

TPN°2 : Calorimétrie

Objectifs

- ✓ Déterminer la capacité calorifique d'un calorimètre C_{cal} et la valeur en eau du calorimètre " μ "
- ✓ 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).

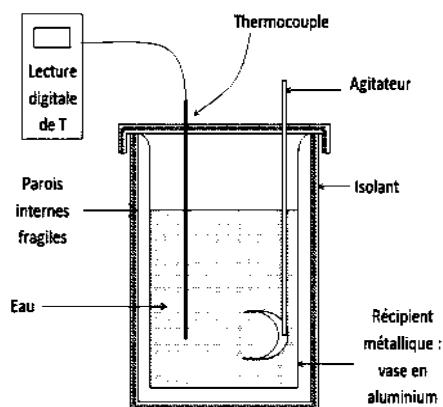
$$C = Q / (m \cdot \Delta T) \dots\dots\dots (1)$$

C : Capacité thermique massique en (J. kg⁻¹.K⁻¹)

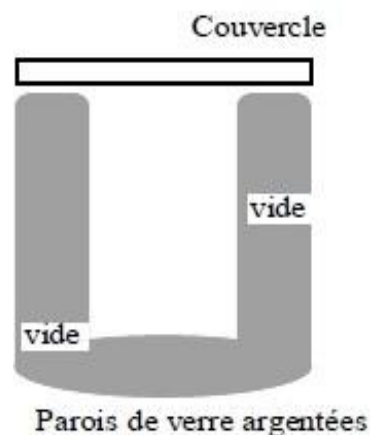
Q : La quantité de chaleur transférée, m est la masse de la substance

ΔT : 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 μ qui a la même capacité calorifique que le calorimètre.

$$C_{\text{cal}} = \mu \cdot C_e \dots\dots\dots (3)$$

μ : Valeur en eau du calorimètre en (kg)

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

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

➤ **Formules à comprendre et connaître :**

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

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

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

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

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

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

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

II. Partie expérimentale, Matériels utilisés

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

A/ détermination de la valeur en eau du calorimètre(μ)

Pour déterminer expérimentalement la valeur en eau du calorimètre(μ), 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 ($m_1 = 100 \text{ g}$) 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_{eq}).

m _{eau froide} = m ₁ (g)	m _{eau chaude} = m ₂ (g)	T _{eau froide} = T ₁ (°C)	T _{eau chaude} = T ₂ (°C)	T _{équilibre} (°C)

Questions

1/ Déterminer la capacité thermique massique du calorimètre « C_{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 « μ ».

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

Mode opératoire

- ✓ Mettre 50ml d'eau distillée (m₁=50g) dans le calorimètre, agiter quelque seconde, puis lire la température sur le thermomètre (T₁).
- ✓ Peser les trois échantillons avec la balance électronique.
- ✓ Chauffer le métal (m₂ 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 (T₂ = 100°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_{eq}).

m _{eau froide} = m ₁ (g)	m _{métal} = m ₂ (g)	T _{eau froide} = T ₁ (°C)	T _{métal} = T ₂ (°C)	T _{équilibre} (°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_{Fer}, C_{Al}, C_{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 :

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

Valeurs théoriques pour la comparaison :

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

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

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

