

EXERCICE I

Charles a l'habitude de prendre son café bien chaud. Il utilise un gobelet en verre contenant un volume $V = 300 \text{ mL}$ de café, initialement à une température de $T_1 = 66 \text{ °C}$. Il laisse son gobelet dans son salon qui est à une température de $T_2 = 18 \text{ °C}$. Progressivement, la température du café diminue pour finalement se stabiliser à la température de la pièce. Au cours de cette transformation thermodynamique, l'énergie interne du café varie. On considère la masse volumique du café $\rho_c = 1,00 \text{ kg/L}$ et la capacité calorifique massique du café $c_c = 4200 \text{ S.I.}$

III-1- De manière générale, quel est l'origine microscopique de la variation d'énergie interne ?

III-2- Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique dans le cas d'un tel système.

III-3- Durant cette transformation, le travail est reçu par le café, perdu par le café ou nul ?

III-4- Dans le cas de cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?

III-5- Donner l'expression de la variation d'énergie interne du café ΔU en fonction des températures T_1 et T_2 .

III-6- Quelle est l'unité de la capacité calorifique massique ?

III-7- Calculer la variation d'énergie interne ΔU .

Charles se rend compte que le café est trop froid, et n'est plus à son goût. Il décide de le réchauffer cette fois-ci en utilisant son four à micro-ondes. Pour cela, il le règle sur la position 3 et durant 30 secondes. Le café atteint une température $T_3 = 39,5 \text{ °C}$.

III-8- Quel est le type de transfert thermique réalisé entre le four et le café ?

On rappelle que la relation entre la quantité de chaleur Q et la puissance thermique P lorsque celle-ci est constante s'écrit : $|Q| = P \cdot \Delta t$

III-9- Donner l'expression puis calculer la quantité de chaleur échangée entre le four et le café.

III-10- Durant cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?

III-11- À quelle puissance thermique correspond la position 3 du four ?

Lorsque Charles s'empare du gobelet en verre avec sa main, il est brûlant. Par manque d'attention, Charles a réglé la minuterie à 1 minute, de sorte que la température du café dans le gobelet est finalement de 60 °C (T_4).

On rappelle que : $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$ et $\Phi = \frac{|\Delta T|}{R_{th}}$

III-12- Quelle est la nature du transfert thermique à travers la paroi du gobelet en verre ?

La paroi du gobelet a une épaisseur de $e_l = 1,5 \text{ mm}$. La surface S du gobelet est égale à 250 cm^2 .

On mesure le flux thermique à travers la paroi de verre $\Phi_v = 70 \text{ W}$.

On donne la conductivité du verre : $\lambda_v = 1,0 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

III-13- Que vaut la résistance thermique R_v du gobelet ?

III-14- Que vaut la différence de température $|\Delta T|$ entre la paroi intérieure et la paroi extérieure du gobelet ?

Charles décide de changer de gobelet et d'en utiliser un de la même forme mais d'une épaisseur e_2 plus grande. La température de la paroi du gobelet atteint finalement $T_5 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$. On admet que le flux thermique reste inchangé ($\Phi_v = 70 \text{ W}$).

III-15- Donner l'expression littérale de l'épaisseur e_2 du gobelet en verre en fonction de la conductivité λ_v , la surface S , le flux thermique Φ_v et la différence de température $|\Delta T|$ entre la paroi extérieure et la paroi intérieure du gobelet. Calculer l'épaisseur e_2 du gobelet en verre ?

EXERCICE II

On souhaite étudier les déperditions thermiques d'un chalet vosgien durant les mois d'hiver et analyser la quantité d'émission de gaz à effet de serre produite. Les 3 parties du problème sont indépendantes.

Données :

- Conductivité thermique utile λ (en $\text{W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) pour les divers matériaux envisagés :

| Pin autoclave | Polystyrène | Panneaux d'agglomérés de bois | Verre | Air | Argon |
|---------------|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| 0,15 | 0,042 | 0,16 | 0,81 | 0,025 | 0,018 |

- Capacité calorifique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

- Etude des cloisons verticales du chalet.**

Les cloisons verticales d'une habitation à ossature en bois sont constituées (en partant de l'extérieur vers l'intérieur de la cloison) d'épaisseur :

- 8 cm de pin traité autoclave de résistance thermique R_1 .
- 10 cm de polystyrène pour l'isolation de résistance thermique R_2 .
- 4 cm de panneaux d'agglomérés de bois pour la finition de résistance thermique R_3 .

La résistance thermique d'une paroi, d'aire S , d'épaisseur L et de conductivité thermique λ , est donnée

par la relation $R_{\{th\}} = \frac{L}{\lambda S}$

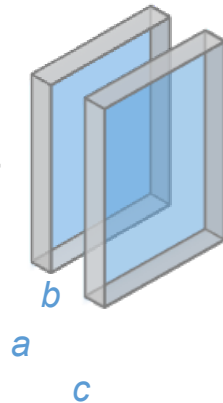
III-1- Quelle est l'unité internationale de R_{th} ?

