

PLAN DETAILLE ET COMPLEMENTS

Séance n°8

Introduction aux transferts thermiques

Conduction, rayonnement et convection

1 Introduction aux transferts thermiques

1.1 Rappels et définitions

...

1.1.1 Flux de chaleur et puissance thermique

...

1.1.2 Résistance thermique

...

1.1.3 Résistance de contact

...

1.1.4 Les différents modes de transferts thermiques

...

1.2 La conduction thermique

...

1.2.1 Equation de bilan thermique

...

1.2.2 Conditions aux limites

...

1.3 Le rayonnement thermique : notions de base

...

1.3.1 Introduction et définitions préliminaires

...

1.3.2 Le rayonnement du corps noir

...

1.3.3 Le rayonnement des corps gris

...

1.3.4 Echanges par rayonnement entre deux surfaces noires

...

Luminance d'une source élémentaire ...

Echanges entre deux surfaces noires élémentaires ...

Echanges entre deux surfaces noires quelconques : facteurs de forme ...

Cas particulier d'un corps noir convexe à l'intérieur d'un autre corps noir ...

1.3.5 Echanges par rayonnement entre deux surfaces grises et mates

...

1.4 Introduction aux transferts convectifs

1.4.1 Définition du flux convectif et du coefficient d'échange

...

1.4.2 Nombres sans dimension pour les problèmes de convection thermique

...

1.4.3 Conditions aux limites

...

1.4.4 Résistances thermiques convectives

...

2 EXERCICES

2.1 Exercice n°1 : Résistance thermique dans un espace annulaire

On considère un espace annulaire de longueur L constitué d'un matériau de conductivité thermique λ supposée constante dans lequel les échanges seront supposés purement conductifs. Sur la surface interne (resp. externe) de rayon R_1 (resp. R_2), on impose une température T_1 (resp. T_2). On supposera que le régime permanent est établi et que le problème est à symétrie cylindrique.

Déterminer l'expression analytique du champ de température en fonction du rayon r , puis celle du flux de chaleur surfacique et enfin celle de la puissance thermique transmise de la surface interne à la surface externe. En déduire la résistance thermique de l'espace annulaire.

2.2 Exercice n°2 : Transferts thermiques dans un crayon de combustible nucléaire

Un crayon combustible est constitué d'un cylindre d'oxyde d'uranium de rayon R_1 dans lequel se produit la réaction de fission et d'une gaine métallique de rayon extérieur R_2 . On notera P la puissance volumique dégagée par la réaction de fission, supposée constante. On notera λ_c la conductivité thermique du combustible et λ_g celle de la gaine.

1. Déterminer, en régime permanent, le profil de température dans le combustible puis exprimer l'écart de température entre le coeur du combustible et l'interface avec la gaine en fonction de P , R_1 et λ_c . Faire l'application numérique.

2. Déterminer le flux surfacique de chaleur sur la surface externe du combustible et faire l'application numérique.

3. En supposant le contact parfait entre le combustible et la gaine et en notant φ_0 le flux surfacique évacué vers l'extérieur sur la surface externe de la gaine, déterminer le profil de température dans la gaine. En déduire que, si l'épaisseur de la gaine est faible devant R_1 , l'écart de température dans la gaine peut s'écrire :

$$\Delta T = \frac{e\varphi_0}{\lambda_g}$$

Données : $P = 0.7 \times 10^9 \text{ W/m}^3$, $R_1 = 0.5 \text{ cm}$, $\lambda_c = 3.5 \text{ W/m/K}$

2.3 Exercice n°3 : Faire écran au rayonnement

On considère deux parois respectivement à des températures T_1 et T_2 . On considérera ces deux parois comme étant des plans infinis constitués de corps gris d'émissivité respective ε_1 et ε_2 . On insère entre ces deux plans un écran d'épaisseur e , constitué lui aussi d'un matériau gris d'émissivité ε et de conductivité thermique λ . On se place en régime permanent.

1. Donner l'expression de la puissance thermique échangée entre les plans 1 et 2 en l'absence d'écran.

2. Ecrire les équations permettant d'établir l'expression de la puissance thermique échangée entre les plans 1 et 2 en présence d'écran, sans chercher à résoudre ces équations.

3. Simplifier ces équations dans le cas où l'écran est de très faible épaisseur ($e \sim 0$). Comparer les puissances thermiques échangées avec et sans écran dans les cas particuliers suivants :

(a) $\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2$

(b) $T_1 = 100^\circ\text{C}$, $T_2 = 20^\circ\text{C}$, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.9$, $\varepsilon = 0.1$