Installation sanitaire

Bac 2025 Asie Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 55**

Q1 Identifier le mode de transfert thermique : a) au niveau du panneau solaire ; b) entre le fluide caloporteur chaud et l'eau sanitaire du cumulus ; c) dans le cumulus, entre l'eau chaude en bas et l'eau froide en haut.

a) Le panneau reçoit l'énergie du Soleil par **rayonnement**.

b) Le fluide caloporteur circule dans un serpentin : l'énergie traverse la paroi solide du tube, sans déplacement de matière, par **conduction**.

c) L'eau chauffée en bas, moins dense, monte tandis que l'eau froide descend : le transfert s'accompagne d'un mouvement de matière, c'est la **convection**.

a) rayonnement ; b) conduction ; c) convection

COMPRENDRE
Rayonnement : par ondes électromagnétiques, possible dans le vide. Conduction : de proche en proche, sans transport de matière, surtout dans les solides. Convection : avec transport de matière, dans un fluide.

Q2 Calculer la résistance thermique R_{th} d'un isolant en résine de mélamine.

Données utiles $e = 5{,}0$ cm ; $S = 5{,}0\ \text{m}^2$; $\lambda = 0{,}033\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

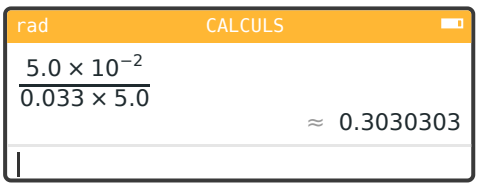
$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S} = \frac{5{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}033 \times 5{,}0}$$

$R_{th} = 0{,}30\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

PIÈGE
L'épaisseur est donnée en centimètres : sans la conversion $e = 5{,}0 \times 10^{-2}$ m, le résultat est cent fois trop grand. L'unité $\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ est attendue.

COMPRENDRE
Toutes les données ont deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux, dans cette question comme dans les suivantes.

À LA CALCULATRICE



Q3 Déterminer la valeur du flux thermique Φ traversant l'isolant en résine de mélamine.

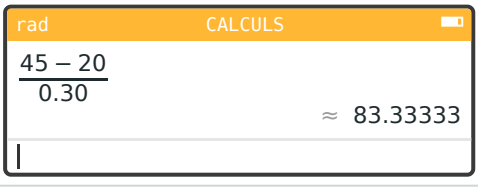
Données utiles $\theta_p = 20\ ^\circ\text{C}$; $\theta_C = 45\ ^\circ\text{C}$; $R_{th} = 0{,}30\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (Q2)

$$\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{th}} = \frac{\theta_C - \theta_p}{R_{th}} = \frac{45 - 20}{0{,}30}$$

$\Phi = 83\ \text{W}$

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir. Avec la valeur non arrondie de R_{th}, on trouve $82{,}5$ W : le dernier chiffre dépend de l'arrondi, les deux écritures sont acceptées.

À LA CALCULATRICE



Q4 Indiquer, en justifiant, le sens du transfert thermique entre la structure basse du panneau et le fluide caloporteur.

Un transfert thermique s'effectue spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Ici $\theta_C = 45\ ^\circ\text{C} > \theta_p = 20\ ^\circ\text{C}$.

L'énergie passe du fluide caloporteur vers la structure basse du panneau.

Q5 Comparer, sans calcul, le flux thermique précédent à celui qui traverserait un isolant en mousse de polyuréthane rigide. Commenter le choix de l'isolant.

Données utiles $\lambda_{\text{mélamine}} = 0{,}033\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_{\text{polyuréthane}} = 0{,}025\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

En combinant les deux relations : $\Phi = \dfrac{\Delta\theta}{R_{th}} = \dfrac{\lambda \times S \times \Delta\theta}{e}$.

À e, S et $\Delta\theta$ identiques, le flux est proportionnel à λ. Or $\lambda_{\text{polyuréthane}} < \lambda_{\text{mélamine}}$: le flux serait plus faible avec la mousse de polyuréthane.

Ce flux est une perte : l'énergie cédée à la structure ne sert pas à chauffer l'eau.

$\Phi_{\text{polyuréthane}} < \Phi_{\text{mélamine}}$: la mousse de polyuréthane rigide est le meilleur choix.

MÉTHODE
« Sans calcul » : écrire la grandeur en fonction du seul paramètre qui change, puis raisonner sur le sens de variation. Plus λ est petit, plus R_{th} est grande, meilleur est l'isolant.