III-2- Calculer la résistance thermique R_2 du polystyrène pour 1 m^2 de superficie.

- III-3-** Calculer la résistance thermique totale R_T de la cloison pour 1 m^2 de superficie.
- III-4-** La température extérieure est de $\Theta_{\text{ext}} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ et celle intérieure est maintenue à $\Theta_{\text{int}} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$. Calculer le flux thermique ϕ (en Watt) à travers la paroi pour le chalet à ossature bois en considérant que la surface totale des murs est $S=100 \text{ m}^2$.

Etude des vitrages du chalet.

Dans une fenêtre double vitrage (a-b-c), a et c représentent respectivement en millimètre les épaisseurs de la vitre extérieure et la vitre intérieure et b représente en millimètre l'épaisseur du gaz séparant les deux vitres. Ce gaz peut être soit de l'air soit de l'argon.



III-5- Comparer sans faire de calculs les formats **(4-16-4) air** avec **(4-16-4) argon**, **(10-10-4) air** et **(10-10-4) argon** en précisant lequel est le plus efficace thermiquement et le moins efficace.

Etude du système de chauffage.

Cette maison est chauffée grâce à une chaudière au gaz. Elle récupère l'eau provenant des radiateurs à la température $\theta_f = 48 \text{ }^\circ\text{C}$ et la réchauffe à la température $\theta_c = 55 \text{ }^\circ\text{C}$. L'installation comporte dix radiateurs. On note $Q = 111 \text{ MJ}$ ($111 \cdot 10^6 \text{ J}$), la quantité de chaleur dégagée par les 10 radiateurs pendant trois heures, et M la masse d'eau circulant dans la chaudière pendant 3 heures.

- III-6-** Calculer la puissance thermique dégagée par les 10 radiateurs.
- III-7-** Exprimer la quantité de chaleur Q dégagée par les 10 radiateur pendant trois heures en fonction de M , θ_f , θ_c et c_{eau} .
- III-8-** En déduire la valeur de la masse m d'eau transitant dans un radiateur pendant trois heures de chauffage.

La chaudière utilise du propane C_3H_8 comme combustible. Elle en consomme $n = 70 \text{ moles}$ pour fournir la quantité de chaleur $Q = 111 \text{ MJ}$.

- III-9-** Ecrire l'équation chimique de combustion complète du propane.
- III-10-** Calculer la masse de dioxyde de carbone dégagée pendant les 3 heures.

Rappel : masse molaire $\text{CO}_2 = 44 \text{ g.mol}^{-1}$.

Exercice III

Afin de préparer du thé, on remplit d'eau bouillante une tasse munie d'un couvercle, tous deux en céramique.

On nomme S le système constitué de la tasse, de son couvercle et de l'eau. La température du système S s'homogénéise rapidement pour atteindre la température d'équilibre $\theta_0 = 83,5\text{ °C}$.

La température ambiante vaut $\theta_{amb} = 21,3\text{ °C}$. La tasse est posée sur une table en verre, et des échanges thermiques du système S avec l'air ambiant se font par la face latérale et le couvercle de la tasse. Le flux thermique à travers la face inférieure de la tasse est négligé, tout comme les transferts thermiques autres que convectifs. On ne tiendra pas compte non plus de la présence des feuilles de thé, ni de la très faible quantité d'air contenue dans la tasse.

On s'intéresse au refroidissement du système S au cours du temps. Sa température à l'instant t est notée $\theta(t)$. L'origine du temps ($t = 0$) est fixée à l'instant où le système S atteint l'équilibre thermique : $\theta(t=0) = \theta_0 = 83,5\text{ °C}$.

L'équation différentielle vérifiée par $\theta(t)$ s'écrit alors : $\frac{d\theta(t)}{dt} = \frac{1}{\tau} \times (\theta_{amb} - \theta(t))$ (équation 1)

III-1- Quelle est l'unité de τ ?

III-2- La solution de cette équation différentielle est de la forme $\theta(t) = A \times e^{-\frac{t}{\tau}} + B$ où A et B sont des constantes. Déterminer l'expression des constantes A et B en fonction des données du problème.

III-3- Exprimer l'instant t_1 auquel la température du système S atteint la valeur $\theta_1 = 50,0\text{ °C}$ en fonction de A, B, τ et θ_1 qui permet de commencer à boire sans se brûler. Calculer la valeur t_1 en prenant la valeur théorique $\tau = 4,66 \times 10^3\text{ USI}$.

Le relevé expérimental de l'évolution de la température du système S est disponible sur le document réponse.

III-4- A l'aide de la méthode des 63% ou celle de la tangente, déterminer graphiquement la valeur de la constante τ_{exp} en indiquant sur la courbe les éléments de construction graphique utilisés.

III-5- La valeur de la constante τ_{exp} est plus faible que celle théorique. Parmi les propositions listées dans le document réponse, quelles peuvent être la ou les causes possibles d'un tel écart ?

