DIFFUSION THERMIQUE – EXERCICES

1. Isolation thermique :

Le mur extérieur d'une maison est constitué de briques. Il est sans ouverture et mesure 6 mètres de hauteur, 10 mètres de longueur et 20 centimètres d'épaisseur.
La conductivité thermique de la brique est $\lambda = 0,67\ W.m^{-1}.K^{-1}$.
a) Calculer la résistance thermique du mur et le flux thermique lorsque la température extérieure est de 0 °C, celle de la maison étant maintenue à 20°C.
b) Pour diminuer les déperditions thermiques on isole le mur par 45 millimètres de polystyrène de conductivité thermique $\lambda' = 0,029$ W.m-1. K-1. Calculer le nouveau flux thermique.
c) Quel serait ce flux thermique, si le mur était constitué de deux parois en brique, de 8 centimètres d'épaisseur chacune, séparées par une couche d'air de 4 centimètres ? Conclusion.
La conductivité thermique de l'air est $\lambda_{air} = 0,025\ W.\ m^{-1}.\ K^{-1}$.

2. Etude de la sensation de chaud :

On cherche à interpréter l'observation suivante : un observateur posant sa main sur une table en bois et une table en acier à la même température a l'impression que le bois est plus chaud que l'acier.
On considère deux cylindres de section S, de longueurs l_1 et l_2 et de conductivités λ_1 et λ_2 mis bout à bout, le contact s'établissant en x = 0.
L'extrémité libre $x = - l_1$ est maintenue à T_1, celle à $x = l_2$ est à T_2.
On étudie le régime stationnaire. Il n'y a aucune production de puissance.
a) Etablir l'expression de T(x) dans chaque cylindre en fonction de T_1, T_2, l_1, l_2 et T_i, température au niveau de la soudure.
b) En déduire l'expression de T_i en fonction de T_1 et T_2.
c) On prend λ_1 (main) = 10 $W.K^{-1}.m^{-1}$; λ_2 (bois) = 1 $W.\ K^{-1}.m^{-1}$; λ_2 (acier) = 100 $W.\ K^{-1}.m^{-1}$; $l_1 = l_2$; t_1 = 37°C (main) , t_2 = 20°C (acier ou bois). Calculer T_i pour un contact main-acier et main-bois. Commenter.

3. Fusible :

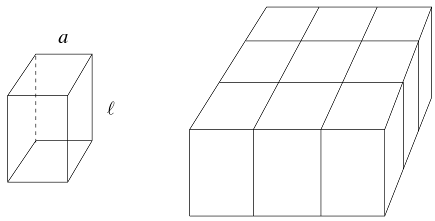
Un fusible est modélisé par un barreau cylindrique de conducteur ohmique, d'axe Ox, de longueur L, de conductivité électrique σ, de conductivité thermique λ, parcouru par un courant électrique I.
Les extrémités du barreau sont maintenues à la même température T_0.
Le barreau est isole latéralement , on a donc T = T(x,t).
a) Exprimer la puissance volumique due à l'effet Joule (on donne la résistance d'un barreau droit de longueur L et de section S : $R = L/\sigma S$).
b) Déterminer, en régime stationnaire, la loi de distribution de la température dans le barreau.
c) Quelle est la température maximale atteinte ?

4. Comportement social thermorégulateur (CCP PC 2014) :

Un manchot se modélise par un parallélépipède rectangle de section carré de coté a et de hauteur l (figure a).
Le manchot, animal à sang chaud, maintient sa température interne T_i au moyen d'un apport métabolique P_1 qui compense les pertes par conduction thermiques au travers d'un revêtement de plumes d'épaisseur e et de conductivité λ, face à une température externe T_e.
1. Déterminer l'aire totale A_1 du parallélépipède.

2. Déterminer la valeur de la conductivité thermique λ du revêtement de plumes correspondant à un métabolisme P_1 = 50 W, pour une température intérieure T_i = 37°C, une température extérieure T_e = -20°C (y compris au niveau du sol) , une épaisseur e = 1 cm, un coté a = 0,10 m et une hauteur l = 0,50 m.