Q6 Donner l'expression de la variation d'énergie interne ΔU de l'eau du cumulus en fonction de c_{eau}, V, ρ_{eau}, θ_i et θ_f.

L'eau est un système incompressible de masse $m = \rho_{eau} \times V$, donc $\Delta U = m \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$.

$\Delta U = \rho_{eau} \times V \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$

PIÈGE
Écrire $\theta_i - \theta_f$: une variation est toujours « valeur finale moins valeur initiale ». Ici l'eau s'échauffe, donc $\Delta U > 0$.

Q7 En déduire l'expression du transfert thermique Q en appliquant le premier principe de la thermodynamique.

Système {eau du cumulus}, au repos macroscopique. Premier principe : $\Delta U = W + Q$.

L'eau est immobile et incompressible : elle n'échange aucun travail avec l'extérieur, $W = 0$. Donc $Q = \Delta U$.

$Q = \rho_{eau} \times V \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$

COMPRENDRE
« Parfaitement isolé » signifie ici sans pertes vers l'extérieur : le seul transfert reçu par l'eau est Q, cédé par le fluide caloporteur.

Q8 Calculer la valeur de la puissance thermique P_{th} fournie par le chauffe-eau solaire.

Données utiles $S = 5{,}0\ \text{m}^2$; $p_R = 600\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; $r = 77\ \% = 0{,}77$

Puissance reçue par le panneau : $P_{\text{reçue}} = p_R \times S$.

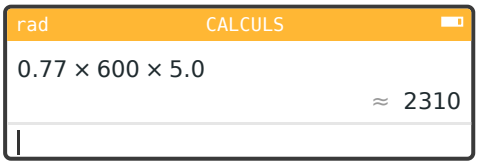
La puissance utile est la puissance thermique fournie à l'eau : $r = \dfrac{P_{th}}{P_{\text{reçue}}}$, donc

$$P_{th} = r \times p_R \times S = 0{,}77 \times 600 \times 5{,}0$$

$P_{th} = 2{,}3 \times 10^3\ \text{W} = 2{,}3\ \text{kW}$

PIÈGE
Diviser par le rendement au lieu de multiplier : la puissance utile est toujours inférieure à la puissance reçue (3,0 kW ici).

À LA CALCULATRICE



Q9 Déterminer la durée Δt, en heures, nécessaire pour que l'eau du cumulus passe de θ_i à θ_f. Commenter.

Données utiles $V = 150\ \text{L}$; $\rho_{eau} = 1{,}00\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_{eau} = 4\,180\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$; $\theta_i = 10\ {}^\circ\text{C}$; $\theta_f = 50\ {}^\circ\text{C}$; $P_{th} = 2{,}3 \times 10^3\ \text{W}$ (Q8)

Énergie à fournir à l'eau (Q7) :

$$Q = \rho_{eau} \times V \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$$

$$Q = 1{,}00 \times 150 \times 4\,180 \times (50 - 10) = 2{,}508 \times 10^7\ \text{J}$$

Comme $Q = P_{th} \times \Delta t$:

$$\Delta t = \frac{Q}{P_{th}} = \frac{2{,}508 \times 10^7}{2{,}3 \times 10^3} = 1{,}1 \times 10^4\ \text{s}$$

En heures : $\Delta t = \dfrac{1{,}09 \times 10^4}{3\,600} = 3{,}0\ \text{h}$.

Commentaire : trois heures de plein soleil suffisent à chauffer tout le cumulus, ce qui est réaliste sur une journée. La durée réelle sera plus longue, car le cumulus n'est pas parfaitement isolé et l'éclairement varie au cours de la journée.

$\Delta t = 1{,}1 \times 10^4\ \text{s} \approx 3{,}0\ \text{h}$

PIÈGE
Oublier la conversion finale : la relation $Q = P_{th} \times \Delta t$ donne des secondes, la question demande des heures. Le commentaire fait partie de la réponse.

MÉTHODE
Question à initiative : 1) énergie nécessaire ; 2) lien avec la puissance ; 3) calcul et conversion ; 4) regard critique sur le résultat. Garder les valeurs intermédiaires non arrondies dans la calculatrice.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.00 \times 150 \times 4180 \times (50 - 10) \approx 2.508 \times 10^7$

$\dfrac{25\,080\,000}{2.3 \times 10^3} \approx 10904.35$

$\dfrac{\frac{25\,080\,000}{2.3 \times 10^3}}{3600} \approx 3.028986$

Q10 Indiquer, en justifiant, la relation entre les débits volumiques D_1 à l'entrée du cumulus et D_2 au robinet à l'étage.

