Le refuge du goûter, un projet H.Q.E.

Bac S 2015 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Associer à chacune des trois définitions le nom du mode de transfert thermique correspondant.

- Définition 1 (ondes électromagnétiques, sans milieu matériel) : **rayonnement**.
- Définition 2 (dans un milieu matériel, sans déplacement de matière) : **conduction**.
- Définition 3 (avec mouvements de matière, dans un fluide) : **convection**.

1 : rayonnement ; 2 : conduction ; 3 : convection.

PIÈGE
Inverser conduction et convection. Le critère est le déplacement de matière : il n'y en a pas dans la conduction, il y en a un dans la convection.

1.2 Calculer, pour une surface de 1,0 m², la résistance thermique totale R_{th1} du triple vitrage, somme des résistances thermiques de chaque matériau qui le constitue.

Données utiles $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$; 3 vitres : $e_v = 4$ mm, $\lambda_v = 1{,}2\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; 2 lames d'argon : $e_a = 14$ mm, $\lambda_a = 0{,}017\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $S = 1{,}0\ \text{m}^2$

Le triple vitrage est formé de 3 vitres et de 2 lames d'argon, de même surface S :

$$R_{th1} = 3\,\frac{e_v}{\lambda_v\,S} + 2\,\frac{e_a}{\lambda_a\,S}$$

Avec les épaisseurs en mètre :

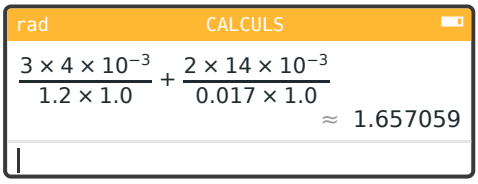
$$R_{th1} = 3\times\frac{4\times10^{-3}}{1{,}2\times1{,}0} + 2\times\frac{14\times10^{-3}}{0{,}017\times1{,}0} = 0{,}010 + 1{,}647 = 1{,}657\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$R_{th1} = 1{,}7\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

PIÈGE
Laisser les épaisseurs en millimètre : le résultat serait mille fois trop grand. Ne pas oublier non plus les coefficients 3 et 2.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme λ et S. On garde la valeur non arrondie (1,657) pour les questions suivantes.

À LA CALCULATRICE



1.3 Avec de l'air à la place de l'argon, la résistance thermique vaut R_{th2}. Évaluer la variation relative de la résistance thermique due à la substitution de l'air par l'argon.

Données utiles $R_{th2} = 1{,}1\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$; $R_{th1} = 1{,}657\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ (1.2)

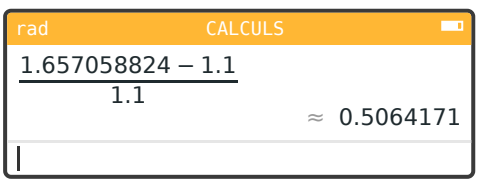
On passe de l'air (valeur initiale R_{th2}) à l'argon (valeur finale R_{th1}) :

$$\frac{\Delta R_{th}}{R_{th2}} = \frac{R_{th1} - R_{th2}}{R_{th2}} = \frac{1{,}657 - 1{,}1}{1{,}1} = 0{,}51$$

La résistance thermique augmente d'environ 51 % : la fenêtre à l'argon isole nettement mieux.

PIÈGE
Diviser par R_{th1} : la référence d'une variation relative est la valeur de départ, ici celle du vitrage à air. Avec la valeur arrondie 1,7 on trouverait 55 %.

À LA CALCULATRICE



1.4 Augmenter l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques du vitrage ? Justifier.

Données utiles d'après 1.2 : 3 vitres, $0{,}010\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$; 2 lames d'argon, $1{,}647\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$

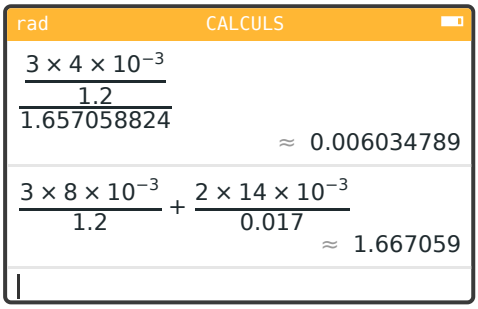
D'après le calcul de la question 1.2, les trois vitres n'apportent que $0{,}010\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$ sur un total de $1{,}657\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$, soit environ 0,6 % : presque toute la résistance thermique vient de l'argon.

La résistance d'une vitre est proportionnelle à son épaisseur. Même en doublant l'épaisseur du verre (8 mm), on obtiendrait $R_{th} = 0{,}020 + 1{,}647 = 1{,}667\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$, soit une hausse de 0,6 % seulement.

