

TD 3

Régime stationnaire monodimensionnel.**Exercice 1 : Double vitrage.**

1) On considère dans un premier temps une fenêtre constituée d'une vitre unique ($e=7\text{ mm}$, $\lambda=1,1\text{ W/m/K}$). La température de l'air dans la pièce vaut $T_i=20^\circ\text{C}$. La température de l'air à l'extérieur est égale à $T_e=-10^\circ\text{C}$. Calculez le flux thermique perdu pour une surface de 1 m^2 , ainsi que les températures de paroi (on adoptera les valeurs de coefficient d'échange utilisées en génie civil).

2) La fenêtre est à présent équipée d'un double vitrage : deux épaisseurs de 7 mm de verre séparées par une épaisseur égale d'air. On néglige la convection dans la lame d'air, ainsi que le rayonnement échangé entre les deux vitres. Calculez le flux perdu ainsi que les températures de paroi, et comparez ces valeurs à celles de la question précédente.

Conductivité thermique de l'air :

$250\text{ K} \rightarrow 22,3 \cdot 10^{-3}\text{ W/m/K}$

$300\text{ K} \rightarrow 26,3 \cdot 10^{-3}\text{ W/m/K}$

Exercice 2 : isolation thermique d'une conduite d'eau.

Une canalisation en cuivre ($\lambda_c=380\text{ W/m/K}$) est parcourue par un fluide à la température uniforme $T_i=60^\circ\text{C}$. Elle est dans de l'air à la température $T_e=20^\circ\text{C}$. Les coefficients d'échange thermique à l'intérieur et à l'extérieur du tube sont respectivement égaux à $h_i=2000\text{ W/m}^2/\text{K}$ et $h_e=10\text{ W/m}^2/\text{K}$. Calculer le flux thermique perdu par une longueur de tube de 1 m , dans les cas suivants :

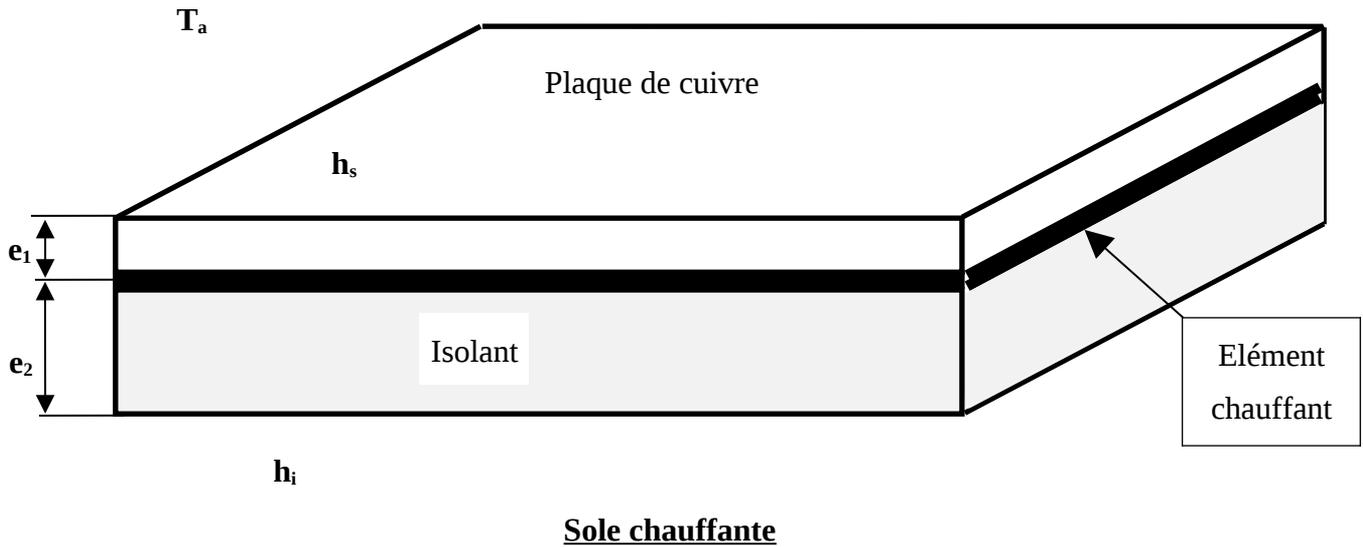
1 – Tube de diamètre intérieur 8 mm , de diamètre extérieur 10 mm ; comparer le cas où le tube est nu, avec celui où il est revêtu d'un isolant de 10 mm d'épaisseur et de conductivité thermique $0,04\text{ W/m/K}$ (laine de verre).

2 – Tube de diamètre intérieur $3,5\text{ mm}$, de diamètre extérieur 4 mm ; tube nu, ou isolant d'épaisseur 3 mm et de conductivité thermique $0,1\text{ W/m/K}$. Conclusion ?

Exercice n° 3 : sole chauffante.

Une sole chauffante de laboratoire peut être schématisée sur la figure ci-dessous. Le dispositif est constitué d'une plaque chauffante très mince, de capacité calorifique et d'épaisseur négligeable, susceptible de dégager une densité de flux φ_0 . Sur sa partie supérieure est placée une plaque de cuivre de surface S , d'épaisseur e_1 , de conductivité thermique λ_1 . Sur sa partie inférieure est accolé un isolant

de même surface, d'épaisseur e_2 , de conductivité λ_2 . On note respectivement h_s et h_i , les coefficients d'échanges globaux avec un environnement à température T_a sur les faces supérieure et inférieure du dispositif. Le cuivre et l'isolant sont supposés en contact parfait avec la résistance chauffante. La partie latérale du dispositif est isolée de telle façon que l'on puisse supposer que les transferts thermiques sont unidimensionnels.



1- En régime stationnaire, calculer la densité de flux thermique φ_0 que doit produire la résistance pour que la température de la surface supérieure atteigne $T_s = 200^\circ\text{C}$. Quelle est alors la température T_0 de la résistance chauffante ?

$$\begin{aligned}
 e_1 &= 1 \text{ cm} & \lambda_1 &= 385 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} & S &= 8.10^{-2} \text{ m}^2 \\
 e_2 &= 3 \text{ cm} & \lambda_2 &= 0,03 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} & T_a &= 20^\circ\text{C} \\
 h_i &= 5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} & h_s &= 10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} & &
 \end{aligned}$$

2- L'ensemble du dispositif étant uniformément à la température T_a , on dissipe de façon instantanée dans la résistance la puissance calculée précédemment. En négligeant la capacité calorifique de l'isolant et en supposant la température uniforme dans la plaque de cuivre, établir l'équation du bilan énergétique dans cette plaque. Calculer la constante de temps du dispositif, sachant que $\rho_1 = 8940 \text{ kg.m}^{-3}$ et $c_1 = 380 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. En déduire la loi d'évolution de la température moyenne de la plaque de cuivre. Calculer le temps au bout duquel la température moyenne de la plaque atteint 100°C .