



TP N° 2 : Calorimétrie

Objectifs du TP :

Détermination de :

- La capacité calorifique d'un calorimètre C_{cal} et la valeur en eau du calorimètre " μ "
- La capacité thermique massique des échantillons métalliques (Fer, Cuivre et Aluminium)

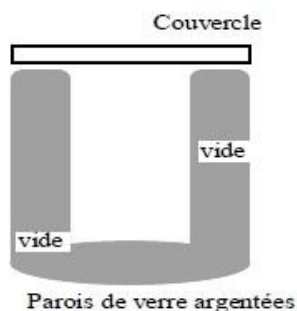
I- Partie Théorique :

La **calorimétrie** est une méthode expérimentale qui permet de mesurer des échanges de chaleur lors d'une transformation physique ou chimique (réaction chimique, changement d'état, dissolution...) dans un système adiabatique. Elle sert à déterminer :

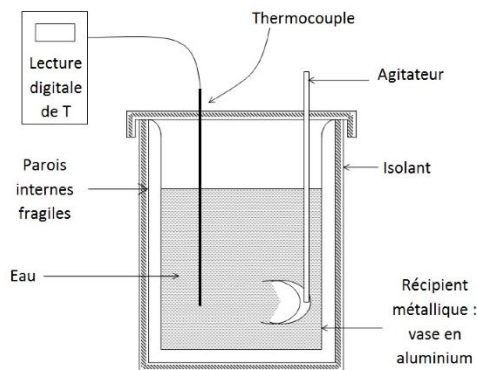
- Une quantité de chaleur Q
- Une capacité thermique
- Une enthalpie de réaction.

❖ **Principe de base** : Lorsqu'on met en contact deux systèmes à des températures différentes ou lorsqu'une réaction a lieu : il y a un échange de chaleur, la chaleur perdue par l'un est égale à la chaleur gagnée par l'autre. C'est le principe de **conservation de l'énergie**.

- Le **calorimètre** est un dispositif adiabatique, thermiquement isolé, utilisé pour déterminer la chaleur échangée lors d'une réaction ou d'un changement d'état. Le système n'échange aucune énergie avec le milieu extérieur.
- Les deux types les plus courants sont le calorimètre à **vase Dewar**, simple et isolant, et le **calorimètre de Berthelot**, rigide, utilisé pour des réactions à volume constant.



Calorimètre à Vase Dewar



Calorimètre de Berthelot

- **Capacité calorifique (C)**: La capacité calorifique (ou thermique) est la quantité d'énergie (chaleur) nécessaire pour élever la température d'un corps de 1 Kelvin (ou 1°C). Exprimée par :

$$C = \frac{Q}{(\Delta T)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

C : Capacité calorifique (J.K⁻¹)

Q : La quantité de chaleur échangée (J).

ΔT : la variation de température en K°.

- **Capacité thermique massique (c) :**

La capacité thermique massique, autrefois appelée **chaleur spécifique** ou **chaleur massique** est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 Kelvin (ou 1 °C) la température d'une unité de masse d'une substance. Exprimée par :

$$c = C / m = \frac{Q}{(m.\Delta T)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

C : Capacité calorifique en J.K⁻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 valeur en eau du calorimètre (μ) :**

La valeur en eau du calorimètre est la masse d'eau fictive (**μ**) qui a la même capacité calorifique que le calorimètre.

$$C_{cal} = \mu . C_{eau} \quad \dots\dots\dots (3)$$

μ : Valeur en eau du calorimètre en (kg)

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

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

• Échange thermique et équilibre :

Lorsqu'un corps chaud est plongé dans un corps froid dans un calorimètre, la chaleur totale échangée est la somme des chaleurs échangées par chaque élément :

$$\text{A l'équilibre : } \Sigma Q_i = 0 \longrightarrow Q_{fr} + Q_{cal} + Q_{ch} = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Chaleur gagnée par le corps froid : } Q_{fr} = m_{fr} \cdot c_{fr} \cdot (T_{eq} - T_{fr}) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Chaleur absorbée par le Calorimètre : } Q_{cal} = C_{cal} \cdot (T_{eq} - T_{fr}) \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Chaleur perdue par le corps chaud : } Q_{ch} = m_{ch} \cdot c_{ch} \cdot (T_{eq} - T_{ch}) \dots\dots\dots (7)$$