Non : épaissir le verre ne changerait presque rien, le verre conduit trop bien la chaleur par rapport à l'argon.

COMPRENDRE
Le verre est environ 70 fois plus conducteur que l'argon ($1{,}2/0{,}017$). C'est la lame de gaz qui isole ; des vitres plus épaisses alourdiraient surtout la fenêtre.

À LA CALCULATRICE



2.1 Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés de part et d'autre d'un tronc d'épicéa. Le résultat de la mesure permet-il de conclure que l'arbre est sain ?

Données utiles $D = 60$ cm ; $\Delta t = 3{,}4 \times 10^{-4}$ s ; épicéa : $V_{ref} = 1600\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$; $\mathrm{Deg.\%} = \dfrac{V_{ref} - V_m}{V_{ref}} \times 100$; arbre sain si la valeur est négative

Les ultrasons traversent le tronc, de diamètre D, pendant la durée Δt. Vitesse radiale mesurée :

$$V_m = \frac{D}{\Delta t} = \frac{0{,}60}{3{,}4 \times 10^{-4}} = 1{,}8 \times 10^{3}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

Pourcentage de dégradation, avec la valeur non arrondie $V_m = 1765\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$:

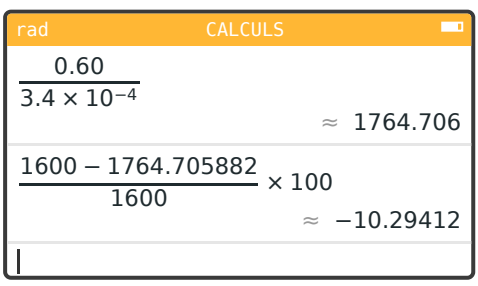
$$\mathrm{Deg.\%} = \frac{1600 - 1765}{1600} \times 100 = -10$$

$\mathrm{Deg.\%} \approx -10\ \% < 0$: la vitesse mesurée dépasse la vitesse de référence, l'arbre est considéré comme sain.

PIÈGE
Oublier de convertir D en mètre, ou prendre la vitesse de référence d'une autre essence. Le tronc n'est traversé qu'une fois : pas de facteur 2, ce n'est pas un écho.

MÉTHODE
Question ouverte : 1) repérer le critère dans le document (signe de Deg.%) ; 2) calculer la grandeur manquante (V_m) ; 3) appliquer le critère ; 4) conclure par une phrase qui répond à la question.

À LA CALCULATRICE



2.2 Rédiger un paragraphe de quelques lignes répondant à la question : « Pourquoi avoir choisi le bois pour construire ce refuge ? »

Données utiles sapin/épicéa : $\lambda = 0{,}13\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\rho = 0{,}45\times10^{3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; béton plein : $\lambda = 1{,}8$, $\rho = 2{,}3\times10^{3}$; acier inoxydable : $\lambda = 26$, $\rho = 7{,}8\times10^{3}$; charge héliportée maximale : 550 kg

Le choix du bois répond à plusieurs contraintes du chantier.

Isolation thermique. À 3835 m, la température peut descendre à $-35\ °\text{C}$. Le sapin et l'épicéa ont une conductivité thermique faible ($0{,}13\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), environ 14 fois plus petite que celle du béton et 200 fois plus petite que celle de l'acier. Comme $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$, une paroi en bois a, à épaisseur égale, une résistance thermique bien plus grande : les pertes sont limitées, ce qui convient à un habitat « passif ».

Légèreté. La masse volumique du bois ($0{,}45\times10^{3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) est environ 5 fois plus faible que celle du béton. Les modules, préfabriqués dans la vallée, respectent ainsi la limite de 550 kg par rotation d'hélicoptère et s'assemblent rapidement sur place.

Environnement. Le bois vient de forêts proches (Saint-Gervais) : peu de transport, donc peu d'émissions de CO_2, pour un matériau renouvelable. C'est cohérent avec un projet bas carbone.

Fiabilité. La qualité de chaque bois se contrôle par ultrasons, sans le détruire (question 2.1).

Le bois est à la fois isolant, léger, local et renouvelable, et sa qualité est contrôlable : il répond aux contraintes thermiques, techniques et environnementales du refuge.

PIÈGE
Se contenter d'arguments généraux (« le bois est écologique ») sans citer de donnée chiffrée, ou oublier le lien avec le transport par hélicoptère.

MÉTHODE
Synthèse : un argument par idée, chacun appuyé sur une valeur ou une information tirée des documents (tableau, texte, questions précédentes), puis une phrase de conclusion. Les isolants plus performants du tableau ne sont pas des matériaux de structure.

À LA CALCULATRICE

