

# C17 – TP : Les transferts thermiques

## ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE D'UN SYSTÈME AU CONTACT D'UN THERMOSTAT

(Expérience à laisser tourner pendant 70 minutes)

- Chauffer de l'eau avec la bouilloire, mais **ne pas la faire bouillir**.
- Pendant ce temps, ouvrir le logiciel *Latispro* et paramétrer l'acquisition :
  - o Temps total : 75 min
  - o Temps entre les points : 10 s
- Brancher la sonde du thermomètre à la carte d'acquisition Latispro.
- Verser l'eau dans le bécher dont les parois extérieures ont été isolées, et placer le capteur de température au milieu du bécher.
- Lancer l'acquisition et laisser se dérouler l'expérience sur le côté de la paillasse.
- Passer à la partie suivante du TP : vous répondrez aux questions ci-dessous quand l'acquisition sera terminée.

- 1) Quelle semble être la fonction mathématique qui régit la variation de température au cours du temps ?
- 2) Modéliser la courbe obtenue et noter son équation.
- 3) La température  $T$  est en fait la solution de l'équation différentielle vue en cours. Elle est de la forme :

$$T(t) = (T_i - T_e) \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} + T_e$$

Avec  $T_i$  la température initiale, et  $T_e$  la température finale.

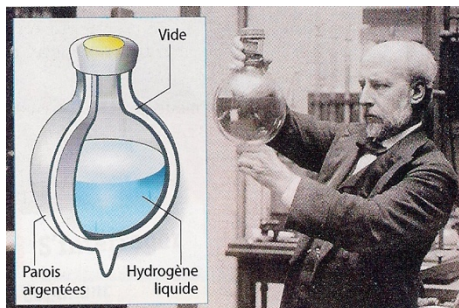
Retrouver les valeurs des températures  $T_i$  et  $T_e$ .

- 4) On peut lire sur internet : « Selon la *Royal Society of Chemistry*, la température idéale pour déguster un thé se situe entre 60 et 65 degrés. Le temps d'attente pour obtenir un thé chaud sans se brûler ou se faire du mal : **environ 6 minutes après avoir versé l'eau bouillante !** »

Commenter ces phrases par rapport à l'expérience réalisée.

## CONTEXTE DE LA SITUATION

Cherchant comment conserver à basse température des gaz liquéfiés, le physicien français Arsène d'Arsonval eut l'idée d'exploiter le vide comme isolant thermique. Le vase qu'il réalisa pour la première fois vers 1888 était constitué de deux vases en verre entrant l'un dans l'autre, soudés par leurs bords supérieurs et entre lesquels régnait un vide poussé. Vers 1893, le physicien britannique James Dewar améliora le vase de d'Arsonval en utilisant des parois de verre argentées et pu ainsi stocker l'hydrogène liquide à  $-252^\circ\text{C}$ . Ce type de vase est à la base de la construction des calorimètres. Un calorimètre a ainsi pour propriété de n'avoir aucun échange thermique avec le milieu extérieur.



**Le but de cette séance est de déterminer la capacité thermique d'un métal en étudiant les échanges thermiques dans un calorimètre pour en déduire la nature de ce métal.**

## INFORMATIONS MISES À DISPOSITION

### La capacité thermique

Un matériau peut stocker de l'énergie sous forme d'énergie interne et restituer ensuite cette énergie. En l'absence de changement d'état la variation d'énergie interne  $\Delta U$  d'une masse  $m$  d'un corps est liée à la variation de température ( $T_f - T_i$ ) :

$$\Delta U = m \times c \times (T_f - T_i)$$

La grandeur  $c$  est la capacité thermique massique du matériau : c'est l'énergie qu'il faut fournir à 1 kg de matériau pour élever sa température de 1°C.

Exemples :

| Matériaux   | Eau               | Cuivre | Fer | Aluminium |
|---|-------------------|--------|-----|-----------|
| Capacité thermique massique ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) | $4,18 \cdot 10^3$ | 385    | 440 | 897       |

### Fonctionnement d'un calorimètre

Dans le calorimètre, on fait l'hypothèse qu'il n'y a aucun transfert thermique avec l'extérieur. On peut écrire :

$$\Delta U_{\text{totale}} = \Delta U_{\text{ystème 1}} + \Delta U_{\text{ystème 2}} + \Delta U_{\text{calo}} = 0$$

À l'état initial, le système 1 de masse  $m_1$  est à une température  $T_1$ , inséré dans le calorimètre à la même température. Le système 2 de masse  $m_2$  est à une température  $T_2$ .

