

ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE D'UN SYSTÈME THERMODYNAMIQUE

Objectifs : conduire un bilan d'énergie thermique



Problématique : Modifier la température d'un corps dépend du matériau dans lequel celui-ci est fait. Ainsi, la capacité thermique massique désigne l'énergie à fournir par kg de ce corps par degré Celsius supplémentaire. Comment déterminer expérimentalement la valeur de la capacité thermique massique de l'eau ?

Schéma de l'expérience

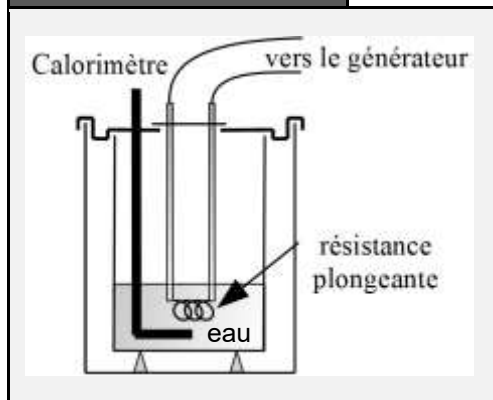
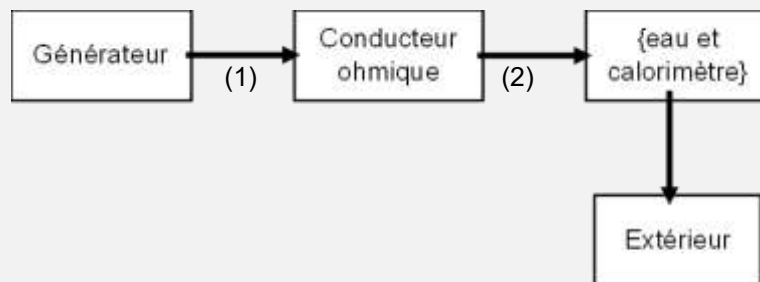


Diagramme des échanges énergétiques



De l'eau est versée dans le calorimètre, qui est une enceinte la plus hermétique possible (isolée de l'extérieur). On y fait plonger un conducteur ohmique qui va chauffer sous l'effet d'un courant électrique.



Lois de thermodynamique



▪ Premier principe de la thermodynamique : soit un système fermé (cest-à-dire qui peut échanger de l'énergie avec ce qui lui est extérieur, mais pas de matière) au repos à l'échelle macroscopique. Son énergie interne U varie comme la somme des travaux W ou bien des transferts thermiques Q auxquels il est soumis :

$$\Delta U = W + Q$$

W et Q sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système, négativement s'ils sont cédés.

▪ Loi de Joule et Gay-Lussac : soit un système incompressible de masse m , sans changement d'état et passant de la température T_i à la température T_f . L'énergie interne du système varie comme la température et

$$\Delta U = m \cdot c_m \cdot \Delta T = m \cdot c_m \cdot (T_f - T_i)$$

Dans cette égalité, c_m désigne la capacité thermique massique du système, elle s'exprime en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ou $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ (car gagner 1°C , c'est gagner 1 K).

▪ Travail électrique : une tension E règne aux bornes d'un dipôle parcouru par un courant d'intensité I pendant une durée Δt . L'énergie électrique $W_{\text{élec}}$ échangée par ce dipôle vaut

$$W_{\text{élec}} = E \cdot I \cdot \Delta t$$

S'APPROPRIER

Identifier des relations

A B C D

1. Compléter le diagramme des échanges énergétiques en légendant (1) et (2).
2. À l'aide des lois fournies, exprimer la variation ΔU de l'énergie interne du système {eau + calorimètre} en fonction de la durée Δt de l'expérience, de E , de I .

Protocole



- peser le vase interne du calorimètre et consigner la valeur de sa masse m_{cal} ;
- peser le couvercle en plexiglas et consigner la valeur de sa masse m_{plex} ;
- prélever environ exactement 400 g d'eau, les verser dans le vase du calorimètre puis peser précisément la masse d'eau qu'il contient m_{eau} ;
- plonger le conducteur dans l'eau et le relier au générateur ;
- rapidement, régler le générateur pour qu'il délivre un courant d'intensité égale à environ 4,00 A. Consigner la valeur précise de l'intensité.
- débrancher un des fils pour interrompre le passage du courant ;
- mélanger le contenu du système et mesurer sa température. Consigner sa valeur T_i ;
- rebrancher le générateur en déclenchant le chronomètre. Consigner la valeur de la tension E ;
- en agitant en permanence, consigner la valeur de la température T du système chaque minute et remplir le tableau de mesures suivant.

Tableau de mesures

$\Delta t / s$	0	60	120	180	240	300	360	420
$T / ^\circ\text{C}$								
$\Delta t / s$	480	540	600	660	720	780	840	900
$T / ^\circ\text{C}$								

RÉALISER*Suivre un protocole expérimental***A B C D**

3. Mettre en œuvre le protocole expérimental.
4. Saisir les valeurs expérimentales dans un tableur LatisPro.
5. Y créer les grandeurs « ΔT » et « ΔU ». La valeur de ΔT à l'instant t vérifie $\Delta T(t) = T(t) - T_i$.
6. Construire et modéliser la représentation graphique de la variation de l'énergie interne en fonction de la variation de la température. Consigner l'équation du modèle.

La capacité thermique massique du vase interne est notée c_{cal} et vaut $897 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. La capacité thermique du plexiglas est notée c_{plex} et vaut $1450 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

ANALYSER*Articuler des relations entre elles***A B C D**

7. À l'aide de la loi de Joule et Gay-Lussac, montrer que la variation de l'énergie interne du système peut s'écrire selon l'égalité suivante :

$$\Delta U = (m_{cal} \cdot c_{cal} + m_{plex} \cdot c_{plex} + m_{eau} \cdot c_{eau}) \cdot \Delta T$$

8. À l'aide de l'équation du modèle de la courbe expérimentale, déterminer la valeur de la capacité thermique massique de l'eau.

VALIDER*Confronter un résultat expérimental à une valeur de référence***A B C D**

9. La valeur de référence de la capacité thermique massique de l'eau vaut $4,18 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Discuter de l'adéquation avec la valeur obtenue expérimentalement en calculant le z-score, sachant que $u(c_{eau}) = 0,02 \times c_{eau}$.
10. Identifier les sources expérimentales à l'origine d'un éventuel écart.