

# TP 16 : Calorimétrie

## 💡 Compétences expérimentales exigibles du programme :

- ✓ Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure d'une capacité thermique.
- ✓ Mettre en œuvre un capteur de température.



## But du TP

Déterminer la valeur en eau du calorimètre, puis l'utiliser pour déterminer la capacité thermique de différents métaux.

### Matériel :

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>— calorimètre</li> <li>— thermomètre</li> <li>— balance</li> <li>— 1 bécher</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— étuve + gant de protection</li> <li>— 1 bouilloire</li> <li>— différents métaux/alliages à faire chauffer (aluminium, fer, cuivre, laiton)</li> </ul> |
|---|--|



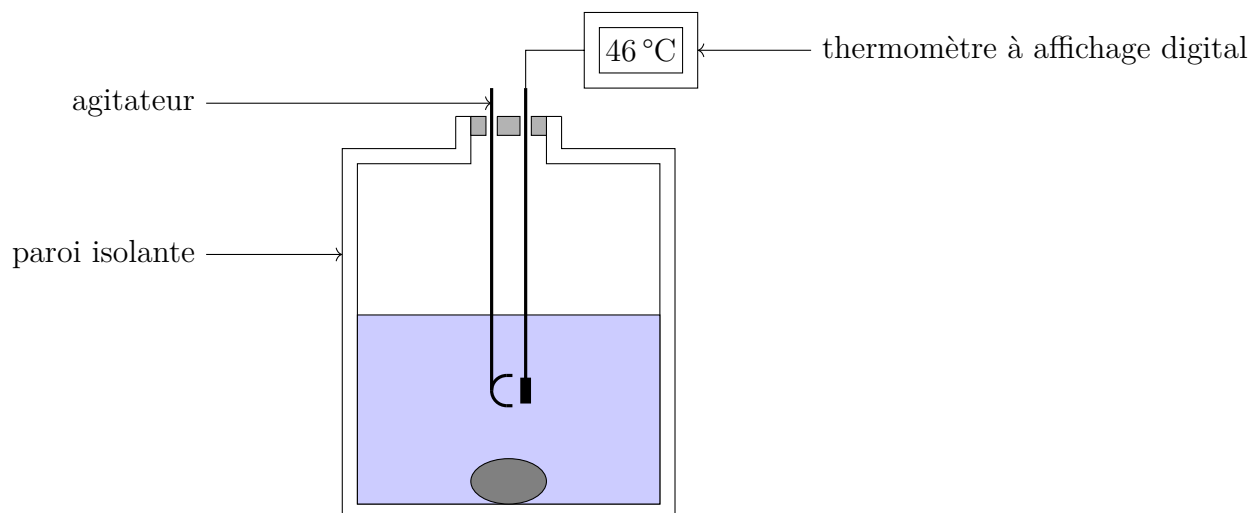
Avant de commencer le TP, placer les 4 échantillons dans l'étuve.

## I La calorimétrie

### I.1 Présentation du calorimètre

Un calorimètre est un récipient avec des parois rigides et calorifugées. Le système thermodynamique  $\Sigma$  étudié est :

$$\Sigma = \{\text{calorimètre} + \text{agitateur et thermomètre} + \text{son contenu}\}$$



Q1. Que peut-on en déduire sur les échanges d'énergie (sous forme thermique ou mécanique) entre le système et l'extérieur ?

Q2. Les expériences réalisées dans un calorimètre sont effectuées en contact avec l'atmosphère., quelle forme prend alors le 1<sup>er</sup> principe ?

## I.2 Valeur en eau du calorimètre

Lorsqu'on applique le 1<sup>er</sup> principe, il faut considérer la capacité thermique  $C_{\text{calo}}$  du calorimètre et des instruments puisque celle-ci n'est généralement pas négligeable devant celle du contenu. On appelle valeur en eau du calorimètre, notée  $\mu$  la masse d'eau par laquelle on pourrait remplacer le calorimètre pour avoir la même capacité thermique, ainsi  $\mu$  vérifie :

$$C_{\text{calo}} = \mu \times c_{\text{eau}}$$

avec  $c_{\text{eau}} =$  capacité thermique massique de l'eau =  $4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

## I.3 Méthode des mélanges

La méthode des mélanges consiste à plonger un corps à la température  $\theta_2$  (initialement placé dans une étuve) dans le calorimètre contenant déjà de l'eau plus froide et ses instruments (agitateur + thermomètre), à la température  $\theta_1$ . L'ensemble évolue vers un nouvel état d'équilibre, dont on mesure la température, notée  $\theta_f$ . Un bilan énergétique permet alors d'en déduire la capacité thermique du corps.

