

EXERCICE 4 (6 points) (physique-chimie)

Les boissons en randonnée

Conservation d'une boisson chaude

Dans la documentation fournie par un fabricant de bouteilles isothermes, on peut lire l'information suivante relative à un modèle donné : pour une température initiale de l'eau à 95 °C, la température vaut 82 °C au bout de 6 h et 73°C au bout de 12 h.

On place 1,0 L d'eau à la température $\theta_i = 95$ °C dans l'une de ces bouteilles isothermes.

La température extérieure à la bouteille est $\theta_{\text{ext}} = 25$ °C



Q1. Exprimer la variation de l'énergie interne, ΔU , de l'eau contenue dans la bouteille isotherme, au cours des 6 premières heures en fonction de : la masse de l'eau, m_{eau} , la capacité thermique massique de l'eau, c_{eau} , la température initiale de l'eau, θ_i , et la température de l'eau après 6h, θ_f . Montrer que ΔU est voisine de 54 kJ.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- Température initiale $\theta_i = 95$ °C ;
- Température finale après 6 h $\theta_f = 82$ °C ;
- Volume de l'eau $V = 1$ L.

Q2. Définir le flux thermique à travers la paroi et montrer que le flux thermique moyen qui traverse la paroi de la bouteille au cours des 6 premières heures, Φ_{moyen} , est voisin de 2,5 W.

Au cours du refroidissement, le flux thermique entre l'eau et l'extérieur n'est pas constant. Il dépend de la différence de température $\Delta\theta$ entre l'intérieur et l'extérieur de la bouteille et de la résistance thermique R_{th} de ses parois :

$$\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{\text{th}}}$$

Q3. Choisir sans calcul, parmi les trois propositions suivantes, la valeur du flux thermique à l'instant initial et justifier ce choix :

- $\Phi_i = 3,6$ W
- $\Phi_i = 2,5$ W
- $\Phi_i = 1,8$ W

En déduire que la valeur de la résistance thermique R_{th} des parois de la bouteille isotherme est voisine de $19 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$ en prenant la température du liquide à l'intérieur égale à $\theta_{\text{int}} = 95$ °C et la température extérieure égale à $\theta_{\text{ext}} = 25$ °C.

Q4. Montrer que la paroi de la bouteille isotherme d'épaisseur $e = 1,0$ cm et de surface totale $S = 0,098$ m² a une conductivité thermique $\lambda = 0,0052$ W·m⁻¹·K⁻¹.

Donnée :

La relation liant la résistance thermique d'une paroi plane R_{th} , à sa surface S en m², à son épaisseur e en m, et à la conductivité thermique du matériau λ en W·m⁻¹·K⁻¹ est la suivante :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

La documentation du fabricant indique que la bouteille est composée de 100 % d'acier inoxydable et qu'elle est munie de deux parois en inox séparées par un espace pratiquement vide.

Q5. Expliquer, sans calcul, l'intérêt du vide partiel entre les deux parois de la bouteille.

Approvisionnement en eau : les pastilles de purification

Il existe des comprimés effervescents qui permettent de purifier l'eau.

Le fabricant indique qu'il suffit d'ajouter un comprimé dans un litre d'eau non potable et d'attendre 30 minutes avant de la consommer.

Un comprimé de masse 50 mg contient 3,5 mg de dichloroisocyanurate de sodium (noté NaDCC), de l'hydrogénocarbonate de sodium et de l'acide adipique.

Q6. Déterminer la valeur de la quantité de matière n de NaDCC dans 1,0 L d'eau préparée en suivant les recommandations préconisées.

Donnée : masse molaire du NaDCC : $M_{NaDCC} = 219,95$ g·mol⁻¹.

Lorsque le comprimé entre en contact avec l'eau, une transformation chimique a lieu, produisant de l'acide hypochloreux de formule HOCl dont la molécule contient un élément Chlore, Cl. Au cours de cette transformation chimique, une mole de NaDCC libère ainsi deux moles d'élément chlore.

Q7. Calculer la masse d'élément chlore Cl qui se trouve dans 1,0 L d'eau à l'issue de son traitement à l'aide de la pastille effervescente.

Donnée : masse molaire du chlore $M(Cl) = 35,5$ g·mol⁻¹.

La teneur en chlore libre est définie par la masse en élément chlore par unité de volume. Pour assurer l'absence de prolifération microbologique, il est recommandé, en France, de maintenir une teneur de chlore libre aux alentours de 0,1 mg/L en tous points du réseau (eau du robinet). L'OMS recommande une valeur maximale de chlore libre dans l'eau potable de 5 mg/L.

<https://www.anses.fr/fr/system/files/RCCP2010sa0169.pdf>

Q8. Préciser si l'eau purifiée avec un comprimé est potable.