

Phénomènes de Transferts

Examen

Durée : 2 h

Documents de cours et TDs autorisés

*Un soin particulier devra être apporté à la rédaction. En particulier, vous justifierez **brièvement** les développements mathématiques effectués.*

1 Exercice 1

On cherche à évaluer la déperdition d'énergie thermique entre une passerelle fermée reliant deux tours, de températures respectives T_1 et T_2 et le milieu extérieur, de température T_e . L'objectif est d'évaluer la puissance nécessaire pour maintenir constante la distribution de température dans l'ensemble du bâtiment constitué des deux tours et de la passerelle.

La passerelle est de longueur L et de section rectangulaire $S(x)$. Le repère de travail choisi est noté (O, x, y, z) , où O est au milieu de la passerelle, et (O, x) correspond à l'axe de la passerelle.

On note k la conductivité thermique de l'air à l'intérieur de la passerelle. Celle-ci reçoit un flux de rayonnement solaire constant, noté q_s . Les échanges entre l'air à l'intérieur et l'air extérieur à travers les parois de la passerelle sont modélisés par un simple coefficient d'échange h supposé connu.

1. Justifier la modélisation adoptée pour ces échanges avec l'extérieur. On s'attachera en particulier à préciser le rôle joué par les parois de la passerelle.
2. À quelle condition la température peut-elle être considérée comme constante au sein d'une section $x = c^{te}$ (*i.e.* indépendante de y et z).

Dans toute la suite, on suppose cette condition vérifiée, de sorte que la température $T(x)$ à l'intérieur de la passerelle ne dépend que de x .

3. On souhaite effectuer un bilan énergétique sur une tranche de passerelle comprise entre les sections x et $x + dx$ pour obtenir l'équation régissant le profil de température $T(x)$ le long de la passerelle :
 - a. Exprimer le flux d'énergie thermique à travers la surface latérale de la tranche entre x et $x + dx$.
 - b. Exprimer les flux d'énergie thermique à travers chacune des sections droites en x , puis en $x + dx$.
 - c. En déduire l'équation différentielle permettant d'obtenir le profil de température $T(x)$ le long de la passerelle.
4. Résoudre l'équation et obtenir T en fonction de x et des paramètres du problème.
5. Calculer la puissance "perdue" par chacune des tours.
6. Discuter les résultats en fonction de T_1 , T_2 et T_e .

2 Exercice 2

On réfrigère des oranges avec un courant d'air à 1 atm, de vitesse $v_a = 0.5$ m/s et de température $T_a = 5^\circ\text{C}$. On a déterminé expérimentalement que dans ces conditions, le nombre de Nusselt s'obtient à partir de la relation : $Nu = 5.05 Re^{1/3}$. Les oranges étant assimilées à des sphères de diamètres $D \simeq 7$ cm de température initiale $T_o = 15^\circ\text{C}$, calculer :

1. le coefficient d'échanges h caractérisant les échanges thermiques entre une orange et l'air extérieur,
2. le gradient de température initial à la surface de l'orange (cette valeur permettant de vérifier que le traitement imposé aux fruits n'est pas trop «brutal»).

Données pour l'air :

- Chaleur spécifique à volume constant : $c_v = 0.718 \text{ kJ/kg/K}$
- Chaleur spécifique à pression constante : $c_p = 1.005 \text{ kJ/kg/K}$
- Conductivité thermique : $k_a = 0.025 \text{ W/m/K}$
- Viscosité cinématique : $\nu_a = 1.4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Données pour les oranges :

- Provenance : Floride
- Prix : 2 €/kg
- Conductivité thermique : $k_o = 0.50 \text{ W/m/K}$

FIN DU SUJET