Thermodynamique

1 Questions de Cours

Question 1 : Donner la loi de Fourier en précisant les unités des différents termes.

Question 2 : Rappeler la définition d'une surface opaque noire et donner l'expression de la puissance du rayonnement émis par une telle surface.

Question 3 : Donner l'expression de la résitance thermique *convective* en précisant la signification des différents termes.

2 Problème

Dans tout le problème l'air est supposé parfaitement transparent au rayonnement (aucune absorption, aucune diffusion) et les surfaces des solides sont supposées être des surfaces opaques noires. On rappelle la constante de Stefan-Boltzmann : $\sigma = 5.67\ 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$. Le coefficient d'échange convectif sera supposé égal à $h = 2 W m^{-2} K^{-1}$ pour toutes les surfaces. On se place en régime stationnaire.

On considère une enceinte frigorifique de forme cubique, de côté $a = 1m$ placée dans un laboratoire thermostaté. La température de l'air à l'intérieur de l'enceinte est notée T_{int}. La température des murs et de l'air du laboratoire est $T_{ext} = 300K$. Les six parois de l'enceinte sont numérotées de 1 à 6 de sorte que la paroi 1 et la paroi 6 sont en regard. Les surfaces intérieures sont chacune isotherme, sont notées S_1, S_2 ... S_6 et leurs températures sont notées respectivement T_1, T_2 ... T_6. De même, les surfaces extérieures sont chacune isotherme, sont notées S'_1, S'_2 ... S'_6 et leurs températures sont notées respectivement T'_1, T'_2 ... T'_6. La première paroi est constituée d'une plaque plane homogène de conductivité thermique $\lambda = 1 W m^{-1} K^{-1}$ et d'épaisseur $e = 0.01m$. Un système frigorifique est plaqué à l'extérieur de cette plaque et impose $T'_1 = T_F$ avec $T_F = 280K$ (voir la figure). Les cinq autres parois sont constituées d'une plaque plane identique à la précédente et d'une plaque plane isolante accolée de conductivité thermique $\lambda_{is} = 0.1 W m^{-1} K^{-1}$ et d'épaisseur $E = 0.03m$ (voir la figure dans le cas de la paroi 2). On admet que l'épaisseur de chaque paroi est suffisamment faible devant le côté du cube pour que les transferts thermiques dans les parois puissent être étudiés en géométrie unidimensionnelle.

Question 4 : Décrire qualitativement les transferts thermiques à l'oeuvre dans ce problème.

Question 5 : Décrire *quantitativement* les transferts thermiques à l'intérieur de la paroi 1 et exprimer le flux de chaleur à travers S_1 en fonction de T_1 et T'_1. Que pouvez-vous dire du flux de chaleur à travers S'_1 ? Décrire le profil de température à l'intérieur de la plaque.

Question 6 : Calculer la résistance thermique de la paroi 2 et exprimer le flux de chaleur à travers S_2 en fonction de T_2 et T'_2.

Question 7 : Exprimer le flux net radiatif à la surface S_2' en fonction de T_2' et T_{ext}.

Question 8 : On note F_{ij} le facteur de forme de la surface S_i vers la surface S_j. On admet que l'on a $F_{12} = F_{13} = F_{14} = F_{15} = 0.2$. En déduire la valeur de F_{16}.

Question 9 : Exprimer le flux net radiatif à la surface S_2 en fonction de T_1, T_2 ... T_6.

Question 10 : En raisonnant sur les modes de transfert thermique à l'oeuvre à l'extérieur de l'enceinte cubique, exprimer le flux total de chaleur à travers S_2' en fonction de T_2' et T_{ext}.

Question subsidiaire : Proposez une démarche permettant de calculer la valeur de la température T_{int}. Pour simplifier le problème, vous pourrez commencer par montrer que $T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6$ ce qui vous permettra de raisonner avec une surface isotherme $S_7 = S_2 U S_3 U S_4 U S_5 U S_6$.