Au bout d'un certain temps, un équilibre thermique sera atteint et tous les éléments sont alors à la température  $T_f$ .

On a de plus :  $\Delta U_{\text{calo}} = C_{\text{calorimètre}} \times (T_f - T_1)$

## TRAVAIL À EFFECTUER

### 1. La capacité calorifique du calorimètre

#### 1.1. Mettre en œuvre le protocole suivant :

- Verser une masse d'eau  $m_1 = 300$  g à température ambiante dans un calorimètre de capacité thermique  $C_{\text{calorimètre}}$ .
- Attendre l'équilibre thermique et mesurer la température  $\theta_1$  de l'eau.
- Faire chauffer de l'eau jusqu'à environ 90°C dans une bouilloire électrique. Prélever environ 200 g de cette eau chaude. Mesurer sa masse  $m_2$  et sa température  $\theta_2$  puis l'introduire aussitôt dans le calorimètre.
- Fermer le calorimètre, attendre l'équilibre thermique et mesurer la température  $\theta_f$  de l'eau.

#### 1.2. À partir du protocole expérimental, et des données mises à disposition, identifier le système 1 et le système 2.

#### 1.3. Exprimer les variations d'énergie interne $\Delta U$ pour les deux systèmes en fonction de leur masse $m_1$ et $m_2$ , de leurs températures et de $C_{\text{eau}}$ .

#### 1.4. Démontrer que alors que $C_{\text{calorimètre}} = \frac{m_2 \times c_{\text{eau}} \times (\theta_2 - \theta_f)}{(\theta_f - \theta_1)} - m_1 \times c_{\text{eau}}$

#### 1.5. Calculer la valeur de la capacité calorifique du calorimètre $C_{\text{calorimètre}}$ .

| APPEL n°1   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats ou en cas de difficulté</b> |  |

## 2. La capacité calorifique du métal

### 2.1. Réaliser le protocole suivant :

- Peser l'objet métallique et noter sa masse  $m_{\text{métal}}$ .
- Chauffer de l'eau dans un récipient à une température  $T_1$  que l'on notera et y plonger l'objet métallique.
- Attendre quelques minutes pour considérer que la température du métal a atteint  $T_1$ .
- Dans le calorimètre, mettre une masse  $m_{\text{eau}} = 200$  g d'eau à température ambiante  $T_2$  que l'on notera.
- Avec une pince, récupérer le solide chaud et le plonger rapidement dans l'eau froide du calorimètre.
- Attendre que la température se soit stabilisée puis mesurer la température d'équilibre  $T_f$ .

2.2. Suite au transfert thermique entre le solide et le liquide, exprimer les variations d'énergie interne  $\Delta U$  pour l'eau et le solide en fonction de leur masse  $m_{\text{eau}}$  et  $m_{\text{métal}}$ , de leur température et de leur capacité calorifique massique  $c_{\text{eau}}$  et  $c_{\text{métal}}$ .

2.3. Démontrer que 
$$c_{\text{métal}} = \frac{(m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} + c_{\text{calorimètre}}) \times (T_f - T_2)}{m_{\text{métal}} \times (T_1 - T_f)}$$

2.4. Calculer la capacité thermique massique expérimentale du métal.

2.5. Retrouver alors de quel métal il s'agit. Justifier.

2.6. Mettre en commun les résultats de chaque binôme pour pouvoir mettre le résultat sous la forme  $c_{\text{solide}} = c_{\text{moyen}} \pm u(c)$  avec  $u(c) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  ( $n$  est le nombre de mesures et  $\sigma$  l'écart-type).

2.7. Calculer alors le z-score et commenter.

| APPEL n°2   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats ou en cas de difficulté</b> |  |

Reprendre les questions du début du TP sur l'évolution de la température d'un système en contact avec un thermostat.

À la fin de la séance, reprendre la grille d'auto-évaluation du début du chapitre pour la remplir.