

TP n°22

Calorimétrie

MPSI 2 – 2024/2025

La calorimétrie est l'étude des propriétés calorimétriques des corps, en particulier :

- leur capacité thermique ;
- les enthalpies de changement d'état (nous en reparlerons) ;
- les variations d'enthalpie liées à des réactions chimiques.

Un calorimètre est un dispositif qui permet de limiter les échanges thermiques avec l'extérieur. Il est composé d'une enceinte extérieure (en contact avec l'atmosphère) et une enceinte intérieure, dans laquelle on réalise une transformation thermodynamique. L'air entre les deux enceintes limite les transferts thermiques. L'ensemble est fermé par un couvercle isolant. Ainsi, au cours de la transformation, les échanges thermiques avec l'air extérieur sont négligeables.

Le couvercle est percé afin d'insérer un agitateur mécanique et un thermomètre. L'agitateur permet d'homogénéiser le contenu du calorimètre afin d'atteindre plus rapidement l'équilibre thermique, tandis que le thermomètre permet de mesurer la température finale à l'équilibre thermique.

1 Détermination expérimentale de la valeur en eau du calorimètre

La valeur en eau d'un calorimètre μ est le rapport entre sa capacité thermique et la capacité thermique massique de l'eau :

$$\mu = \frac{C_{\text{cal}}}{c_{\text{eau}}}$$

Expérience

- Introduire dans le calorimètre une masse d'eau m_1 , précisément connue, environ égale à 100 g à température ambiante ;
- attendre quelques instants et relever la température T_1 dans le calorimètre ;
- mettre en route la bouilloire ;
- verser une masse $m_2 \approx 100$ g, précisément connue, d'eau chaude dans un bécher, en mesurer la température T_2 ;
- verser rapidement l'eau chaude dans le calorimètre, agiter, relever la température à l'équilibre thermique T_f (attendre environ 1 minute).

Analyse théorique :

1. Exprimer la variation d'enthalpie du calorimètre en fonction de μ , c_{eau} et des températures.
2. Faire de même pour les deux masses d'eau en fonction de m_1 , m_2 , c_{eau} et des températures.
3. Justifier que, sur la transformation :

$$\Delta H_{\text{tot}} = 0$$

4. En déduire μ . Quelle est l'unité de μ ?

À partir des données des autres groupes, estimer la valeur en eau du calorimètre ainsi que l'incertitude-type sur la mesure.

2 Détermination expérimentale de la capacité thermique d'un métal

Plusieurs cylindres métalliques sont disponibles dans l'étuve : du fer, de l'aluminium, de laiton et du plomb. On peut mesurer leur température à l'aide d'un thermomètre infrarouge.

Expérience

Proposer un protocole expérimental permettant la mesure de la capacité thermique massique d'un des métaux.

Pour les métaux, à température ambiante, la capacité thermique molaire C_m suit la loi de Dulong et Petit, qui affirme que celle-ci est de l'ordre de $3R$ (où R est la constante des gaz parfaits). Cette loi est vérifiée à $\pm 0,2R$ près pour la majorité des matériaux :

$$23 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \leq C_m \leq 27 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Vérifier que le matériau que vous avez étudié suit la loi de Dulong et Petit.

Métal	Fer	Aluminium	Cuivre	Zinc	Plomb
Masse molaire (g/mol)	55,8	27,0	63,5	65,4	207,2

Le laiton est un alliage de cuivre et de zinc. On peut estimer la proportion de cuivre à partir de sa masse volumique

$$x_{\text{Cu}} = \frac{\rho - 7,14}{1,78}$$

et ainsi :

$$M(\text{laiton}) = x_{\text{Cu}}M(\text{Cu}) + x_{\text{Zn}}M(\text{Zn})$$

3 Détermination expérimentale de la chaleur latente de fusion de l'eau

Expérience

Peser une masse de glace sèche d'environ 40 g et les placer dans un calorimètre rempli au préalable avec 300 mL d'eau. Relever la température finale lorsque la glace a fondu.

Calculer :

$$\frac{|T_{\text{attendue}} - T_{\text{mesurée}}|}{u(T)}$$

Si cette grandeur est inférieure à 2, les résultats sont jugés compatibles. Le sont-ils ?