On aura alors :

$$m_{fr} \cdot c_{fr} \cdot (T_{eq} - T_{fr}) + C_{cal} \cdot (T_{eq} - T_{fr}) + m_{ch} \cdot c_{ch} \cdot (T_{eq} - T_{ch}) = 0 \dots\dots\dots (8)$$

En remplaçant $C_{cal} = \mu \cdot c_{eau}$ dans (8) :

$$m_{fr} \cdot c_{fr} \cdot (T_{eq} - T_{fr}) + \mu \cdot c_{eau} (T_{eq} - T_{fr}) + m_{ch} \cdot c_{ch} \cdot (T_{eq} - T_{ch}) = 0 \dots\dots\dots (9)$$

Avec : m_{fr} : la masse du corps froid

m_{ch} : la masse du corps chaud (eau , métal ...)

T_{fr} : la température du corps froid

T_{ch} : la température du corps chaud

T_{eq} : la température d'équilibre

c_{fr} : capacité calorifique du corps froid (exemple : eau)

c_{ch} : capacité calorifique du corps chaud (exemple : eau, métal)

II. Partie expérimentale

• Matériels utilisés

Béchers, éprouvette graduée de 100 ml, balance électronique, plaque chauffante, Calorimètre à Vase Dewar, thermomètre, Cristallisoirs, pinces, eau distillée, métaux.

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

Mode opératoire :

1. Mettre **100ml** d'eau distillée ($m_1 = 100 \text{ g}$) dans le calorimètre préalablement nettoyé, agiter quelque seconde, puis lire la température sur le thermomètre (T_{fr}).
2. Verser environ **100 ml** d'eau distillée dans un bécher, puis chauffer cette eau jusqu'à atteindre une température d'environ **50°C**.
3. Verser rapidement les **100ml** (100g) d'eau chaude ($T_{ch} = 50^\circ\text{C}$) dans le calorimètre contenant déjà l'eau froide, agiter le contenu du calorimètre quelque minute, puis lire la température d'équilibre sur le thermomètre (T_{eq}).
4. Noter et remplir le tableau.

$m_{\text{Eau froide}} = m_{fr}(\text{g})$	$m_{\text{Eau chaude}} = m_{ch}(\text{g})$	$T_{\text{Eau froide}} = T_{fr} (^\circ\text{C})$	$T_{\text{Eau chaude}} = T_{ch} (^\circ\text{C})$	$T_{\text{Equilibre}} (^\circ\text{C})$

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

Mode opératoire :

1. Introduire **50 ml** d'eau distillée ($m_{fr}=50\text{g}$) dans le calorimètre, agiter quelque seconde, puis lire la température sur le thermomètre (T_{fr}).
 2. Peser les trois échantillons à l'aide d'une balance électronique.
 3. Placer l'échantillon métallique (par exemple le **fer**) dans un bain d'eau bouillante. Laisser le métal immergé pendant environ **10 minutes** afin qu'il atteigne la température de l'eau bouillante, noter ($T_{ch} = 100^\circ\text{C}$) qui correspond à la température initiale du métal.
 4. Retirer rapidement le métal du bain bouillant et l'immerger dans le **calorimètre** contenant l'eau froide, agiter le contenu du calorimètre quelque minute, puis lire la température d'équilibre sur le thermomètre (T_{eq})
- Répéter les mêmes étapes pour les échantillons d'**aluminium** et du **cuivre**.
 - Noter et remplir le tableau

Echantillons métalliques	$m_{\text{Eau froide}} = m_{\text{fr}}(\text{g})$	$m_{\text{Métal}} = m_{\text{ch}}(\text{g})$	$T_{\text{Eau froide}} = T_{\text{fr}}(^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{Métal}} = T_{\text{ch}}(^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{Equilibre}}(^{\circ}\text{C})$
Fer					
Aluminium					
Cuivre					

Questions :

A/

1. Déterminer la capacité thermique massique du calorimètre « C_{cal} »
2. Déduire la valeur en eau du calorimètre « μ ».

B/

1. Déterminer la capacité thermique massique des métaux « $C_{\text{Fer}}, C_{\text{Al}}, C_{\text{Cu}}$ »
2. Comparer les valeurs expérimentales de la chaleur massique des métaux avec les valeurs théoriques.

Données :

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

Valeurs théoriques pour la comparaison : $C_{\text{Fer}}(\text{théorique}) = 449 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,

$C_{\text{Al}}(\text{théorique}) = 897 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $C_{\text{Cu}}(\text{théorique}) = 385 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$