

# MESURES CALORIMETRIQUES

*Le but du TP est d'apprendre à utiliser un calorimètre. Cet instrument permet en particulier, la mesure de capacité calorifique de certains corps, de l'énergie thermique dégagée ou absorbée par un système.*

Données :

Métal	Al	Cu	Fe	Pb	laiton
capacités thermiques massiques (en $J.K^{-1}.kg^{-1}$ )	897	385	449	129	377
Masse molaire M ( $g.mol^{-1}$ )	27	63,5	56	207	x

capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4185 J.K^{-1}.kg^{-1}$ .

$L_{fusion} = 3,33.10^5 J.kg^{-1}$  (pour l'eau).

capacité thermique du calorimètre :  $C_{cal}$  (en  $J.K^{-1}$ ), à déterminer en début de TP.

## Le calorimètre

Un calorimètre est une enceinte qui permet d'isoler thermiquement un système thermodynamique (théoriquement...).

Les calorimètres les plus courants sont constitués d'une double paroi en verre (attention: fragile) au milieu de laquelle on a fait le vide pour éviter les transferts thermiques par conduction et convection. La paroi extérieure est, elle, métallique et réfléchissante pour éviter les pertes par rayonnement. Le calorimètre est fermé par un couvercle permettant d'introduire un agitateur et un thermomètre.

Même s'il était parfait, le calorimètre possède une capacité thermique  $C_{cal}$  qui va intervenir dans les échanges thermiques. Comme elle est inconnue, il convient de commencer par la mesurer.

## I. Mesure de la capacité d'un calorimètre

### I.1.Principe

La méthode des mélanges en calorimétrie est une technique utilisée pour déterminer des échanges de chaleur entre différents corps ou substances lorsqu'ils atteignent une température commune après avoir été mélangés ou mis en contact thermique, et isolé de l'extérieur (on parle de système adiabatique: qui n'échange pas de chaleur avec l'extérieur).

Le principe repose sur la conservation de l'énergie: lors du mélange de deux ou plusieurs substances à différentes températures, la chaleur perdue par les corps chauds est égale à la chaleur gagnée par les corps froids jusqu'à ce qu'ils atteignent un équilibre thermique.

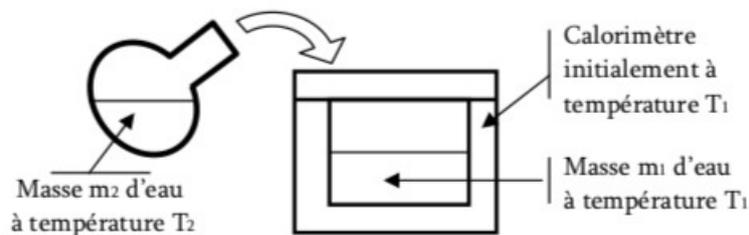
Le transfert de chaleur est modélisé par la relation suivante :  $Q_{perdue} + Q_{gagnée} = 0$  où Q est la quantité de chaleur échangée.

$$\text{On en déduit : } C_{cal} = m_2 C_{eau} \frac{(\theta_2 - \theta_3)}{(\theta_3 - \theta_1)} - m_1 c_{eau} \quad (1)$$

## I.2. Protocole expérimental

[https://youtu.be/VEJXtFF1yHQ?si=sa\\_hhNk-ksMwMqnH](https://youtu.be/VEJXtFF1yHQ?si=sa_hhNk-ksMwMqnH)

- Verser  $V_1 = 200\text{mL}$  d'eau froide dans le calorimètre. On mesurera au préalable par pesée la masse  $m_1$  d'eau introduite précisément. Mélanger régulièrement.  $m_1 = \dots\dots\dots$
- Attendre la fin des transferts de chaleur entre le calorimètre et l'eau, c'est à dire quand la température se stabilise et relever sa valeur  $\theta_1$ .  $\theta_1 = \dots\dots\dots$
- Faire chauffer de l'eau à l'aide d'une bouilloire jusqu'à une température voisine de  $65^\circ\text{C}$ . Prélever un volume  $V_2 = 200\text{ mL}$ , relever la température  $\theta_2$ , et mesurer la masse  $m_2$  par pesée.  $m_2 = \dots\dots\dots$  et  $\theta_2 = \dots\dots\dots$
- Après la mesure de la température, introduire immédiatement l'eau chaude dans le calorimètre.
- Agiter pour mélanger, suivre l'évolution de la température et relever la quand celle-ci se stabilise. On la notera  $\theta_3$  et on est alors à l'équilibre thermique.  $\theta_3 = \dots\dots\dots$



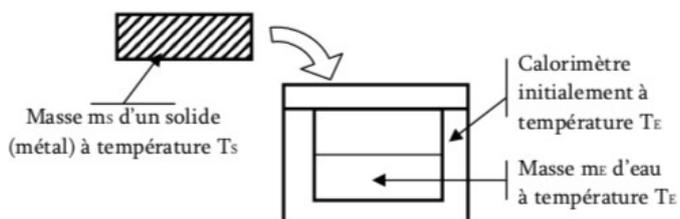
1. Pourquoi un calorimètre n'est-il pas parfait ?
2. Justifier l'expression de la capacité d'un calorimètre  $C_{cal}$  (1) et déterminer sa valeur numérique.

On définit la « masse équivalente en eau  $\mu$  » du calorimètre, c'est-à-dire la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre seul.  $C_{cal} = \mu c_{eau}$ .

