

Élévation de la température d'un liquide à l'aide d'un courant électrique

Doc. 13,7

§1 Objectif

Une résistance électrique convertit, par effet Joule, l'énergie potentielle électrique des charges en énergie thermique. L'objectif de cette activité est de vérifier expérimentalement que cette énergie thermique est intégralement transférée à un volume d'eau contenu dans un calorimètre, sous forme d'énergie interne, ce qui se manifeste par une élévation de température.

 Cette activité expérimentale suppose, en préalable, la détermination de la capacité thermique du calorimètre utilisé, afin de pouvoir quantifier précisément l'énergie thermique transférée au système.

§2 Manipulation

- Peser une masse $m = 100$ g d'eau à la température ambiante.
- Introduire cette eau dans le calorimètre, attendre quelques minutes la thermalisation et mesurer la température θ_i de cet ensemble, qui constitue le système étudié.
- Construire un montage électrique constitué d'un générateur de tension et de la résistance électrique associée au calorimètre.
- On souhaite mesurer l'intensité I du courant électrique qui circule dans le circuit et la tension U aux bornes de la résistance. Indiquez où et comment brancher les deux multimètres pour effectuer ces mesures.
- Effectuer les branchements. Allumer les multimètres.
Attention au calibre utilisé pour le fonctionnement en ampèremètre : 10 A
- Allumer le générateur et déclencher immédiatement le chronomètre.
Faire en sorte qu'un courant électrique d'intensité $I = 1,0$ A circule dans le circuit électrique.
- Relever la valeur U de la tension aux bornes de la résistance.
- S'assurer, tout au long de l'expérience, que les valeurs de l'intensité du courant électrique et de la tension aux bornes de la résistance restent constantes.
- Homogénéiser régulièrement la température de l'eau grâce à l'agitateur.
- Relever la température du système toutes les 30 s.
- Éteindre le générateur au bout de 5 min et relever immédiatement la température finale θ_f du système.

§3 Exploitation

On fait l'hypothèse que le calorimètre isole parfaitement le système, constitué de l'intérieur du calorimètre et de la masse m d'eau.

Q1. Quelle relation existe-t-il entre le transfert thermique Q reçu par le système et la puissance P cédée par la résistance au système ?

Par définition,

$$P = \frac{dQ}{dt}$$

Puisque la puissance P est restée constante au cours du temps, l'intégration de la relation précédente donne :

$$Q(t) = Pt$$

où t est la date à laquelle on détermine la valeur du transfert thermique Q reçu.

Q2. Donner l'expression de la variation de l'énergie interne ΔU du système en fonction de sa température.

Par définition,

$$\Delta U(\text{sys}) = \Delta U(\text{calo}) + \Delta U(\text{eau})$$

Comme,

$$\Delta U(\text{calo}) = C(\theta(t) - \theta_i) \quad \text{et} \quad \Delta U(\text{eau}) = mc(\theta(t) - \theta_i)$$

où $\theta(t)$ est la température du système à la date t ,

$$\Delta U(\text{sys}) = (C + mc)(\theta(t) - \theta_i)$$

Q3. Compléter la zone Z_1 du fichier Python fourni pour cette activité. Il s'agit d'intégrer les valeurs expérimentales.

```
U = 5.93      # V
I = 1.53      # A

C = 104       # J/°C/g
c = 4.18      # J/°C/g
m = 140       # g

dates = np.linspace(0, 420, 15) # Valeurs
thetas = np.linspace(23.2, 29, 15) # Valeurs
```

Q4. Compléter la zone Z_2 du fichier Python fourni pour cette activité. Il s'agit de calculer la puissance cédée par effet Joule au niveau de la résistance électrique.

```
P = U * I
```

Q5. Compléter la zone Z_3 du fichier Python fourni pour cette activité. Il s'agit de déterminer les valeurs des transferts thermiques Q aux différentes dates.

```
Q = []

for t in dates:
    Q.append(P * t)
```

Q6. Compléter la zone Z_4 du fichier Python fourni pour cette activité. Il s'agit de déterminer les valeurs des variations de l'énergie interne du système ΔU aux différentes dates.

```
delta_U = []
```

```
for theta in thetas:  
    delta_U.append( (C + m * c * (theta - thetas[0])) )
```

Q7. Compléter la zone Z_5 du fichier Python fourni pour cette activité. Il s'agit de tracer les courbes $Q = f(t)$ et $\Delta U = g(t)$.

```
plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=100)  
plt.plot( dates , Q , 'o', label="$Q$ (J)")  
plt.plot( dates , delta_U , 'o', label="$\Delta U$ (J)")  
plt.xlabel("t (s)")  
plt.legend()  
plt.show()
```

Q8. Relever l'erreur relative entre l'énergie fournie au système et sa variation d'énergie interne. Peut-on dire que l'énergie fournie au système a été transformée en énergie interne ?

L'erreur relative étant d'environ 8%, on peut donc bien dire que l'énergie fournie au système sous forme thermique a été convertie en énergie interne.