

## Partie I : RÉSISTANCE THERMIQUE

On considère un milieu homogène, de masse volumique  $\mu$ , de chaleur massique  $c$ , de conductivité thermique  $\lambda$ , de longueur  $L$  suivant la direction de vecteur unitaire  $\vec{u}_x$ .

Les transferts de chaleur ne se feront que dans la direction  $\vec{u}_x$ .

I-1) Rappeler la loi de Fourier et l'écrire pour la géométrie du milieu envisagé et avec les notations proposées. Interpréter physiquement cette loi : signe, intensité, unité de  $\lambda$ .

I-2) On s'intéresse maintenant, et jusqu'à la fin du problème au **régime stationnaire**. On note  $T_1$  la température imposée en  $x = 0$  et  $T_2$  celle imposée en  $x = L$ .

I-2-a) Établir l'expression de la température et du flux surfacique en fonction de  $x$ .

I-2b) On note  $\Phi$  le flux d'énergie (puissance) à travers la surface  $S$ .

Montrer que  $\Phi = G_{TH}(T_1 - T_2)$  où  $G_{TH}$  est la conductance thermique, avec  $G_{TH} = \frac{\lambda S}{L}$ .

$R_{TH} = \frac{1}{G_{TH}}$  est la résistance thermique. Donner les unités de  $G_{TH}$  et  $R_{TH}$ .

## Partie II : INTÉRÊT D'UN DOUBLE VITRAGE

On donne les conductivités thermiques (en unités du système international) pour les matériaux suivants :

verre	$\lambda_V = 0,78$
mur (béton + isolant)	$\lambda_M = 0,10$
air	$\lambda_{Air} = 0,026$

On considère une pièce rectangulaire de 5,0 m x 8,0 m, dont les murs ont une hauteur de 2,5 m et une épaisseur de 0,3 m.

Elle comprend une baie vitrée (2,0 m x 1,8 m) et deux fenêtres (1,2 m x 1,2 m), toutes les trois d'épaisseur de vitres 2,0 mm.

L'intérieur de la pièce est à la température  $T_1$  (19 °C), l'extérieur à  $T_2$  (0 °C).

On admettra qu'il n'y a aucun échange thermique à travers le sol ni le plafond.

II-1) Calculer les résistances thermiques  $R_V$  des vitres,  $R_M$  des murs, puis  $R$  de l'ensemble. En déduire les flux de chaleur  $\Phi_V$  à travers les vitres,  $\Phi_M$  à travers les murs, et  $\Phi_T$  à travers l'ensemble.

Calculer le rapport  $\frac{\Phi_M}{\Phi_T}$  et conclure.

II-2) Pour limiter les pertes par les parties vitrées, on remplace les vitres simples par des "double vitrage" : deux vitres d'épaisseur  $e = 2,0$  mm séparées par une couche d'air d'épaisseur  $e' = 4,0$  mm.

II-2-a) Calculer la résistance thermique d'une simple couche de vitre  $R_V$ , de la couche d'air comprise entre les deux couches de vitres  $R_{Air}$ , puis du "double vitrage" dans son ensemble  $R_{DV}$ . En déduire le flux de chaleur  $\Phi_{DV}$  à travers le "double vitrage" et conclure. Que vaut alors le flux  $\Phi_T$  à travers l'ensemble murs + "double vitrage" ?

II-2-b) Représenter la température en fonction de  $x$ , distance mesurée selon la normale au double vitrage à partir de la paroi intérieure, et calculer en particulier les températures  $T'_1$  et  $T'_2$  des parois de vitres au contact de l'air compris entre les deux vitres. Conclure.

## Partie III : POMPE A CHALEUR

III-1) A l'aide d'un schéma et de quelques explications, donner le principe d'une machine thermique fonctionnant comme pompe à chaleur.

III-2) Une pompe à chaleur fonctionne entre deux thermostats aux températures  $T_1$  ( $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) et  $T_2$  ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Définir puis calculer son efficacité maximale  $\eta_{\max}$ .

Quel est, à votre avis, l'ordre de grandeur de l'efficacité réelle  $\eta$  ?

III-3) La puissance qui traverse les vitrages et les murs d'un local semblable à celui étudié précédemment est supposée ici être égale à  $P_{\text{TOT}} = 1,15\text{ kW}$ .

III-3-a) Calculer la puissance électrique  $P_{\text{PAC}}$  consommée par la pompe à chaleur (supposée idéale) pour compenser ces pertes.

III-3-b) Quelle serait la puissance électrique  $P_{\text{Rad}}$  consommée avec des radiateurs électriques ?

Conclure.

Pourquoi toutes les habitations ne sont-elles pas équipées d'une pompe à chaleur ?