Q3. Donner les caractéristiques de l'état initial du système, puis celles de l'état final.

État initial	État final

## II Expériences

### II.1 Détermination de la valeur en eau du calorimètre

#### Protocole 1

- Placer une masse  $m_1$  d'eau « froide » à la température  $\theta_1$  dans le calorimètre.
- Placer le thermomètre dans le calorimètre et attendre quelques minutes que l'eau et le calorimètre soient à la même température et la noter.
- Ajouter une masse  $m_2$  d'eau « chaude » à la température  $\theta_2$ .
- Fermer le couvercle et agiter jusqu'à ce que la température soit constante, l'équilibre thermodynamique est alors atteint dans le calorimètre. Relever la valeur de cette température finale, notée  $\theta_f$ .



#### Remarques importantes concernant les mesures en thermodynamique :

En thermodynamique, il n'est pas rare d'obtenir des incertitudes-type de l'ordre 50% de la valeur mesurée. Ce n'est toutefois pas une raison pour manipuler n'importe comment !


- Les mesures de masse et de température doivent être effectuées avec la plus grande précision possible.
- Les éléments chauds doivent être manipulés avec précaution (les tenir avec le gant).

- Q4. Appliquer le 1<sup>er</sup> principe à la transformation et en déduire l'expression de la valeur en eau du calorimètre  $\mu$ , en fonction de  $m_1, m_2, \theta_1, \theta_2$  et  $\theta_f$ .

## II.2 Détermination de la capacité thermique des métaux

### Protocole 2

#### Protocole à répéter pour plusieurs métaux différents :

- Verser une masse  $m_{\text{eau}}$  d'eau dans le calorimètre. Attendre l'équilibre et noter  $\theta_1$  la température dans le calorimètre.
  - Prendre et identifier un morceau de métal dans l'étuve sur la paillasse prof.  brûlures !
  - Mesurer sa masse, notée  $m$ , et sa température initiale, notée  $\theta_2$ .
  - Plonger rapidement ce morceau de métal dans le calorimètre et suivre l'évolution de la température en homogénéisant régulièrement le mélange.
  - Estimer la température finale  $\theta_f$  dans le calorimètre lorsque l'équilibre thermique est atteint.
- Q5. Appliquer le 1<sup>er</sup> principe à la transformation et en déduire l'expression de la capacité thermique du métal  $c$ , en fonction de  $m_{\text{eau}}, \mu, m, c_{\text{eau}}, \theta_1, \theta_2$  et  $\theta_f$ .

- Q6. Faire les applications numériques pour déterminer les valeurs de capacités thermiques des métaux étudiés.

Q7. Noter vos valeurs au tableau afin de procéder à une évaluation statistique de l'incertitude-type sur la valeur de  $c$  pour chaque métal. Avec l'ensemble des résultats de la classe, déterminer les valeurs des capacités thermiques des métaux disponibles et les incertitudes associées.

Q8. Comparer, avec l'indicateur approprié, les valeurs obtenues avec celles du tableau ci-dessous :

métal	cuivre	fer	laiton	aluminium
$c / \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$	385	444	377	897
$M / \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	63,5	55,8	-	27,0
$\rho \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	8960	7870	-	2700

La loi de Dulong et Petit prédit qu'à une température « suffisamment » grande (température de Debye, qui dépend du métal), la capacité thermique molaire d'un métal tend vers la valeur  $C_m = 3R$  et indépendante du métal.

Q9. Pourquoi la masse molaire du laiton ainsi que sa masse volumique ne sont-elles pas indiquées ?

Q10. Les valeurs numériques données dans le tableau sont-elles cohérentes avec la loi de Dulong et Petit ?