

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Calorimétrie

✔ Objectifs

- Énergie interne d'un système. Premier principe de la thermodynamique. Transfert thermique, travail.
- Capacité thermique d'un système incompressible. Énergie interne d'un système incompressible.
- Effectuer l'étude énergétique d'un système thermodynamique.

👤 Classe

Terminale Spé

🕒 Durée

1,5 h

Le but du TP que vous allez effectuer aujourd'hui est d'apprendre à utiliser un calorimètre, un instrument permettant la mesure de capacité calorifique de certains corps, principalement des phases condensées (leur capacité calorifique est plus grande, donc l'influence de l'appareil de mesure et ses incertitudes seront moins importantes en valeur relative)¹.

✂ Sur la paillasse

- Calorimètre avec agitateur;
 - Une éprouvette graduée de 250 mL;
 - Un bécher de 200 mL;
 - Balance de précision au dixième de gramme près, avec une capacité maximale supérieure à 600 g;
 - Bouilloire;
 - Chiffon;
 - Thermomètre digital;
 - Une pince en métal;
 - Cylindre de métal "inconnu" (grosse visse).
- Au fond de la classe sur deux paillasses:
- Bain marie réglé sur 65 °C;
 - Pince en métal;
 - Gant de protection contre la chaleur.

📄 Document 1: Fonctionnement du calorimètre

Un calorimètre est une enceinte qui permet d'isoler un système thermodynamique (théoriquement...). Dans la pratique, les échanges avec l'extérieur sont très lents et peuvent être négligés dans toutes les manipulations qui suivent.

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. La 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_{calo} qui va intervenir dans les échanges thermiques. Comme elle est inconnue, il convient de commencer par la mesurer.

Données:

- On note couramment les température en celsius °C et celles en kelvin T (par exemple $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$ correspond à $T_0 = 293\text{K}$).
- La capacité calorifique massique de l'eau est $c_{\text{eau}} = 4,180\text{kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

¹Travail basé sur le document de Pierre Adroguer

Métal	Aluminium	Cuivre	Plomb	Fer
Capacité thermique massique ($J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$)	897	385	129	449
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	27,0	63,6	207	55,9
Densité	2,7	9,0	11	7,9

Table 1: Tableau des principales caractéristiques de métaux.

1 Mesure de la capacité thermique du calorimètre

Document 2: Méthode des mélanges

La méthode des mélanges en calorimétrie est une technique utilisée pour déterminer des échanges de chaleur entre différents corps ou substances lorsqu'ils sont portés à 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 :

$$Q_{perdue} + Q_{gagnée} = 0 \tag{1}$$

où Q est la quantité de chaleur échangée.



Protocole expérimental

- 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 θ_1 . $\theta_1 = \dots\dots\dots$
- Faire chauffer de l'eau à l'aide d'une bouilloire jusqu'à une température voisine de 65°C . Prélever un volume $V_2 = 200\text{mL}$, relever la température θ_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 dans le calorimètre.
- Agiter pour mélanger, suivre l'évolution de la température et releverla quand celle-ci se stabilise. On la notera θ_3 et on est alors à l'équilibre thermique. $\theta_3 = \dots\dots\dots$

1. Pourquoi un calorimètre n'est-il pas parfait ?

.....

2. Déterminer un système bien choisi tel que l'énergie reçue par le système est nulle.

.....

3. En déduire une équation faisant apparaître C_{calo} .

.....

4. Montrer alors que $C_{\text{calo}} = -\frac{c_{\text{eau}}(m_1(\theta_3 - \theta_1) + m_2(\theta_3 - \theta_2))}{\theta_3 - \theta_1}$.

.....

5. Déterminer C_{calo} .

.....

6. On appelle valeur en eau ou masse en eau M_c la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre:

$$C_{\text{calo}} = M_c \times c_{\text{eau}} \tag{3}$$

Que vaut M_c la masse en eau du calorimètre ?

.....

2 Mesure de la capacité thermique massique d'un métal



Protocole expérimental

- Peser le bloc de métal. On notera sa masse m_1 . $m_1 = \dots\dots\dots$
- Se saisir du bloc de métal avec la pince métallique et l'introduire dans l'eau du bain marie. Attendre l'équilibre thermique.
- Mesurer la température du bain marie: $\theta_1 = \dots\dots\dots$
- Verser 400 mL d'eau froide (masse à peser, attention de ne pas excéder la masse maximale

de la balance !) dans le calorimètre, attendre l'équilibre thermique et relever la température.

$m_2 = \dots\dots\dots$ et $\theta_2 = \dots\dots\dots$

- 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.
 $\theta_3 = \dots\dots\dots$

7. Lorsqu'on plonge le métal dans l'eau bouillante, à quelle température le métal est-il après avoir atteint l'équilibre thermique ? Justifier.

.....

8. En définissant le bon système, obtenir une équation faisant intervenir c_{metal} la capacité thermique massique du métal. Le calculer.

.....

9. En utilisant la statistique et les résultats de tous les groupes, présenter le résultat de la mesure de c_{metal} avec son incertitude.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7
c_{metal}							

.....

10. Identifier le métal concerné et commenter. Essayer notamment de trouver les points qui, dans les manipulations, amènent les plus grandes incertitudes et proposer un moyen d'améliorer le protocole.

.....

11. En calculant les capacités calorifiques molaires des 4 métaux, expliquer pourquoi cette grandeur n'est pas adaptée à la détermination du métal (il s'agit de la loi de Dulong et Petit).

.....

