Pompe à chaleur et habitation

Bac 2023 Polynésie Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Identifier, en le justifiant, le mode de transfert thermique s'effectuant au travers d'un mur.

Le mur est un solide : l'énergie s'y transmet de proche en proche, par agitation thermique, de la face chaude ($19\ °\text{C}$) vers la face froide ($2\ °\text{C}$), sans déplacement de matière.

Le transfert thermique à travers le mur se fait par **conduction**.

COMPRENDRE
Trois modes existent : conduction (dans la matière, sans transport de matière), convection (fluide en mouvement), rayonnement (ondes électromagnétiques, possible dans le vide). Dans un solide opaque, seule la conduction intervient.

Q2 Indiquer, à l'aide des deux relations données, comment évolue le flux thermique ϕ lorsque l'épaisseur e du mur augmente.

Données utiles $\phi = \dfrac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$; $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$

En remplaçant R_{th} par son expression :

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}} = \frac{\lambda S (T_{int} - T_{ext})}{e}$$

Pour λ, S et un écart de température fixés, ϕ est inversement proportionnel à e.

Lorsque l'épaisseur e augmente, R_{th} augmente et le flux thermique ϕ **diminue**.

PIÈGE
Répondre « le flux diminue » sans s'appuyer sur les relations. La question demande de les utiliser : il faut montrer que e se trouve au dénominateur de ϕ.

Q3 Indiquer et justifier le sens du transfert thermique $Q_{rad/air}$ entre les radiateurs et l'air intérieur de la maison.

Données utiles $T_{rad} = 55\ °\text{C}$; $T_{int} = 19\ °\text{C}$

Un transfert thermique s'effectue spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Or $T_{rad} > T_{int}$.

Le transfert thermique a lieu **des radiateurs vers l'air intérieur** : l'air reçoit de l'énergie, $Q_{rad/air} > 0$.

Q4 En appliquant le premier principe de la thermodynamique au système « air intérieur », montrer que $Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$.

Système : {air intérieur}. Premier principe : $\Delta U = W + Q$.

Le système n'échange pas de travail : $W = 0$.

Sa température est maintenue constante à $19\ °\text{C}$: son énergie interne ne varie pas, $\Delta U = 0$.

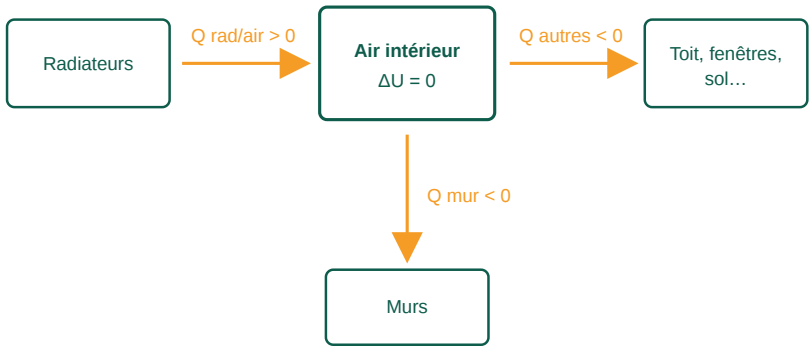
Le transfert thermique total est $Q = Q_{rad/air} + Q_{mur} + Q_{autres}$, donc :

$$0 = Q_{rad/air} + Q_{mur} + Q_{autres}$$

$$Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$$

PIÈGE
Écrire $\Delta U = 0$ sans raison. L'argument attendu est la température constante de l'air intérieur.

MÉTHODE
Bilan d'énergie : 1) nommer le système ; 2) écrire $\Delta U = W + Q$; 3) justifier W et ΔU ; 4) additionner tous les transferts thermiques, chacun avec son signe algébrique.



Q4 · Transferts thermiques du système « air intérieur » pendant une heure

Q5 Calculer la valeur de $Q_{rad/air}$.

Données utiles $Q_{mur} = -4{,}3$ MJ ; $Q_{autres} = -7{,}1$ MJ

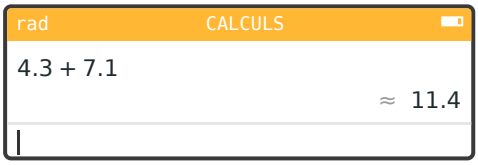
$$Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres} = -(-4{,}3) - (-7{,}1)$$

$$\boxed{Q_{rad/air} = 11{,}4 \text{ MJ} = 1{,}14 \times 10^7 \text{ J}}$$

PIÈGE
Oublier les signes négatifs des données et trouver $-11{,}4$ MJ, ou une différence de $2{,}8$ MJ.

