

TP 18 : De l'eau pour se chauffer

TP INFO

Chapitre 15

MOTS CLES:

Transfert Thermique – Capacité thermique – énergie interne

PREREQUIS

- Effet Joule

OBJECTIFS

- Effectuer l'étude énergétique d'un système thermodynamique.

Introduction

Un fluide caloporteur ou calorporteur est un liquide ou un gaz utilisé pour transporter l'énergie thermique d'un point (la source) à un autre (le puit). Celui-ci doit présenter des caractéristiques qui diffèrent suivant son utilisation mais il doit la plupart du temps posséder une grande capacité thermique, une haute conductivité thermique, une faible viscosité. L'eau est très souvent utilisée car elle possède ces caractéristiques et présente un faible coût.

Comment mesurer la capacité thermique massique de l'eau liquide ?

I. Documents

Document 1 : Chauffage central D'après [1]

Une installation de chauffage central comporte une chaudière et un réseau de diffusion de la *chaleur* : radiateurs, plancher ou mur chauffant. Ce système permet de chauffer toutes les pièces de la maison à la température souhaitée. L'eau constitue **le liquide caloporteur** le plus utilisé.

Les chaudières les plus courantes fonctionnent au fioul ou au gaz. Le chauffage central peut également fonctionner à l'aide d'énergies renouvelables : chaudière au bois ou poêle bûilleur, pompe à chaleur, système solaire combiné.

Document 2 : Capacité thermique massique

■ La capacité thermique massique c d'un matériau correspond à la variation d'énergie interne d'un échantillon de masse $m = 1 \text{ kg}$ de ce matériau lorsque sa température augmente de 1 kelvin (K) à volume et pression constants. Elle s'exprime en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

■ Quelques exemples de capacités thermiques massiques de référence :

Matériau	Capacité thermique massique (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
Acier	435
Bronze	418
Fonte	544
Plomb	1 279
Eau	4 180

Premier principe de la thermodynamique pour un système au repos macroscopique :

$$\Delta U = W + Q \quad (1)$$

Avec Q transfert thermique et W travail

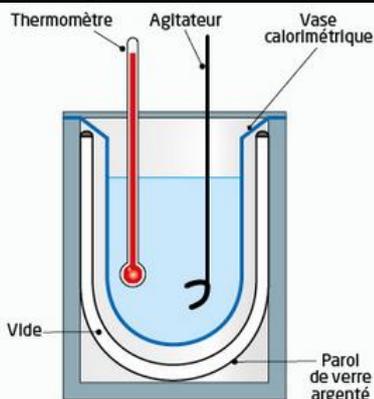
Lorsqu'un système incompressible de masse m passe d'une température initiale T_i à une température finale T_f sa variation d'énergie interne est donné par la formule suivante :

$$\Delta U = C\Delta T = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) \quad (2)$$

Avec c la capacité thermique massique en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ et C capacité thermique en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$

Document 3 : Calorimétrie [2]

Un calorimètre est un appareil utilisé pour mesurer les échanges d'énergie par transfert thermique au cours d'une transformation physique ou chimique. Les transferts thermiques ayant lieu dans le calorimètre s'effectuent toujours du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Le calorimètre est un système calorifugé, c'est-à-dire conçu pour empêcher les transferts thermiques vers l'extérieur. Il participe cependant aux transferts thermiques : il a lui-même une capacité thermique C_{calo} qui s'exprime en $J \cdot K^{-1}$.



Les calorimètres peuvent être équipés d'un dispositif de chauffage grâce à une résistance. Cette résistance alimentée par un générateur reçoit un travail électrique :

$$W_{elec} = P_{elec} \Delta t = UI \Delta t \quad (3)$$

Avec Δt la durée de chauffage

Exemple de bilan dans un calorimètre.
Système {eau + calorimètre avec outils}
Le système est isolé donc $Q = 0$.

$$\Delta U = \Delta U_{eau} + \Delta U_{calo} = W_{elec}$$

Si $W_{elec} = 0$: $\Delta U = 0$

Document 4 : Matériel

Calorimètre + outils ; bloc de métaux ; 2 multimètres ; générateur 6V ; balance ; grande éprouvette graduée, eau distillée à température ambiante et froide bain marie eau chaude.

II. Détermination de C_{calo}

Nous allons dans un premier temps se familiariser avec le calorimètre et commencer à utiliser la méthode des mélanges.

Document 5 : Comment déterminer C_{calo}

- Dans le calorimètre introduire une masse m_1 (inférieure à 100g) d'eau à température ambiante
- Attendre quelques instants en agitant et noter la température d'équilibre : T_1
- Préparer une masse m_2 (pas moins de 200 g) d'eau tiède à la température T_2 comprise entre 25°C et 40°C
- Noter T_2 et verser dans le calorimètre
- Homogénéiser le mélange et noter la température d'équilibre T_f .

1. Appliquer le premier principe au système {eau + calorimètre} l'état initial étant le moment où on verse mais où les liquides ne se sont pas mélangés.
2. En déduire une expression entre $m_1, m_2, T_1, T_2, T_f, c_{eau}$ et C_{calo} .
3. La capacité thermique du calorimètre est souvent exprimée à partir d'une masse fictive μ d'eau, on a ainsi : $C_{calo} = \mu c_{eau}$. Montrer que :

$$\mu = m_2 \frac{(T_2 - T_f)}{(T_f - T_1)} - m_1$$

4. Mettre en œuvre le protocole et déterminer la masse en eau du calorimètre μ .

III. Détermination de c_{eau}

5. A l'aide du matériel disponible, proposer une expérience permettant de mesurer la capacité thermique massique de l'eau.
6. Mettre en œuvre ce protocole après discussion avec le professeur.
7. Comparer la valeur mesurée à la valeur de référence : $c_{eau}(ref)$ donnée dans le document 1.

IV. Pour aller plus loin : Incertitude $u(c_{eau})$

8. Evaluer $u(c_{eau})$ avec une méthode de Monte Carlo.

Références

- [1] «Qu'est un système de chauffage central ?», Effy, [En ligne]. Available: <https://www.laprimeenergie.fr/les-travaux/le-chauffage/systeme-central>.
- [2] Sirius, Physique Chimie Terminale Spé, Nathan.
- [3] Physique chimie terminale Spécialité, Hachette, 2020.