

TP n°15 : Application du premier principe à la calorimétrie

I. Contexte du sujet

La **calorimétrie** est la partie de la thermodynamique qui a pour objet le calcul et la mesure des chaleurs.

Pour que la chaleur soit accessible par le calcul, il est nécessaire de l'identifier à la variation d'une fonction d'état (c'est-à-dire une grandeur qui ne dépend que de l'état initial et final du système), ce qui n'est pas possible dans un cas général. On choisit donc des conditions particulières dans lesquelles cette identification est possible, par exemple à *volume constant* et dans ce cas les chaleurs mises en jeu sont égales à la variation de l'énergie interne $\Delta U = Q_V$.



Calorimètre

Pour les mesures, on utilise un calorimètre, utilisées dans les conditions du calcul.

« Comment utiliser le premier principe de la thermodynamique pour mesurer la capacité thermique de l'eau ? »

II. Documents à disposition.

Doc n°1 : Le calorimètre

Un calorimètre est un appareil destiné à mesurer les échanges de chaleur. C'est une enceinte thermodynamique **isolé** ce qui implique qu'il n'y a pas d'échange de matière ni d'énergie avec le milieu extérieur. Néanmoins, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de transferts de chaleur entre les différentes parties de l'ensemble calorimétrique (le contenu, les accessoires et la paroi du calorimètre...).

Description :

Il s'agit d'un vase Dewar (Isolant thermique) à l'intérieur duquel on peut poser des liquides, des solides ou les 2. Le couvercle du vase permet de faire passer un agitateur. Il dispose également d'un orifice pour y insérer un thermomètre. Deux brides permettent de le maintenir fermé de manière tout à fait hermétique.

Doc n°2 : Energie interne U d'un système thermodynamique

- **Premier principe de la thermodynamique :**

Pour un système thermodynamique fermé (pas d'échange de matière l'extérieur et au repos macroscopique) qui évolue d'un état initial à un état final, la variation d'énergie interne ΔU de ce système est égale à la somme des transferts d'énergies qui ont lieu entre le système et le milieu extérieur, par travail W et par transfert thermique Q :

$$\Delta U = W + Q$$

- **Variation d'énergie interne ΔU d'un système incompressible :**

Pour un système incompressible, de masse $m_{\text{système}}$ et de capacité thermique massique $c_{\text{système}}$, passant d'une température initiale θ_i à une température finale θ_f , la variation d'énergie interne ΔU est égale à :

$$\Delta U = m_{\text{système}} \times c_{\text{système}} \times \Delta \theta$$

avec : $m_{\text{système}}$ en kg ; $c_{\text{système}}$ en $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $\Delta \theta$ en K

Doc n°3 : L'effet Joule

On appelle « effet Joule », le dégagement d'énergie thermique qui accompagne le passage d'un courant électrique dans un matériau conducteur, lui opposant une résistance. L'effet Joule est dû au fait que les électrons, en circulant dans le matériau conducteur, font vibrer les atomes qui le constituent. Lorsque les atomes vibrent, la température augmente.

Pour un conducteur ohmique de résistance R , la puissance thermique dissipée par effet Joule est : $P = R \times I^2$

avec P , la puissance en W

R , la résistance en Ω

I , l'intensité du courant en A

Rappel : $E = P \times \Delta t$ E , l'énergie en J
 P , la puissance en W
 Δt , la durée de l'étude en s

Doc n°4 : Incertitude de type A

Quand une mesure est effectuée *plusieurs fois dans les mêmes conditions*, on peut utiliser une approche statistique pour estimer la dispersion des valeurs et donc l'incertitude.

