

Exercice I – Un isolant : la laine de verre (5 points)

On peut utiliser de la laine de verre pour isoler la toiture d'une maison. Plusieurs épaisseurs sont proposées par les fabricants.

- 1- Nommer et expliquer brièvement les trois modes de transferts thermiques possible.
- 2- Dans le cas de la laine de verre, de quel mode de transfert s'agit-il ?



Octavie et Ernest décident de déterminer la résistance thermique R_{th1} d'une surface $S_1 = 1,0 \text{ m}^2$ d'une laine de verre 1 d'épaisseur $e_1 = 60 \text{ mm}$ et la résistance thermique R_{th2} d'une surface $S_2 = 1,5 \text{ m}^2$ d'une laine de verre 2 d'épaisseur $e_2 = 240 \text{ mm}$.

Ernest mesure un flux thermique de 10 W lorsque la différence de température entre les deux faces de la laine de verre 1 est de 15°C .

Octavie soumet l'une des faces de la laine de verre 2 à une température $T_A = 10^\circ \text{C}$ et l'autre face à une température $T_B = 30^\circ \text{C}$. Elle mesure une énergie transférée de 36 kJ à travers la laine de verre 2 pendant une durée de $2,0 \text{ h}$.

On donne les relations suivantes : $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ et $|T_1 - T_2| = \Phi \times R_{th}$

- 3- Dans chacune de ces relations indiquer la signification de chaque terme et donner son unité.
- 4- Calculer la résistance thermique R_{th1} de la laine de verre 1
- 5- Calculer la résistance thermique R_{th2} de la laine de verre 2

Lorsqu'on parle d'isolation thermique, on indique souvent la valeur de la conductivité thermique λ d'un matériau. Cette grandeur est liée à la résistance thermique d'une paroi place de surface S et d'épaisseur e par :

$$\lambda = \frac{e}{S \times R_{th}} \text{ avec } e \text{ en mètre, } S \text{ en } \text{m}^2 \text{ et } R_{th} \text{ en } \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

- 6- Quelle est l'unité de la conductivité thermique ?
- 7- Calculer les conductivités thermiques respectives λ_1 et λ_2 des laines de verres 1 et 2.
- 8- Exprimer le flux thermique traversant une paroi en fonction de λ , S , e et l'écart de température entre les deux parois.
- 9- Comment le flux thermique évolue-t-il lorsque l'on double la surface S de laine de verre ?
- 10- Comment le flux thermique évolue-t-il lorsque l'on double l'épaisseur e de laine de verre ?

EXERCICE I : Un isolant : la laine de verre [/5]

1- Les trois modes de transferts thermiques :

- par conduction : l'agitation thermique se fait de proche en proche dans la matière sans transfert de matière
- par convection : l'agitation thermique se fait de proche en proche dans la matière avec déplacement de matière
- par rayonnement : l'absorption ou l'émission de rayonnement modifie l'agitation thermique.

/0,75

/0,25

2- Dans le cas de la laine de verre le transfert se fait par conduction.

3- Φ flux thermique en Watt Q : énergie thermique (chaleur) en Joule

/0,75

Δt : durée en seconde T_1 et T_2 température sur chaque paroi (en Kelvin)

R_{th} : résistance thermique en $K.W^{-1}$

/0,25

4- Calcul de R_{th1}

$$R_{th1} = \frac{\Delta T}{\Phi_1} = \frac{15}{10} \Rightarrow R_{th1} = 1,5 \text{ K.W}^{-1}$$

/0,5

5- Calcul de R_{th2}

calcul du flux thermique : $\Phi_2 = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{36 \times 10^3}{3600 \times 2}$ $\Phi_2 = 5 \text{ W}$

calcul de R_{th2} $R_{th2} = \frac{\Delta T}{\Phi_2} = \frac{20}{5} \Rightarrow R_{th2} = 4 \text{ K.W}^{-1}$

6- unité de λ $[\lambda] = \frac{m}{m^2 \times K \times W^{-1}}$ ($[\lambda]$ signifie unité de λ) unité de λ : **$W.K^{-1}.m^{-1}$**

/0,25

/0,25

7- calcul de λ_1 $\lambda_1 = \frac{e_1}{S_1 \times R_{th1}} = \frac{60 \times 10^{-3}}{1 \times 1,5} \Rightarrow \lambda_1 = 40.10^{-3} \text{ W.K}^{-1}.m^{-1}$

/0,25

calcul de λ_2 $\lambda_2 = \frac{e_2}{S_2 \times R_{th2}} = \frac{240 \times 10^{-3}}{1,5 \times 4} \Rightarrow \lambda_2 = 40.10^{-3} \text{ W.K}^{-1}.m^{-1}$

Rmq : λ_1 et λ_2 ont la même conductivité thermique, c'est le même matériau.

8- expression du flux Φ $\lambda = \frac{e}{S \times R_{th}}$ et $R_{th} = \frac{\Delta T}{\Phi} \Rightarrow \Phi = \frac{S \times R_{th} \times \Delta T}{e}$

/0,5

9- Si on double la surface, on double le flux thermique

/0,25

10 - Si on double l'épaisseur, on divise par 2 le flux thermique

/0,25