3. Pour faire face à ces températures extrêmes, neuf manchots se serrent comme représenté sur la figure b. Le pavage carré étant parfait, seules les faces supérieures, inférieures et latérales périphériques sont sujettes aux pertes thermiques. Calculer l'aire A_9 exposée à la température T_e et la puissance métabolique P_9 totale nécessaire au maintien de la température interne des neuf manchots. De combien le métabolisme nécessaire au maintien de la température interne, rapporté à un manchot, est-il réduit lorsque les neuf manchots se serrent les uns contre les autres ?

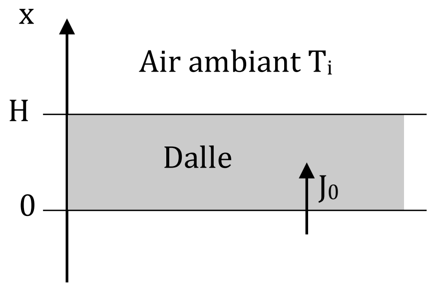


(a) (b)

5. Dalle chauffante :

On considère une dalle en béton (conductivité λ, épaisseur H),chauffée dans sa partie inférieure par un flux thermique surfacique J_0 constant. Cette dalle est surmontée d'air, avec lequel elle échange par conducto-convection un flux surfacique :

$$J_{dalle\to air} = h\,(T(H) - T_i).$$



a) Montrer qu'en régime stationnaire le flux thermique dans la dalle est uniforme.

b) Calculer T_i-T(H) pour h =6,7 SI et J_0 = 20,1 W.m^{-2}.

c) Déterminer la loi de température T(x) dans la dalle en régime permanent en fonction de H, h, λ, T_i et J_0.

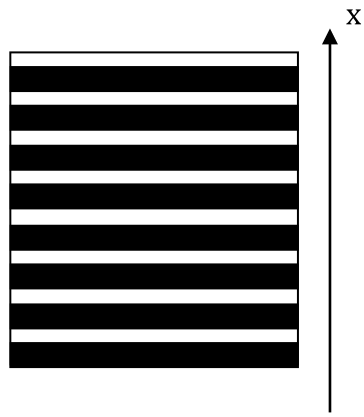
6. Traitement thermique de cartes électroniques (*) :

Une des étapes de la fabrication des cartes supportant les circuits électroniques intégrés consiste à les enduire d'une résine époxy qui durcit à température élevée et sous forte pression. Pour cela, on rassemble les cartes enduites de résine en piles, chacune étant séparée des autres par une plaque métallique.

Toutes les cartes sont planes, ont la même épaisseur e_1 et une conductivité thermique λ_1. Les plaques métalliques de séparation, planes elles aussi, ont une épaisseur e_2 et une conductivité thermique λ_2. Les cartes et les plaques ont une aire A.

On admettra que la résine époxy ne joue aucun rôle dans les transferts et bilans thermiques.

On cherche à représenter le système feuilleté décrit précédemment comme un milieu homogène.



a) On considère que les transferts thermiques s'effectuent seulement selon la direction Ox. Déterminer la résistance thermique R_1, d'une épaisseur e du matériau, de surface S, constituée de N empilements plaque-carte. En déduire que l'empilement est équivalent à une épaisseur e d'un matériau homogène de section S, dont on exprimera la conductivité thermique λ en fonction de λ_1, λ_2, e_1 et e_2.

b) Déterminer de même la conductivité thermique $\lambda_{//}$ du milieu homogène équivalent au milieu feuilleté si l'on considère un transfert thermique parallèle au plan des cartes.

c) Application numérique : *cartes* : λ_1 = 0,3 W.m^{-1}.K^{-1}, e_1 = 2,5 mm ;
plaques métalliques : λ_2 = 12 W.m^{-1}.K^{-1}, e_2 = 2,5 mm. Déterminer λ et $\lambda_{//}$.

d) En comparant les valeurs des conductivités équivalentes λ et $\lambda_{//}$, justifier que l'on peut considérer que la température dans les cartes ne dépend que de x et t.