L'eau est un fluide incompressible en écoulement permanent : le volume d'eau qui entre dans l'installation pendant une durée donnée est égal au volume qui en sort pendant la même durée. Le débit volumique se conserve.

$D_1 = D_2$

Q11 En déduire que la vitesse de l'eau au robinet à l'étage a pour valeur $v_2 = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Données utiles $v_1 = 1{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $S_1 = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$; $S_2 = 1{,}1 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$

$D_1 = D_2$ avec $D = v \times S$, donc $v_1 \times S_1 = v_2 \times S_2$, soit

$$v_2 = \frac{v_1 \times S_1}{S_2} = \frac{1{,}0 \times 2{,}0 \times 10^{-4}}{1{,}1 \times 10^{-4}}$$

$v_2 = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, valeur attendue.

COMPRENDRE
La section est plus petite au robinet : pour un même débit, l'eau y coule plus vite. Vitesse et section varient en sens inverse.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.0 \times 2.0 \times 10^{-4}}{1.1 \times 10^{-4}} \approx 1.818182$

Q12 Déterminer la valeur de la pression de l'eau P_2 à la sortie du robinet à l'étage en appliquant la relation de Bernoulli.

Données utiles $\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $z_1 = 0{,}0\ \text{m}$; $z_2 = 5{,}0\ \text{m}$; $P_1 = 3{,}0 \times 10^5\ \text{Pa}$; $v_1 = 1{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_2 = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Q11)

Entre l'entrée du cumulus (1) et le robinet (2), sur une même ligne de courant :

$$\tfrac{1}{2}\,\rho_{eau}\,v_1^2 + \rho_{eau}\,g\,z_1 + P_1 = \tfrac{1}{2}\,\rho_{eau}\,v_2^2 + \rho_{eau}\,g\,z_2 + P_2$$

$$P_2 = P_1 + \tfrac{1}{2}\,\rho_{eau}\,(v_1^2 - v_2^2) + \rho_{eau}\,g\,(z_1 - z_2)$$

Terme de vitesse : $\tfrac{1}{2} \times 1{,}00 \times 10^3 \times (1{,}0^2 - 1{,}8^2) = -1{,}1 \times 10^3$ Pa.

Terme d'altitude : $1{,}00 \times 10^3 \times 9{,}81 \times (0{,}0 - 5{,}0) = -4{,}9 \times 10^4$ Pa.

$$P_2 = 3{,}0 \times 10^5 - 1{,}1 \times 10^3 - 4{,}9 \times 10^4$$

$\boxed{P_2 = 2{,}5 \times 10^5\ \text{Pa}}$

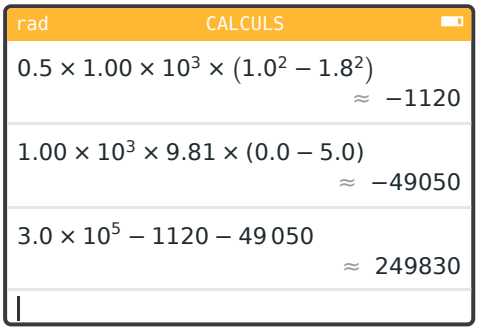
PIÈGE

Se tromper de signe en isolant P_2 : les termes du point 2 changent de membre. Vérification : l'eau monte et accélère, donc la pression doit diminuer.

COMPRENDRE

La montée de 5 m coûte environ $0{,}49 \times 10^5$ Pa, l'accélération seulement $0{,}01 \times 10^5$ Pa : c'est surtout l'altitude qui fait baisser la pression.

À LA CALCULATRICE



Q13 Indiquer si un surpresseur est nécessaire à l'entrée de l'installation sanitaire du logement.

Données utiles $P_2 = 2{,}5 \times 10^5$ Pa (Q12) ; $1{,}0\ \text{bar} = 1{,}0 \times 10^5$ Pa ; seuil : $2{,}0$ bar

$P_2 = 2{,}5 \times 10^5\ \text{Pa} = 2{,}5$ bar. Le surpresseur n'est conseillé que si la pression de l'eau distribuée est inférieure à $2{,}0$ bar.

$\boxed{2{,}5\ \text{bar} > 2{,}0\ \text{bar}}$: le surpresseur n'est pas nécessaire.