

Exercice n°2 : mesure de la capacité thermique massique de l'eau

Cet exercice porte sur la mesure de la capacité thermique massique de l'eau. Cette mesure est réalisée expérimentalement en utilisant un calorimètre. Les parois de ce récipient sont conçues de manière à limiter les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du calorimètre, comme dans une bouteille isotherme.

Lorsque les parois sont parfaitement isolantes thermiquement, on dit que le calorimètre est adiabatique.

On va dans cet exercice comparer les résultats obtenus grâce à deux méthodes. Pour la première, on place dans un calorimètre supposé adiabatique, de capacité thermique $C = 200 \text{ J.K}^{-1}$ et initialement à la température $T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, une masse $m_1 = 50 \text{ g}$ d'eau à la température $T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. On ajoute ensuite une autre masse d'eau $m_2 = 100 \text{ g}$ à la température $T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$. On note c_e la capacité thermique massique de l'eau. À la fin de l'expérience, on mesure une température $T_f = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q 1. Justifier qu'il est possible de modéliser par des transformations isochores les évolutions suivies par le calorimètre et chacun des masses d'eau lors de l'expérience réalisée.

Le calorimètre et l'eau sont des phases condensées incompressibles et indilatables en bonne approximation. On peut considérer les transformations comme isochores.

Q 2. Écrire la variation d'énergie au cours de la transformation pour le calorimètre et son contenu.

Système = calorimètre + son contenu.

Pour le calorimètre,

$$\Delta U_c = C (T_f - T_1)$$

Pour la masse m_1 d'eau,

$$\Delta U_1 = m_1 c_e (T_f - T_1)$$

Pour la masse m_2 d'eau,

$$\Delta U_2 = m_2 c_e (T_f - T_2)$$

Pour le système complet, on a donc

$$\Delta U = C (T_f - T_1) + [m_1 (T_f - T_1) + m_2 (T_f - T_2)] c_e$$

Q 3. Écrire le premier principe de la thermodynamique pour le calorimètre et son contenu.

Le premier principe s'écrit

Q 4. En déduire la valeur de la capacité thermique massique de l'eau.

Une deuxième méthode est envisageable : dans le même calorimètre (vidé) supposé adiabatique, de capacité thermique $C = 200 \text{ J.K}^{-1}$ et initialement à la température $T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, on place une masse $m_3 = 200 \text{ g}$ d'eau à la température $T_3 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ et une résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$ à la température T_3 . On note c_e la capacité thermique massique de l'eau. On branche la résistance à un générateur délivrant un courant continu d'intensité $I = 0,4 \text{ A}$ pendant une durée $\Delta t = 5 \text{ min}$. À la fin de la transformation, la température de l'eau et de la résistance est $T'_f = 66 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q 5. Écrire le premier principe de la thermodynamique pour le calorimètre et l'eau qu'il contient.

Q 6. En déduire la valeur de la capacité thermique massique de l'eau.

Q 7. Les deux valeurs sont-elles cohérentes entre elles ?