

TP 24 - CALORIMÉTRIE

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).

I Fonctionnement du calorimètre

I.1 Présentation

Objectifs :

- Connaître l'utilité d'un calorimètre et quelques notions sur la manière dont il est conçu.
- Estimer la capacité thermique 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. Le calorimètre est fermé par un couvercle permettant d'introduire un agitateur et un thermomètre.

Question (I.1.1)

À votre avis, où se situe la faiblesse du calorimètre, c'est à dire la raison pour laquelle il n'est pas parfait ?

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.

I.2 Mesure de la capacité thermique du calorimètre

Question (I.2.1)

Verser $V_1 = 200$ mL d'eau froide dans le calorimètre. On mesurera au préalable par pesée la masse m_1 d'eau introduite précisément.

Question (I.2.2)

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 .

Question (I.2.3)

Faire chauffer un volume $V_2 = 200$ mL d'eau dans un bêcher jusqu'à une température voisine de 65°C . Relever la température θ_2 , mesurer la masse m_2 par pesée et introduire immédiatement l'eau dans le calorimètre.

Question (I.2.4)

Agiter pour mélanger, suivre l'évolution de la température et relever quand celle ci se stabilise (en fait elle passe par un maximum qu'on notera θ_3), on est alors à l'équilibre thermique.

II Exploitation des mesures

Indications :

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

Question (II.0.1)

Faire un schéma bref de la manipulation.

Question (II.0.2)

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

Question (II.0.3)

En déduire une équation faisant apparaître C_{calo} .

Question (II.0.4)

Montrer alors que $C_{calo} = \frac{c_{eau}(m_1(\theta_1 - \theta_3) + m_2(\theta_2 - \theta_3))}{\theta_3 - \theta_1}$ et faire l'application numérique.

Question (II.0.5)

On appelle valeur en eau ou masse en eau M_c la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre. Que vaut M_c la masse en eau du calorimètre ?

III Mesure de la capacité thermique massique d'un métal

Objectifs :

- Mesurer la capacité thermique massique d'un métal.
- Faire une analyse statistique de l'incertitude sur cette mesure.

III.1 Manipulation

1. Mettre à bouillir de l'eau dans une casserole (on la préchauffera avec la bouilloire).
2. Peser un bloc de métal, on choisira le plus léger. On notera sa masse.
3. Suspendre le bloc métallique et l'introduire dans l'eau bouillante. Attendre l'équilibre thermique. A quelle température le métal est-il ? Justifier.
4. Verser 200 mL d'eau froide (masse à peser) dans le calorimètre, attendre l'équilibre thermique et relever la température.
5. Retirer le métal de l'eau bouillante et l'introduire aussitôt dans le calorimètre.
6. Agiter légèrement, suivre l'évolution de la température jusqu'à sa stabilisation et noter sa valeur.

III.2 Exploitation

Indications :

- Pour une série de N mesures de la grandeur x de moyenne μ et d'écart type σ l'écriture du résultat de la mesure est (incertitude type à 68 %) : $x = \mu \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ (incertitude de type A).

Question (III.2.1)

En définissant le bon système, obtenir une équation faisant intervenir c_{metal} la capacité thermique massique du métal. Annoncer le résultat au professeur.

Question (III.2.2)

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

Question (III.2.3)

Grâce aux données ci-dessous, 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.

Question (III.2.4)

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).

Données

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