

CLASSE : Terminale

EXERCICE III : au choix du candidat (10 points)

VOIE : Générale

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ: Sciences de l'ingénieur- Partie Sciences physiques

DURÉE DE L'EXERCICE : 30 min

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collègue »

EXERCICE III - Isolation thermique du rover Persévérance (10 points)

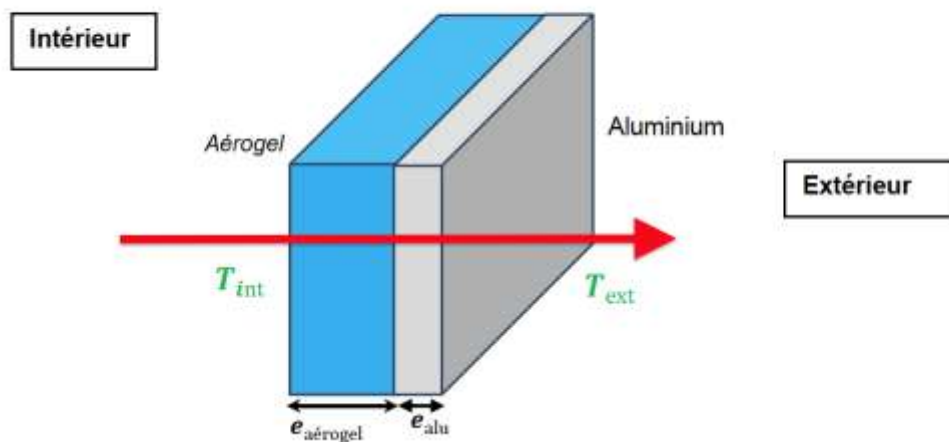
1.

Le transfert thermique s'effectue du corps chaud vers le corps froid.

Mars possède une température de surface moyenne de $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$, Une température moyenne de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ est maintenue au cœur du rover :

Le transfert thermique s'effectue de l'intérieur (cœur du rover) vers l'air extérieur.

Schématiser le sens du transfert thermique.



2.

Le principal mode de transfert thermique intervenant dans cette situation est la conduction.

D'autres modes de transfert thermique existent :

- Convection
- Rayonnement

3.

$$R_{\text{th}}(\text{aluminium}) = \frac{e_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{aluminium}} \times S}$$

$$S = L \times \ell$$

$$R_{\text{th}}(\text{aluminium}) = \frac{e_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{aluminium}} \times L \times \ell}$$

$$R_{\text{th}}(\text{aluminium}) = \frac{0,85 \cdot 10^{-2}}{237 \times 40 \cdot 10^{-2} \times 15 \cdot 10^{-2}}$$

$$R_{\text{th}}(\text{aluminium}) = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

4.

$$\phi_{\text{aluminium}} = \frac{|T_2 - T_1|}{R_{\text{th}}(\text{aluminium})}$$

$$\phi_{\text{aluminium}} = \frac{|(-53) - 10|}{6,0 \cdot 10^{-4}}$$

$$\phi_{\text{aluminium}} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ W}$$

5.

Résistance thermique de la couche d'aérogel

$$R_{th}(aérogel) = \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel} \times S}$$

$$S = L \times \ell$$

$$R_{th}(aérogel) = \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel} \times L \times \ell}$$

$$R_{th}(aérogel) = \frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{0,0015 \times 40 \cdot 10^{-2} \times 15 \cdot 10^{-2}}$$

$$R_{th}(aérogel) = 3,9 \cdot 10^2 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Résistance thermique de l'ensemble.

$$R_{th}(\text{ensemble}) = R_{th}(\text{aluminium}) + R_{th}(aérogel)$$

$$R_{th}(\text{ensemble}) = 6,0 \cdot 10^{-4} + 3,9 \cdot 10^2$$

$$R_{th}(\text{ensemble}) = 3,9 \cdot 10^2 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

6.

$$\Phi_{\text{ensemble}} = \frac{|T_2 - T_1|}{R_{th}(\text{ensemble})}$$

$$\Phi_{\text{ensemble}} = \frac{|(-53) - 10|}{3,9 \cdot 10^2}$$

$$\Phi_{\text{ensemble}} = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ W}$$

$$\frac{\Phi_{\text{aluminium}}}{\Phi_{\text{ensemble}}} = \frac{1,1 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-1}} = 6,9 \cdot 10^5$$

$\Phi_{\text{ensemble}} \ll \Phi_{\text{aluminium}}$: la couche d'aérogel permet de diminuer drastiquement le flux thermique ; Elle joue très bien son rôle d'isolant thermique.

7.

$$\Phi_{\text{ensemble}} = \frac{|T_2 - T_1|}{R_{th}(\text{ensemble})}$$

$$\text{Or } R_{th}(\text{ensemble}) = R_{th}(\text{aluminium}) + R_{th}(aérogel)$$

$$\Phi_{\text{ensemble}} = \frac{|T_2 - T_1|}{R_{th}(\text{aluminium}) + R_{th}(aérogel)}$$

$$R_{th}(\text{aluminium}) = \frac{e_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{aluminium}} \times L \times \ell}$$

$$R_{th}(aérogel) = \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel} \times L \times \ell}$$

$$\Phi_{\text{ensemble}} = \frac{|T_2 - T_1|}{\frac{e_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{aluminium}} \times L \times \ell} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel} \times L \times \ell}}$$

$$\Phi_{\text{ensemble}} = \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{aluminium}}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right) \times \frac{1}{L \times \ell}}$$

$$\phi_{ensemble} = \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times L \times \ell$$

$\phi_{ensemble}$ est proportionnel à $L \times \ell$, ainsi, lorsqu'on double la surface (longueur \times largeur) de l'ensemble (pièce en aluminium et couche d'aérogel), $\phi_{ensemble}$ double.

Démonstration mathématique :

$$\phi'_{ensemble} = \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times (L \times \ell)'$$

$$\text{Or } (L \times \ell)' = 2 \times L \times \ell$$

$$\phi'_{ensemble} = \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times 2 \times L \times \ell$$

$$\phi'_{ensemble} = 2 \times \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times L \times \ell$$

$$\phi'_{ensemble} = 2 \times \phi_{ensemble}$$

$\phi_{ensemble}$ est inversement proportionnel à l'épaisseur de l'ensemble ainsi, lorsqu'on double l'épaisseur de l'ensemble (pièce en aluminium et couche d'aérogel), $\phi_{ensemble}$ est divisé par 2.

Démonstration mathématique :

$$\phi'_{ensemble} = \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e'_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e'_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times L \times \ell$$

Or

$$\triangleright e'_{aluminium} = 2 \times e_{aluminium}$$

$$\triangleright e'_{aérogel} = 2 \times e_{aérogel}$$

$$\phi''_{ensemble} = \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{2 \times e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{2 \times e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times L \times \ell$$

$$\phi''_{ensemble} = \frac{|T_2 - T_1|}{2 \times \left(\frac{e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times L \times \ell$$

$$\phi''_{ensemble} = \frac{1}{2} \times \frac{|T_2 - T_1|}{\left(\frac{e_{aluminium}}{\lambda_{aluminium}} + \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aérogel}}\right)} \times L \times \ell$$

$$\phi''_{ensemble} = \frac{1}{2} \times \phi_{ensemble}$$