Le sauna

Bac S 2013 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Caractériser les transferts thermiques principaux lors du chauffage, par le poêle, de l'air de la pièce puis des pierres : mode de transfert, avec ou sans déplacement de matière.

Air de la pièce : l'air chauffé au contact du poêle s'élève et se mélange au reste de l'air ; le transfert se fait par **convection**, avec déplacement de matière.

Pierres : elles sont posées sur le poêle, solide contre solide ; le transfert se fait par **conduction**, sans déplacement de matière.

Air : convection, avec déplacement de matière. Pierres : conduction, sans déplacement de matière.

PIÈGE
Répondre « rayonnement » pour l'air. Le poêle rayonne, mais le sujet demande le mode principal, et l'air absorbe très peu ce rayonnement.

COMPRENDRE
La convection n'existe que dans un fluide (liquide ou gaz), car la matière doit pouvoir circuler. Dans un solide, l'agitation thermique se transmet de proche en proche : c'est la conduction.

	Chauffage par le poêle de l'air de la pièce	Chauffage par le poêle des pierres
Mode de transfert thermique principal	Convection	Conduction
Avec ou sans déplacement de matière	Avec	Sans

1.1 · Tableau du sujet complété

1.2 Que symbolisent les flèches représentées sur la figure 1 de la notice du constructeur ?

Les flèches indiquent le trajet de l'air dans la pièce : l'air chauffé par le poêle monte, longe le plafond, redescend du côté des banquettes en se refroidissant, puis revient vers le poêle ou sort par la trappe (c).

Les flèches figurent la circulation de l'air par convection à l'intérieur de la pièce.

COMPRENDRE
L'air chaud est moins dense que l'air froid : il s'élève, tandis que l'air plus froid descend. Cette circulation en boucle répartit l'énergie thermique dans toute la pièce.

1.3 Donner une raison justifiant le choix de l'emplacement de l'entrée de l'air, puis de l'emplacement de la sortie de l'air.

Entrée (a) ou (b) : l'air frais arrive tout près du poêle, juste au-dessus ou juste en dessous. Il est ainsi chauffé dès son entrée et entraîné dans le courant de convection, ce qui le mélange bien à l'air chaud.

Sortie (c) : la trappe est en bas, sous les banquettes, à l'opposé de l'entrée. L'air frais ne peut donc pas ressortir directement : il doit traverser toute la pièce, et c'est l'air refroidi, descendu en fin de boucle, qui est évacué.

Entrée près du poêle : air frais chauffé et brassé aussitôt. Sortie basse et éloignée : pas d'évacuation directe de l'air frais, toute la pièce est balayée.

MÉTHODE
Pour une question « justifier un choix » sur document, citer l'élément du document (ici la notice : mélange efficace, sortie « le plus loin possible ») puis l'expliquer par un argument physique.

1.4 En s'appuyant sur les caractéristiques du poêle choisi, montrer que ce choix est adapté aux besoins du particulier.

Données utiles pièce de 2,0 m × 2,0 m × 3,0 m ; poêle DI 10 prévu pour un sauna de 8,0 m³ à 15,0 m³

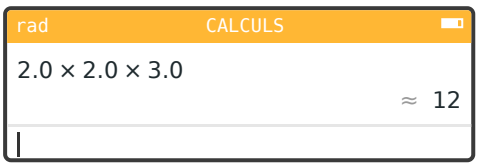
Volume de la pièce : $V = 2{,}0 \times 2{,}0 \times 3{,}0 = 12\ \text{m}^3$.

Le constructeur prévoit ce poêle pour un volume compris entre $8{,}0\ \text{m}^3$ et $15{,}0\ \text{m}^3$.

$8{,}0\ \text{m}^3 < V = 12\ \text{m}^3 < 15{,}0\ \text{m}^3$: le poêle est adapté à la pièce.

COMPRENDRE
Les dimensions sont données avec deux chiffres significatifs : le volume s'écrit avec deux chiffres, $12\ \text{m}^3$.

À LA CALCULATRICE



2.1 Comparer, sans calcul numérique, le flux thermique traversant une paroi de sapin et une paroi de béton. Formuler un conseil au particulier.

Données utiles $\lambda_{\text{sapin}} = 0{,}15\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_{\text{béton}} = 1{,}75\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$; $\Phi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$

En combinant les deux relations du sujet :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{\lambda\, S\, \Delta T}{e}$$

Pour deux parois de même épaisseur e, de même surface S et soumises au même écart de température ΔT, le flux est proportionnel à la conductivité thermique λ.

Or $\lambda_{\text{béton}} > \lambda_{\text{sapin}}$, donc $\Phi_{\text{béton}} > \Phi_{\text{sapin}}$: la paroi de béton laisse passer davantage d'énergie par seconde vers l'extérieur.

$\Phi_{\text{béton}} > \Phi_{\text{sapin}}$: il faut conseiller le sapin, qui isole mieux et limite les pertes thermiques.

PIÈGE
Comparer sans préciser « à épaisseur, surface et écart de température identiques ». Sans cette hypothèse, la comparaison des conductivités ne suffit pas à comparer les flux.