La meilleure estimation de la valeur de la mesure est la valeur moyenne de la série de mesures, \bar{V} et l'incertitude-type associée est donnée par :

$$u(\bar{V}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

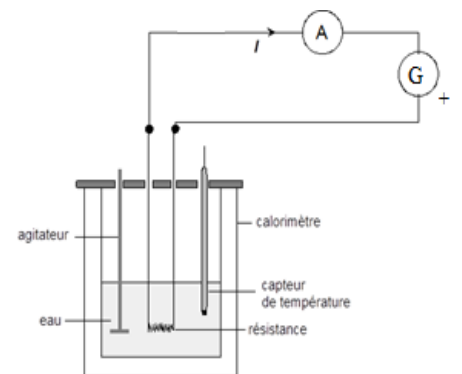
où σ_{n-1} est l'écart-type expérimental (souvent noté S_x sur la calculatrice) et n le nombre de mesures.

Doc n°5 : Relation de proportionnalité

Deux grandeurs A et B sont proportionnelles s'il existe une constante k telle que $A = k.B$. Dans ce cas, la représentation graphique de A en fonction de B est une droite passant par l'origine dont le coefficient directeur est égal à k .

Doc n°6 : Protocole

- Mesurer, à l'aide du multimètre la valeur de la résistance chauffante indiquée 4Ω . $R = \dots\dots\dots \Omega$
- Poser le calorimètre sans couvercle sur la balance et la tarer.
- Verser environ 500 g d'eau dans le calorimètre et noter la masse d'eau exacte versée : $m_{\text{eau}} = \dots\dots\dots \text{g}$
- Mettre l'agitateur puis fermer le calorimètre et insérer le thermomètre et la résistance dans le couvercle.
- **Générateur éteint**, régler le sélecteur sur 6V.
- Réaliser le dispositif correspondant au schéma ci-contre avec $R = 4 \Omega$.
- Régler le sélecteur du multimètre pour une mesure d'intensité en courant continu supérieure à 1 A.



Appeler le professeur pour vérification du montage

- Attendre que la température de l'eau se stabilise puis relever la valeur θ_i à $t = 0$: $\theta_i = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$
- **Simultanément** : Déclencher le Chronomètre **ET** allumer le générateur.
- Relever la valeur de l'intensité du courant $I = \dots\dots\dots \text{A}$ et vérifier qu'elle reste à peu près constante.
- Relever la température θ toutes les minutes sur une durée de 8 minutes **en agitant** l'eau **très régulièrement**.

II. Matériel à disposition

- Un calorimètre avec son agitateur
- Un générateur de tension continue
- Un multimètre
- Un thermomètre
- Une résistance chauffante
- Un chronomètre
- Un ordinateur muni du logiciel Latis-Pro

III. Travail à effectuer.

Pour répondre à la problématique, le protocole du document 6 va être réalisé.

S'APPROPRIER

Le système considéré est le système {eau + calorimètre et son agitateur}.

- 1°- Lister les éléments en contact avec le système.
- 2°- Lister les transferts thermiques possibles entre le système et ces éléments du milieu extérieur.
 - Indiquer en justifiant le signe de chaque transfert.
 - Certains transferts vous semblent-ils négligeables ? Justifier.
- 3°- En déduire en justifiant la variation d'énergie interne du système en fonction de la résistance R et de l'intensité I.

RÉALISER

- Réaliser le protocole fourni dans le document 6 et compléter le tableau de mesure ci-dessous.

t (en s)	0	60	120	180	240	300	360	420	480
θ (en °C)									

ANALYSER

3°- A l'aide des documents et de vos mesures, proposer une démarche permettant de déterminer avec précision la valeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.

Appel n°2	Appelez le professeur pour lui montrer votre démarche
------------------	---

VALIDER

- Mettre en œuvre votre démarche (Vous utiliserez la feuille de calcul de Latis-Pro pour les calculs nécessaires) et proposer une valeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.
- Écrire votre résultat au tableau.

Appel n°3	Appelez le professeur pour lui montrer votre résultat
------------------	---

4°- Dédurre des valeurs écrites au tableau la valeur retenue pour la mesure associée, à son incertitude.

5°- Comparer à la valeur attendue ($c_{\text{eau}} = 4,18.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$) et proposer des sources d'erreurs expliquant un éventuel écart.