



TP 19 - Calorimétrie

OBJECTIFS : Mesurer des capacités thermiques et évaluer les pertes thermiques d'un calorimètre.

Ce qu'il faut savoir et savoir faire

- Mettre en œuvre une technique de calorimétrie
- Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique (capacité thermique, enthalpie de fusion, etc.).

Matériel :

- 1 calorimètre équipé (agitateur, thermomètre, résistance $R = 6 \Omega$)
- 1 éprouvette graduée de 250 mL
- 1 chronomètre
- 1 voltmètre
- 1 ampèremètre
- 1 alimentation stabilisée 12 V
- 1 balance (matériel commun)
- 1 bouilloire (matériel commun)
- Etuve contenant des blocs métalliques (cuivre, fer, aluminium) (matériel commun)

Fiches utiles : FT13

Rappels du cours

- Application du premier principe à un système macroscopiquement au repos, lors d'une transformation monobare vérifiant $P_i = P_f = P_{ext} : \Delta H = W_u + Q$
- Travail électrique à courant constant pendant une durée $\Delta t : W_{elec} = R I^2 \Delta t$
- Loi de Dulong et Petit relative aux capacités thermiques molaires des solides : $C_{vm} = 3R$.

I. Mesure de la masse équivalente en eau du calorimètre

On considère qu'en ce qui concerne les échanges thermiques, le calorimètre et ses accessoires sont équivalents à une masse d'eau μ , appelée masse équivalente en eau du calorimètre, c'est-à-dire la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique :

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

On procède par la méthode des mélanges.

- Peser précisément un volume d'eau à température ambiante proche de 250 mL. Noter cette masse m_1 .
- Verser cette eau dans le vase du calorimètre.
- Mettre en place dans le calorimètre le vase avec l'eau pesée précédemment, l'agitateur, le thermomètre.
- Couvrir et noter la température T_1 lorsque l'équilibre thermique est atteint.
- Chauffer de l'eau à l'aide d'une bouilloire.
- Peser précisément un volume d'eau chaude proche de 250 mL et noter cette masse m_2 .
- Mesurer la température T_2 de cette eau et l'ajouter immédiatement dans le calorimètre.
- Couvrir. Agiter.
- Attendre l'équilibre thermique et noter la température finale de l'eau T_f .

- Q1.** En appliquant le premier principe à un système que l'on définira, calculer la masse en eau équivalente du calorimètre.
- Q2.** Pourquoi ne faut-il pas attendre trop longtemps pour mesurer la température finale ? Quelle serait sa valeur en attendant suffisamment longtemps ?

II. Mesure de la capacité thermique d'un métal par la méthode des mélanges

- Peser précisément un volume d'eau à température ambiante proche de 250 mL. Noter cette masse m_1 .
- Verser cette eau dans le vase du calorimètre.
- Mettre en place dans le calorimètre le vase avec l'eau pesée précédemment, l'agitateur, le thermomètre.
- Couvrir et noter la température T_1 lorsque l'équilibre thermique est atteint.
- Plonger dès sa sortie un bloc de métal récupère dans l'étuve de température T_2 .
- Attendre l'équilibre thermique et noter la température finale de l'eau T_f .
- Effectuer alors la pesée du bloc de métal et noter cette masse m_2 . Remettre le bloc dans l'étuve.

- Q3.** En appliquant le premier principe à un système que l'on définira, calculer les capacités thermiques massiques et molaires de chacun du métal étudié.
- Q4.** Regrouper les résultats pour les trois métaux disponibles. La loi de Dulong et Petit est-elle vérifiée ?

III. Mesure de la capacité thermique de l'eau par la méthode électrique et mesure des pertes thermiques

L'expérience suivante va dérouler en deux temps : dans un premier temps, on mesurera la capacité thermique de l'eau par la méthode électrique puis après arrêt de l'alimentation, on laissera le système évoluer librement afin d'étudier les pertes thermiques.

1^{ère} partie

- Peser précisément un volume d'eau à température ambiante proche de 250 mL. Noter cette masse m_1 .
- Mettre en place dans le calorimètre le vase avec l'eau pesée précédemment, l'agitateur, le thermomètre et la résistance chauffante.
- Sans l'allumer, régler l'alimentation stabilisée à l'intensité et à la tension 12 V et alimenter la résistance chauffante avec, en ajoutant des multimètres permettant la mesure précise de la tension et de l'intensité.
- Couvrir et noter la température T_1 lorsque l'équilibre thermique est atteint.
- Allumer l'alimentation et déclencher immédiatement le chronomètre. Relever les valeurs précises de la tension U et de l'intensité.
- Relaver la température T toutes les 30 s pendant 15 min. Penser à agiter régulièrement.

2^{ème} partie

- Arrêter l'alimentation et enlever la résistance chauffante.
- Refermer le calorimètre. Déclencher le chronomètre à nouveau en notant la nouvelle température initiale.
- Mesurer à nouveau la température toutes les 30 s pendant 15 minutes.
- Mesurer la température de l'air ambiant.

- Q5.** Tracer pour chaque partie l'évolution de la température de l'eau en fonction du temps.
Q6. Exploiter la première courbe pour déterminer la capacité massique thermique de l'eau.

On modélise les pertes par la loi de refroidissement de Newton : $P = k(T(t) - T_{ext})$ où P est la puissance perdue par le système, $T(t)$ est la température du système à l'instant t et T_{ext} la température de l'air extérieur.

- Q7.** Écrire lors d'une transformation infinitésimale le premier principe pour l'enthalpie et en déduire une équation différentielle pour $T(t)$.
Q8. La résoudre.
Q9. En exploitant la température mesurée à la fin de la deuxième phase, déterminer la valeur du coefficient k des pertes thermiques.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique du cuivre $c_{Cu} = 385 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique du fer $c_{Fe} = 444 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'aluminium $c_{Al} = 897 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Masses molaires : $M_{Al} = 27,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{Cu} = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{Fe} = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$