

LP18 : FLUX CONDUCTIF, CONVECTIF, RADIATIF, BILANS THERMIQUES (L2)

Prérequis

- thermodynamique de L1
- diffusion (équilibre thermodynamique local, loi de Fourier, équation de diffusion)
- mécanique des fluides (couche limite)
- corps noir

Idées directrices à faire passer

- dans certains problèmes, il faut une approche globale considérant tous les phénomènes
- le bilan thermique est le point de convergence : les flux étant les échanges avec l'extérieur

Bibliographie

- [1] Thermodynamique, Maître,
- [2] Précis thermodynamique PC-PSI, Choimet, Bréal
- [2] Transferts thermiques, Taine,

Introduction :

- on a étudié indépendamment le rayonnement et la diffusion dans des leçons précédentes
- cette leçon va permettre d'introduire la notion de convection et surtout de voir des situations où plusieurs de ces phénomènes interviennent simultanément
- la notion de bilan thermique permettra une approche synthétique

I Les trois modes de transfert thermiques

1 Notion de bilan thermique

- partir du premier principe
- écrire Q en fonction de \vec{j}_{th}
- préciser les travaux reçus en particulier le terme source (on insistera sur leur différentes natures : chimique, nucléaire...)
- intégrer pour obtenir un bilan global
- donner le cas stationnaire

2 La conduction [2]

2.1 Rappels

- vecteur densité de courant
- équation de conservation
- loi de Fourier
- équation de la chaleur
- insister sur les ODG de D
- temps et distances caractéristiques de diffusion / ODG associés

2.2 Notion de résistance thermique

- on se place en régime permanent : $\Delta T = 0$
- faire la démonstration dans le cadre de la conduction à travers un mur
- exprimer R_{th}
- faire l'analogie électrique
- vérifier la loi d'additivité série (plusieurs murs collés)
- donner sans démonstration la loi d'additivité parallèle (mur et fenêtre)

3 La convection

3.1 Définition [3]

- définir convection
- distinguer convection naturelle et forcée
- manipulation : tube en O chauffé à la base (convection naturelle) et agitation d'une tasse (convection forcée)
- en toute généralité, c'est un problème complexe d'hydrodynamique : il faut introduire les flux d'énergie et de matière et étudier le couplage entre les deux
- on va donc simplifier le problème !

3.2 Transfert conducto-convectif [1]

- suivre la démarche du maître p67
- expliquer le modèle de la couche limite
- calculer la valeur de la couche limite en fonction des paramètres du fluide
- ODG de h

4 Le rayonnement [1]

4.1 Rappels

- rester très simple et donner uniquement les lois qui nous serviront
- rappeler la définition d'un corps noir idéal
- donner la loi de Stefan
- discuter succinctement de corps colorés : ne pas entrer dans les détails mais dire juste "le verre est absorbant dans l'IR et laisse passer le visible"

4.2 Bilan thermique sur l'exemple de l'effet de serre

- reprendre le Maître p119
- faire toute la démarche
- permet de faire mûrir les fraises puisque au bilan elles reçoivent l'équivalent du double de flux solaire
- l'atmosphère terrestre a les mêmes propriétés : d'où l'accroissement des températures du globe

II Illustration du couplage entre les modes de transfert

1 Position du problème [1]

- on considère une ailette de refroidissement
- bilan en l'absence d'aillette
- **ajouter le rayonnement (non considéré dans le problème)**. L'expression peut être linéarisée autour de la température moyenne car la différence entre les deux températures est faible. Finalement on obtient un h effectif modifié par le terme de rayonnement
- on ajoute une ailette
- présenter les simplifications associées
- bien indiquer les trois types de transfert mis en jeu dans le problème

2 Résolution [1]

- bilan thermique sur une tranche de l'aillette (toujours avec un h effectif)
- en déduire $T(z)$
- conditions limites à expliciter
- aller vite sur le calcul un peu lourd
- courbe de température en fonction de L
- calcul d'efficacité η et limite ailette longue
- interpréter tous les coefficients qui apparaissent dans η
- un bon refroidissement nécessite : grande surface de contact avec le fluide, convection forcée, ailettes peintes en noir