

## TP 24 : Calorimétrie

**Matériel (par groupe) :** calorimètre, thermomètre digital, deux béchers de 400 mL.

**Pour la classe :** plusieurs balances (pesant jusqu'à 1 kg et précises au gramme), deux bouilloires, des éprouvettes graduées de 250 mL ou de 500 mL, les morceaux de métal placés dans l'étuve à  $T_0 = 80^\circ\text{C}$  environ.

**Objectif :** la calorimétrie est un ensemble de méthodes expérimentales permettant de mesurer les capacités thermiques des différents matériaux. Il est assez *difficile* d'obtenir des résultats précis au cours d'une séance de TP, et l'idée est donc surtout de voir le principe des mesures.

⇒ On utilisera les résultats de l'exercice du TD sur la calorimétrie.

On donne la capacité thermique massique de l'eau  $c_{\text{eau}} = 4,2 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

### I Mesure de la capacité thermique du calorimètre \_\_\_\_\_

La première chose à faire est de déterminer la capacité thermique du calorimètre. Ce dernier va en effet participer aux échanges thermiques, en s'échauffant ou en se refroidissant. Si sa température varie de  $\Delta T$ , alors sa variation d'enthalpie s'écrit  $\Delta H_{\text{calo}} = C_{\text{calo}} \Delta T$ .

Pour déterminer  $C_{\text{calo}}$  on utilise la méthode des mélanges étudiée dans le TD :

- introduire une masse  $m_1$  connue d'eau froide dans le calorimètre (de l'ordre de 150 g, à peser précisément), attendre que la température se stabilise et la mesurer ;
- préparer une masse  $m_2$  d'eau chaude (de l'ordre de 150 g à peser précisément, température de l'ordre de  $60^\circ\text{C}$ ) ;
- mesurer la température de l'eau chaude puis, immédiatement, la verser dans le calorimètre et relever la température finale  $T_3$  après mélange.

Faites preuve de bon sens : la sonde du thermomètre doit être immergée et ne pas toucher les bords ; ne pas poser le bécher d'eau chaude sur la table qui est froide et ne pas trop attendre, etc.

**1 -** Réaliser le protocole ci-dessus. Puis exploiter vos mesures pour en déduire la valeur de  $C_{\text{calo}}$ .

On mettra en commun les résultats de la classe, pour en calculer la moyenne, l'écart-type puis l'incertitude-type.

Réfléchir aux hypothèses que l'on a effectuées ou aux manipulations réalisées, qui peuvent expliquer la variabilité des mesures.

## II Mesure de la capacité thermique massique de l'aluminium —

On souhaite ensuite déterminer la capacité thermique massique d'un morceau d'aluminium. Ces morceaux sont actuellement dans une étuve dont la température est indiquée par le professeur (ce sont des cylindres gris clair).

- On remplit le calorimètre avec une masse  $m_e$  d'eau froide de l'ordre de 250 g (à mesurer à la balance). On attend que la température se stabilise et on la relève :  $T_1$ .
  - On chauffe un morceau de fer de masse  $m_0$  à une température  $T_0$  : récupérer ce morceau dans l'étuve, avec un gant, et le placer rapidement (pour ne pas qu'il refroidisse) dans l'eau du calorimètre.
  - La température s'élève. On attend qu'elle n'augmente plus, et on la relève :  $T_2$ .
- 2 - Réaliser le protocole ci-dessus, puis en déduire la valeur de la capacité thermique massique  $c_0$  de l'aluminium.
- 3 - Mettre en commun les résultats de la classe, pour en calculer la moyenne  $\bar{c}_0$  et l'écart-type  $\sigma$ .
- En déduire 1/ l'incertitude-type  $u(c_0)$  associée à une mesure unique, et 2/ l'incertitude-type  $u(\bar{c}_0)$  associée à la moyenne des mesures
- La valeur tabulée pour l'aluminium est  $c_{Al} = 897 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Calculer le  $z$ -score (ou écart normalisé) correspondant à l'écart entre cette valeur de référence et la moyenne de la classe, et conclure sur l'accord ou non.
- 4 - Pour caractériser le métal, on s'intéresse également à sa masse volumique. Mettre au point un protocole qui permet de mesurer la masse volumique de votre morceau de métal. Comparer avec la valeur tabulée (tableau ci-dessous).
- 5 - Le TP se poursuit avec la fiche sur l'estimation des incertitudes par méthode Monte Carlo.

Métal/Alliage	Plomb	Bismuth	Or	Platine	Étain	Argent
$c \text{ (J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}\text{)}$	129	122	129	130	228	234
densité	11	9,8	19	21	7,3	10

Métal/Alliage	Laiton	Zinc	Cuivre	Nickel	Fer	Acier(1,5% C)	Aluminium
$c \text{ (J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}\text{)}$	377	380	385	440	444	470	897
densité	8,9	7,1	9,0	8,3	7,9	7,7	2,7