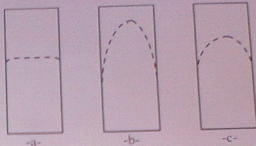


Concours d'accès à la formation de troisième cycle
 En vue de l'obtention du diplôme de doctorat en
 Physique Énergétique
 Épreuve de transfert thermique

Questions 2pts

Q1. Considérons trois murs plans de température initiale T_0 immergés ensuite dans un fluide à $T_\infty < T_0$. La distribution de la température à un instant donné est illustrée dans la figure ci-contre.

- Donner l'ordre de grandeur de la valeur de Biot pour chaque configuration.
- Quel est le mur qui peut être considéré thermiquement mince?

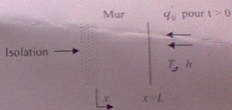


Q2. On explique les mécanismes du transfert de chaleur par les trois modes, à savoir, la conduction, la convection et le rayonnement thermique. Lequel de ces trois modes est le plus rapide, est à quelle vitesse ?

Exercice N°1 7pts

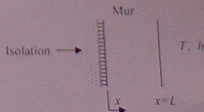
A. Considérons un mur isolé d'un côté et en contact avec l'air ambiant de l'autre côté. Initialement le mur est à la température ambiante T_∞ . A un instant donné, on applique une densité de flux convectif uniforme constante q_0^* (W/m^2) sur la surface non isolée.

- Tracer, dans un graphe $T-x$, l'allure de la température dans le mur : pour la condition initiale, le temps intermédiaire et quand le mur atteint l'état d'équilibre.
- Tracer l'évolution du flux $q_x(L,t)$ traversant la surface d'abscisse L en fonction du temps.
- Donner les conditions aux limites et les conditions initiales de ce système.



B. Considérons maintenant une plaque chauffante attachée au mur précédent d'un côté et isolée de l'autre côté. Initialement la résistance et le mur sont à la température ambiante T_∞ . A un instant donné, la plaque chauffante attachée est alimentée pour donner une densité de flux thermique constante q_0 (W/m^2).

- Répondre aux trois questions de la section A.



Exercice N°2 1pt

Le transfert de chaleur par convection sur une plaque plane est calculé par la corrélation suivante : $Nu_x = 0,06 Re_x^{0,85} Pr^{1/3}$, où Nu_x est le nombre de Nusselt local à la position x .

Il est demandé de calculer le rapport du coefficient convectif moyen et le coefficient convectif local, $\frac{\bar{h}_x}{h_x}$, par rapport à une distance x .

Exercice N°3 1pt

On a l'écoulement d'un fluide de conductivité thermique, k , et de température, T_∞ sur une paroi. Le profil de température du fluide sur la paroi est de la forme : $T(y) = A + By + Cy^2 - Dy^3$, où A, B, C et D sont des constantes. On détermine l'expression du coefficient convectif h .

Exercice N°4 2pts

On considère la convection forcée d'un fluide, avec un débit massique \dot{m} et avec une température d'entrée T_{in} dans un canal de section carrée, $a \times a$, et de longueur L . La paroi du canal est supposée à température uniforme T_p . La chaleur spécifique du fluide est C_p . Il est demandé d'établir l'équation différentielle qui permet de déterminer la température moyenne du fluide $T_m(x)$, puis la résoudre pour déterminer la température du fluide à la sortie du canal, T_{out} , en fonction du coefficient convectif moyen h .

Exercice N°5 1pt

Dans une expérience on étudie le phénomène de la convection dans une cavité rectangulaire remplie d'air, où deux parois verticales opposées sont maintenues à des températures fixes différentes, tandis que les ~~sur~~ autres parois sont adiabatiques. La cavité est de hauteur $H=2$ cm, de largeur $W=3$ cm et la distance qui sépare les deux parois, chaude et froide, est $L=1$ cm. La paroi chaude, en cuivre, est réchauffée par un système de refroidissement. Le thermocouple relève une différence de température entre les deux parois de $\Delta T=5^\circ\text{C}$. Il est demandé de calculer le nombre de Nusselt, Nu , qui mesure le transport de chaleur dans la cavité si la puissance thermique fournie par la résistance est de $P=6$ W. La conductivité thermique de l'air est de $k=0,02$ W/K.m.

Exercice N°6 2pts

Pour l'écoulement d'un fluide dans une conduite circulaire de rayon R et dont la paroi est à une température uniforme, T_p , les champs de vitesse et de température peuvent être approximés comme étant uniforme et parabolique, respectivement. Ainsi, $u(r)=C_1$ et $T(r)=C_2[1-(r/R)^2]+T_p$, où C_1 et C_2 sont des constantes. Quelle est la valeur du nombre de Nusselt Nu ?

Exercice N°7 4pts

On a une surface, S_e , qui entoure une surface convexe S_i . La surface extérieure, S_e , est de température T_e et d'émissivité ϵ_e , alors que la surface intérieure, S_i , est de température T_i et d'émissivité ϵ_i .

1. On donne le schéma électrique analogue qui inclut toutes les résistances radiatives, qui se trouvent entre les deux surfaces, S_e et S_i .
 2. On donne la formule qui permet de calculer le flux thermique radiatif net, ϕ_{net} (W), par rapport à la surface intérieure, S_i .
 3. Que devient cette formule si la surface extérieure, S_e , est trop grande par rapport à la surface intérieure, S_i et
 4. On applique cette formule pour calculer la chaleur que perd une personne par rayonnement thermique quand elle est dans une très grande salle. On considère une personne dont la surface extérieure est de $1,8\text{m}^2$, de température 32°C , et d'émissivité $0,9$. Les murs de la salle sont à 285K .
- Constante de Boltzmann $\sigma=5,67 \times 10^{-8}$ (S.I.).