COMPRENDRE
Plus λ est petit, plus la résistance thermique est grande et meilleur est l'isolant. Ici le rapport des conductivités, donc des flux, est proche de 12.

2.2 Quelle épaisseur de béton serait équivalente, en termes d'isolation thermique, à une paroi en sapin de 5,0 cm d'épaisseur ?

Données utiles $e_{\text{sapin}} = 5{,}0\ \text{cm}$; $\lambda_{\text{sapin}} = 0{,}15\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_{\text{béton}} = 1{,}75\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Deux parois isolent de la même façon si elles ont la même résistance thermique : $R_{th}(\text{béton}) = R_{th}(\text{sapin})$.

Pour une même surface S :

$$\frac{e_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{béton}}\, S} = \frac{e_{\text{sapin}}}{\lambda_{\text{sapin}}\, S} \quad \text{donc} \quad e_{\text{béton}} = e_{\text{sapin}} \times \frac{\lambda_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{sapin}}}$$

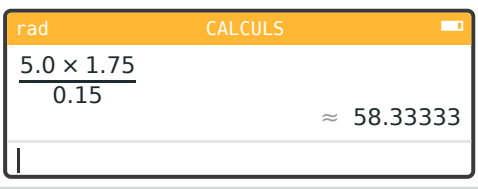
$$e_{\text{béton}} = 5{,}0 \times \frac{1{,}75}{0{,}15} = 58\ \text{cm}$$

$e_{\text{béton}} = 58\ \text{cm}$, soit $0{,}58$ m de béton pour remplacer $5{,}0$ cm de sapin.

COMPRENDRE
Un mur de près de 60 cm serait irréaliste : ce résultat confirme le conseil de la question 2.1.

MÉTHODE
La relation est un rapport d'épaisseurs : on peut laisser e_{sapin} en centimètres, le résultat sort alors en centimètres. La surface S se simplifie, il est inutile de la calculer.

À LA CALCULATRICE



3.1 En supposant que toute la puissance du poêle sert à chauffer les pierres, déterminer la durée Δt nécessaire pour porter 20 kg de pierre de 25 °C à 250 °C.

Données utiles $P = 10{,}00$ kW ; $m = 20$ kg ; stéatite : $c = 980\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\theta_i = 25\ ^\circ\text{C}$; $\theta_f = 250\ ^\circ\text{C}$

Système {pierres}, solide incompressible. Sa variation d'énergie interne est $\Delta U = m\,c\,(\theta_f - \theta_i)$.

D'après l'hypothèse, toute l'énergie fournie par le poêle pendant Δt, soit $E = P\,\Delta t$, est reçue par les pierres : $\Delta U = E$.

$$m\,c\,(\theta_f - \theta_i) = P\,\Delta t \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{m\,c\,(\theta_f - \theta_i)}{P}$$

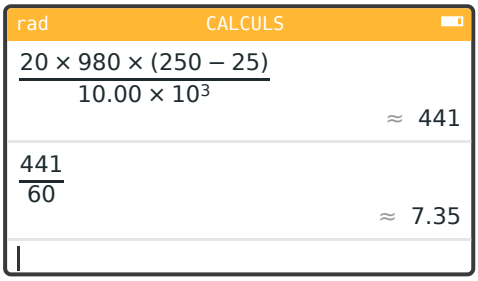
$$\Delta t = \frac{20 \times 980 \times (250 - 25)}{10{,}00 \times 10^3} = 4{,}4 \times 10^2\ \text{s}$$

$\Delta t = 4{,}4 \times 10^2$ s, soit environ 7 min.

PIÈGE
Laisser la puissance en kilowatts : il faut $P = 10{,}00 \times 10^3$ W pour obtenir des secondes. Prendre la masse maximale du tableau (22 kg) au lieu des 20 kg de l'énoncé est une autre erreur.

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en °C et en K : $250 - 25 = 225\ ^\circ\text{C} = 225$ K. Aucune conversion n'est nécessaire.

À LA CALCULATRICE



3.2 D'après la notice, l'hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.

Données utiles $\Delta t \approx 7$ min (3.1) ; notice : préchauffage de 40 à 70 min

La notice annonce un préchauffage de 40 à 70 min, soit $2{,}4 \times 10^3$ s à $4{,}2 \times 10^3$ s. La durée calculée, environ 7 min, est 5 à 10 fois plus courte : l'hypothèse n'est pas vérifiée.

Explication : l'énergie fournie par le poêle ne sert pas seulement à chauffer les pierres. Une grande partie chauffe l'air de la pièce, les parois et les banquettes, et une autre est perdue vers l'extérieur à travers les parois et par l'air évacué.

Hypothèse non vérifiée : 7 min calculées contre 40 à 70 min annoncées, car le poêle chauffe aussi l'air et les parois, avec des pertes vers l'extérieur.

MÉTHODE
Pour valider une hypothèse, comparer la valeur calculée à la valeur du document dans la même unité, chiffrer l'écart, puis chercher ce que le modèle a négligé.

À LA CALCULATRICE

