa paroi est indéformable et adiabatique.



## Calorimètre de Berthelot.



## Vase Dewar

Il est constitué d'une paroi isolante, d'un récipient dans lequel on versera les liquides, d'un couvercle qu'on veillera à bien fermer et d'un agitateur permettant d'accélérer l'équilibre thermique.

- **Valeur en eau du calorimètre** est la masse d'eau fictive  $\mu$  qui a la même capacité calorifique que le calorimètre.

$\mu$  : Valeur en eau du calorimètre en (kg)

$C_{\text{cal}}$  : Capacité calorifique du calorimètre ( $\text{J. K}^{-1}$ )

$C_{\text{eau}}$ : Capacité thermique massique de l'eau ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

## ➤ Formules à comprendre et connaître :

♦ Eau froide :  $Q_{fr} = m_1 \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_1)$  .....(4)

♦ Calorimètre froid :  $Q_{cal} = C_{cal} \cdot (T_{eq} - T_1)$  ..... (5)

♦ Eau chaude :  $Q_{ch} = m_2 \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_2)$  .....(6)

$$\text{A l'équilibre : } \sum Q_i = 0 ; \quad Q_{fr} + Q_{cal} + Q_{ch} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

$$\blacklozenge m_1 \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_1) + C_{cal} \cdot (T_{eq} - T_1) + m_2 \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_2) = 0 \dots \dots \dots (8)$$

On remplace (3) dans (8) on trouve :

$$\diamond \quad m_1 \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_1) + \mu \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_1) + m_2 \cdot C_{eau} \cdot (T_{eq} - T_2) = 0 \dots (9)$$

## II. Partie expérimentale, Matériels utilisés

Béchers, éprouvette graduée de 100 mL, balance électronique, plaque chauffante, Vase Dewar, thermomètre, eau distillée, métals, Cristallisoirs, pinces, calorimètre.

## A/ détermination de la valeur en eau du calorimètre( $\mu$ )

Pour déterminer expérimentalement la valeur en eau du calorimètre( $\mu$ ), on utilise la méthode des mélanges qui repose sur le principe de la conservation d'énergie entre une masse d'eau froide et une autre chaude dans un système isolé (Vase Dewar).

## Mode opératoire

- ✓ Mettre 100ml d'eau distillée ( $m_1 = 100$  g) dans le vase Dewar (bien nettoyé), agiter quelque seconde, puis lire la température sur le thermomètre ( $T_1$ ).
  - ✓ Dans un bécher, verser environ 100 ml d'eau distillée, puis chauffer cette eau jusqu'à une température d'environ 50°C.
  - ✓ verser rapidement les 100ml (100g) d'eau chaude ( $T_2 = 50^\circ\text{C}$ ) dans le Vase Dewar qui contient déjà l'eau froide, agiter le contenu du calorimètre quelque minute, puis lire la température d'équilibre sur le thermomètre ( $T_{\text{eq}}$ ).

$m_{\text{eau froide}} = m_1 (\text{g})$	$m_{\text{eau chaude}} = m_2 (\text{g})$	$T_{\text{eau froide}} = T_1 (\text{°C})$	$T_{\text{eau chaude}} = T_2 (\text{°C})$	$T_{\text{équilibre}} (\text{°C})$

## Questions

1/ Déterminer la capacité thermique massique du calorimètre «  $C_{\text{cal}}$  » en utilisant le principe de conservation de l'énergie dans un système adiabatique ( $\Sigma Q_i = 0$ ).

2/ déduire la valeur en eau du calorimètre «  $\mu$  ».

## B/ Détermination de la capacité thermique d'un solide (Fer, Aluminium et Cuivre)

### Mode opératoire

- ✓ Mettre 50ml d'eau distillée ( $m_1=50\text{g}$ ) dans le calorimètre, agiter quelque seconde, puis lire la température sur le thermomètre ( $T_1$ ).
- ✓ Peser les trois échantillons avec la balance électronique.
- ✓ Chauffer le métal ( $m_2$  fer) en le mettant dans un bain d'eau bouillante.
- ✓ Au bout d'environ 10 minutes dans l'eau bouillante, noter la température de cette eau ( $T_2 = 100^{\circ}\text{C}$ ), ça sera la température initiale du métal.
- ✓ Immerger rapidement le morceau du métal (fer) dans le calorimètre, agiter le contenu du calorimètre quelque minute, puis lire la température d'équilibre sur le thermomètre ( $T_{\text{eq}}$ ).

$m_{\text{eau froide}} = m_1 (\text{g})$	$m_{\text{métal}} = m_2 (\text{g})$	$T_{\text{eau froide}} = T_1 (\text{°C})$	$T_{\text{métal}} = T_2 (\text{°C})$	$T_{\text{équilibre}} (\text{°C})$

- ✓ Refaire le même mode opératoire avec la barre d'Aluminium et la pièce du Cuivre.

## Questions

1/ Déterminer la capacité thermique massique des métaux «  $C_{\text{Fer}}$ ,  $C_{\text{Al}}$ ,  $C_{\text{Cu}}$  » en utilisant le principe de conservation de l'énergie dans un système adiabatique ( $\Sigma Q_i = 0$ ).

$$\Sigma Q_i = 0 ; \quad Q_{\text{eau}} + Q_{\text{cal}} + Q_{\text{métal}} = 0$$

$$m_1 \cdot C_{\text{eau}} \cdot (T_{\text{eq}} - T_1) + \mu \cdot C_{\text{eau}} (T_{\text{eq}} - T_1) + m_2 \cdot C_{\text{métal}} \cdot (T_{\text{eq}} - T_2) = 0$$

2/ Comparer les valeurs expérimentales de la chaleur massique des métaux avec les valeurs théoriques.

### Données :

$$C_{\text{eau}} = 4180 \text{ Joule} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Valeurs théoriques pour la comparaison :

$$C_{\text{Fer}} (\text{théorique}) = 449 \text{ Joule} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C_{\text{Al}} (\text{théorique}) = 897 \text{ Joule} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C_{\text{Cu}} (\text{théorique}) = 385 \text{ Joule} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