3. Calculer cette masse en eau du calorimètre

**La valeur en eau du calorimètre est une caractéristique du calorimètre, elle doit être déterminée expérimentalement et sera utilisée pour l'ensemble des manipulations.**

## II. Mesure de la capacité thermique massique d'un métal



### II.1. Principe

Un solide de masse  $m$  est chauffé dans une étuve à une température proche de  $80^\circ\text{C}$ . On le transfère rapidement dans l'eau du calorimètre (figure ci-dessus). On a relevé juste avant la température de l'eau. On agite l'eau et on note la température d'équilibre.

**La transformation est adiabatique:**  $(m_1 C_{eau} + C_{cal})(\theta_3 - \theta_1) + m_2 c_{métal}(\theta_3 - \theta_2) = 0$  (2)

## II.2. Protocole expérimental

[https://youtu.be/mu\\_QRQIX0WQ?si=WlfKx9CeilKjl58K](https://youtu.be/mu_QRQIX0WQ?si=WlfKx9CeilKjl58K)

- Verser 400 mL d'eau froide (masse à peser dans le calorimètre, attendre l'équilibre thermique et relever la température.  $m_1 = \dots\dots\dots$  et  $\theta_1 = \dots\dots\dots$
- Relever la température du bain thermostaté:  $\theta_2 = \dots\dots\dots$
- Retirer le métal de l'eau chaude et l'introduire **aussitôt** dans le calorimètre.
- Agiter légèrement, suivre l'évolution de la température jusqu'à sa stabilisation et noter sa valeur.  $\theta_3 = \dots\dots\dots$
- Retirer le métal, essuyez le et relever son numéro pour l'identifier. En déduire sa masse et sa nature (fiche sur le bureau du professeur).
- Ramener le métal au professeur et en choisir un autre puis procéder à la même expérience.

4. Déterminer la capacité thermique massique du métal . Utiliser pour cela, la relation (2).

5. Comparer votre valeur expérimentale à la valeur théorique en calculant le pourcentage d'erreur: p

$$p = \frac{(\text{valeur théorique} - \text{valeur expérimentale})}{(\text{valeur théorique})} \times 100 \quad .$$

6. Essayer de trouver les points qui, dans les manipulations, amènent les plus grandes incertitudes et proposer un moyen d'améliorer le protocole.

7. En utilisant la statistique et les résultats de tous les groupes, présenter le résultat de la mesure de  $c_{\text{métal}}$  avec son incertitude.

Valeur de la capacité thermique massiques (en $J.K^{-1}.kg^{-1}$ ) du groupe	1	2	3	4	5	6	7	Valeur moyenne de $c_{\text{métal}}$
Al								
Cu								
Fe								
Pb								
Laiton								

Valeur de l'écart type  $\sigma_{N-1}$  ? (utiliser la calculatrice).

Incertitude :  $u(c_{\text{metal}}) = \frac{\sigma_{N-1}}{\sqrt{N}}$  avec N : nombre de mesures.

8. En 1819, Dulong et Petit établirent que les capacités thermiques **molaires** d'un grand nombre de solides ont une valeur proche de  $3R$  aux températures usuelles. ( $c = \frac{C_m}{M}$  relation entre la capacité massique et la capacité molaire).

Compléter le tableau et commenter.

Métal	aluminium	cuiivre	fer	plomb
Capacité thermique massique (J.K <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )				
Masse molaire ( g.mol <sup>-1</sup> )				
capacité thermique molaire				

### III Mesure de la chaleur latente de fusion de l'eau

#### III.1.Principe

Dans un calorimètre contenant une masse  $m_1$  d'eau à la température  $\theta_i$ , on introduit une masse  $m_2$  de glaçon à la température  $\theta_{\text{fusion}}$  et on laisse évoluer le mélange jusqu'à sa température finale d'équilibre  $\theta_f$ .

**Energie massique de changement d'état notée L :**

$$Q = m.L \text{ avec } Q \text{ énergie de changement d'état en Joule ; } m \text{ en kg ; } L \text{ en J.kg}^{-1}$$

**Energie thermique fournie par la masse  $m_1$  d'eau :**  $\Delta H_{\text{eau}} = m_1.C_{\text{eau}} (\theta_f - \theta_i)$

**Energie thermique fournie par l'enceinte intérieure du calorimètre :**  $\Delta H_{\text{cal}} = C_{\text{cal}}(\theta_f - \theta_i)$

**Energie thermique reçue par la masse  $m_2$  d'eau formée :**  $\Delta H_{\text{eauformée}} = m_2.C_{\text{eau}}.(\theta_f - \theta_{\text{fusion}})$

**Energie thermique reçue par la masse  $m_2$  de glaçon lors de la fusion :**  $\Delta H_{\text{fusion}} = m_2.L_{\text{fusion}}$

**La transformation est adiabatique:**

$$m_1.C_{\text{eau}} (\theta_f - \theta_i) + C_{\text{cal}} (\theta_f - \theta_i) + m_2.C_{\text{eau}}.(\theta_f - \theta_{\text{fusion}}) + m_2.L_{\text{fusion}} = 0 \quad (3)$$

#### III.2.Protocole expérimental

- Peser  $m_1 = 700\text{g}$  d'eau et placer les dans le calorimètre.
- Mesurer la température initiale  $\theta_i$  (au bout de 1 à 2 minutes,le temps de l'équilibre thermique avec le calorimètre).
- Peser rapidement un (ou plusieurs) glaçon(s), environ 20g, en fusion séché(s) avec du papier absorbant. Noter la masse  $m_2$
- Introduire les glaçons dans le calorimètre.
- Mesurer la température finale  $\theta_f$  de l'eau (homogène) après fonte totale des glaçons. Penser à agiter de temps en temps et à surveiller la disparition des glaçons mais en laissant l'enceinte fermée au maximum.

**9.** En déduire L fusion . Utiliser pour cela, la relation **(3)**.

**10.** Comparer avec la valeur théorique en calculant le pourcentage d'erreur .

