

EXERCICE B : UN BON LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

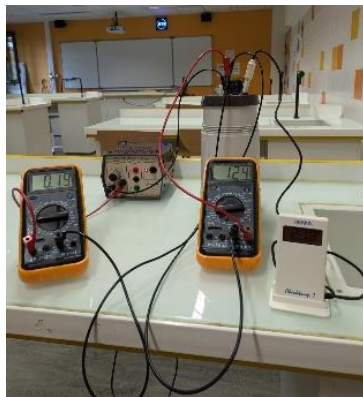
Pour refroidir un moteur de voiture thermique, on utilise un liquide de refroidissement composé d'un mélange d'eau et d'éthylène glycol (éthane-1,2-diol), ce dernier jouant le rôle d'antigel.

Dans cet exercice, on justifiera le choix d'un mélange commercial eau – éthylène glycol (respectivement 40 % - 60 % en volume) à l'aide de ses propriétés thermiques.

Dans un premier temps, il est nécessaire de valider un protocole de mesure de la capacité thermique massique d'un liquide.

1^{re} partie : validation du protocole de mesure.

On met en œuvre le protocole du document 2 avec de l'eau afin de valider la méthode de mesure de la capacité thermique massique d'un liquide.



Document 1 : Montage

Protocole :

- placer une masse m de liquide dans un calorimètre ;
- introduire la résistance chauffante dans le liquide ;
- introduire un thermomètre dans le liquide et mesurer la température initiale T_i du système ;
- alimenter la résistance chauffante en déclenchant le chronomètre à l'instant $t = 0$ s ;
- relever la température T du liquide toutes les minutes tout en veillant à ce que l'intensité du courant I reste constante.

Document 2 : Protocole pour déterminer la capacité thermique massique d'un liquide

Données :

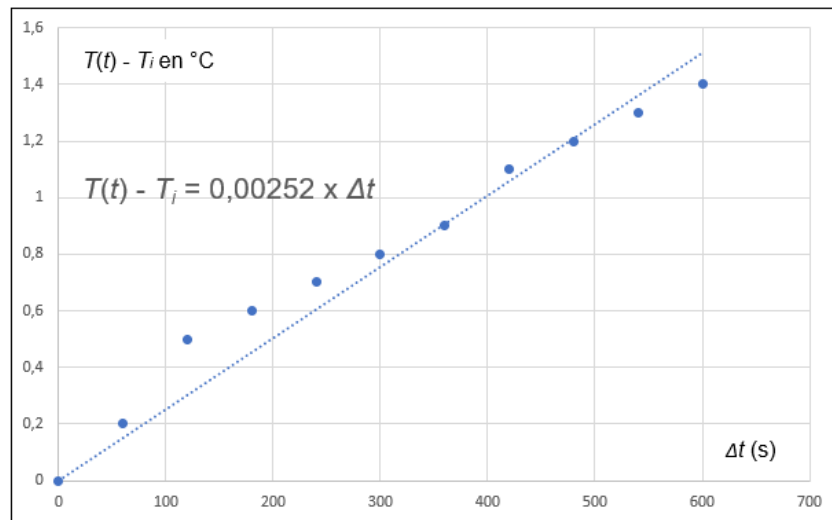
- L'énergie électrique W_{elec} (J) transférée par une résistance chauffante pendant la durée Δt (s) : $W_{elec} = E I \Delta t$, avec E la tension en Volt entre les bornes du récepteur et I l'intensité du courant en Ampère qui le traverse ;
- On rappelle l'expression de la variation de l'énergie interne U d'un système incompressible de masse m :

$$\Delta U = mc\Delta T ;$$

- $m = (550 \pm 1)$ g de liquide ;
- $E = (5,73 \pm 0,01)$ V ;
- $I = (0,97 \pm 0,01)$ A ;
- La valeur de référence pour la capacité thermique massique de l'eau est :

$$c_{ref} = 4\,181 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

- Le graphique ci-dessous représente les résultats expérimentaux :



Document 3 : Variation de la température en fonction du temps pour un liquide constitué d'eau pure

Hypothèses :

- La capacité thermique du calorimètre est négligée devant la capacité thermique des liquides introduits.
- On néglige tout phénomène de rayonnement.
- Les échanges thermiques n'ont lieu qu'entre le liquide et la résistance chauffante.
- La résistance convertit intégralement l'énergie électrique W_{elec} qu'elle reçoit en transfert thermique Q , tel que $W_{elec} = Q$.
- Le liquide est un fluide incompressible.

- Nommer les deux modes de transfert thermiques intervenant dans le calorimètre.
- Déduire du premier principe de la thermodynamique appliqué à ce liquide la relation :

$$mc_{eau}(T(t) - T_i) = EI\Delta t$$

- Montrer que la courbe du document 3 est en accord approximatif avec l'expression :

$$T(t) - T_i = k_{eau}\Delta t$$

- Exprimer k_{eau} en fonction de m , c_{eau} , E et I à l'aide des questions précédentes.

Données :

- La modélisation indiquée sur la courbe du document 3 fournit la valeur de la constante k_{eau} . Son incertitude-type associée est : $u(k_{eau}) = 1,8 \times 10^{-4}$ SI.
- L'incertitude sur la capacité thermique massique c_{eau} se calcule avec :

$$u(c_{eau}) = c_{eau} \sqrt{\left(\frac{u(k_{eau})}{k_{eau}}\right)^2 + \left(\frac{u(E)}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(I)}{I}\right)^2}$$

- Pour comparer le résultat d'une mesure m_{mes} à une valeur de référence m_{ref} on utilise le quotient $\frac{|m_{mes} - m_{ref}|}{u(m)}$, avec $u(m)$ incertitude-type associée au résultat. Une mesure est validée quand ce quotient est inférieur à 2.
5. Calculer la valeur expérimentale de c_{eau} et son incertitude-type associée. Conclure quant à la validité du protocole de mesure.

2^e partie : justification du choix du liquide de refroidissement.

Le liquide de refroidissement doit demeurer liquide aux températures extérieures d'utilisation. Il doit également absorber l'énergie thermique du moteur et la transférer au radiateur pour être évacuée vers l'extérieur. Il est ainsi d'autant plus efficace que sa capacité à stocker de l'énergie thermique lors d'une certaine variation de température est importante.

En utilisant le protocole précédent, on a déterminé la capacité thermique massique du mélange. Le résultat est présenté dans le tableau ci-dessous ainsi que les données relatives à l'eau et à l'éthylène glycol.

	Éthylène glycol pur	Mélange eau 40 % - éthylène glycol 60 %	Eau pure
Capacité thermique massique ($J \cdot ^\circ C^{-1} \cdot kg^{-1}$)	2400	3100	4180
Température de solidification ($^\circ C$)	-13	-37	0

6. Discuter l'intérêt d'utiliser le mélange eau-éthylène glycol par rapport aux deux liquides purs pour refroidir un moteur.