COMPRENDRE
Pour une somme, on garde la précision de la donnée la moins précise : ici le dixième de mégajoule. Le résultat positif confirme la question 3 : l'air reçoit cette énergie.

À LA CALCULATRICE



Q6 En déduire si la puissance de la PAC est suffisante pour chauffer l'eau des radiateurs.

Données utiles $Q_{rad/air} = 11{,}4$ MJ (Q5) ; $\Delta t = 1$ h $= 3600$ s ; $P_{max} = 7{,}0$ kW

Pour maintenir la température de l'eau, la PAC doit lui fournir l'énergie que les radiateurs cèdent à l'air, soit $Q_{rad/air}$ en une heure. Puissance nécessaire :

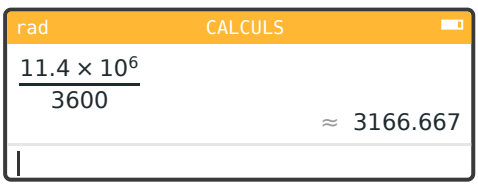
$$P = \frac{Q_{rad/air}}{\Delta t} = \frac{11{,}4 \times 10^6}{3600} = 3{,}17 \times 10^3 \text{ W}$$

$\boxed{P = 3{,}17 \text{ kW} < P_{max} = 7{,}0 \text{ kW}}$: la puissance de la PAC est **suffisante**.

PIÈGE
Diviser des mégajoules par des heures et annoncer des watts. Il faut des joules et des secondes pour obtenir des watts.

COMPRENDRE
La PAC ne fonctionne qu'à environ 45 % de sa puissance maximale : elle garde une marge pour des journées plus froides, où les pertes augmentent.

À LA CALCULATRICE



Q7 Vérifier que la valeur du niveau d'intensité sonore L (PAC et bruit habituel ensemble) est égale à 48 dB.

Données utiles $L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2} ; $L_1 = 46$ dB ; $L_2 = 44$ dB

Les intensités sonores s'ajoutent, pas les niveaux. On isole I :
$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{L}{10}$, d'où $I = I_0 \times 10^{L/10}$.

$I_1 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{4{,}6} = 4{,}0 \times 10^{-8}$ W · m^{-2}

$I_2 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{4{,}4} = 2{,}5 \times 10^{-8}$ W · m^{-2}

$I = I_1 + I_2 = 6{,}5 \times 10^{-8}$ W · m^{-2}

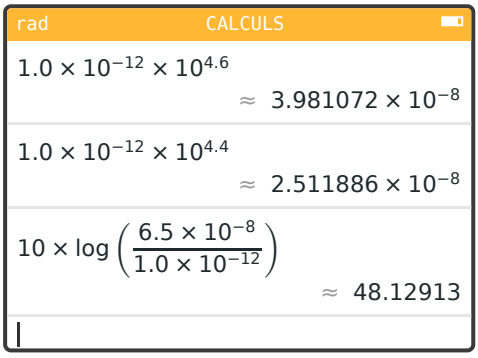
$$L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{6{,}5 \times 10^{-8}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 48{,}1 \text{ dB}$$

$L \approx 48$ dB : c'est bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Additionner les niveaux : $46 + 44 = 90$ dB est faux. Seules les intensités I s'additionnent ; on revient ensuite au niveau avec le logarithme.

MÉTHODE
Superposition de sons : 1) convertir chaque niveau en intensité, $I = I_0 \times 10^{L/10}$; 2) additionner les intensités ; 3) reconvertir avec $L = 10\log(I/I_0)$.

À LA CALCULATRICE



Q8 En déduire si le propriétaire expose son voisinage à des nuisances sonores nocturnes supérieures au seuil réglementaire.

Données utiles $L = 48$ dB (Q7) ; $L_2 = 44$ dB ; émergence nocturne limitée à 3 dB

Le voisin est à 5 m du module, distance à laquelle L_1 a été mesuré : les valeurs précédentes s'appliquent chez lui.

Émergence sonore : $L - L_2 = 48 - 44 = 4$ dB

L'émergence vaut 4 dB > 3 dB : le seuil réglementaire nocturne est **dépassé**, le voisinage est exposé à une nuisance sonore.

PIÈGE
Comparer directement 48 dB ou 46 dB au seuil de 3 dB. L'émergence est une différence entre le niveau avec la PAC et le niveau sans la PAC.

À LA CALCULATRICE

