DEVOIR SURVEILLE – TRANSFERT DE CHALEUR – 1ERE ANNEE

Durée : 1h20 heures, sans documents, téléphones portables interdits.

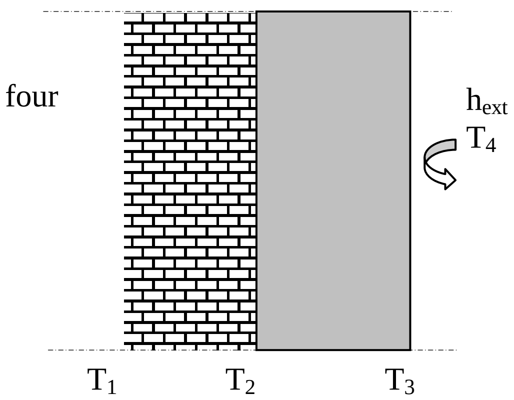
NOM: GROUPE:

PRENOM:

Remarque pour tous les exercices :
Si vous en avez besoin, prenez :

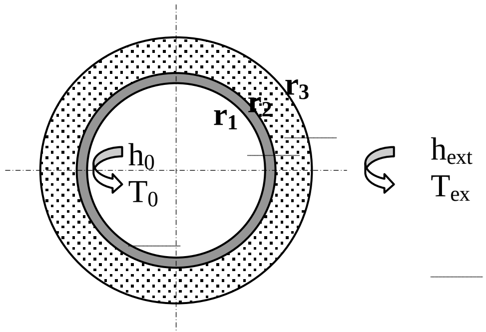
- pour la conductivité de l'air $\lambda_{air} = 0.025$ [W(mK)],
- l'émissivité d'une surface $\varepsilon = 1$; $\sigma = 5.67\cdot10^{-8}$ [W/(m^{4}K)].

Exercice 1.



La paroi d'un four industriel est composée de briques et d'isolation extérieure. La conductivité thermique de briques λ_b est égale à 1 Wm^{-1}K^{-1} et l'épaisseur e_b = 0.2 m. La conductivité du matériau isolant : λ_{is} = 0.05 Wm^{-1}K^{-1}. La valeur du coefficient d'échange sur cette surface est h_{ext} = 12 Wm^{-2}K^{-1} et la température extérieure T_4 = 20 °C.
Déterminer l'épaisseur de l'isolation e_{is} pour que la température de la paroi extérieure ne dépasse pas T_3 = 40 °C. La température de la paroi à l'intérieur du four T_1 est régulée à 1000 °C.

Exercice 2.



Un tube en acier [λ_a = 15 W/(m·K)] de rayon intérieur r_1 = 4.3 cm et d'épaisseur e_a = 0.8 cm, est isolé sur sa surface extérieure avec un matériau de conductivité thermique λ_i = 0.10 W/(m·K) et d'épaisseur e_i = 2 cm. Un gaz chaud à T_0 = 320 °C, s'écoule à l'intérieur du tube, le coefficient d'échange est égal à h_0 = 200 $Wm^{-2}K^{-1}$.

La surface extérieure est exposée à l'air dont la température est T_{ext} = 20 °C et le coefficient d'échange global h_{ext} = 20 $Wm^{-2}K^{-1}$.

a) Calculer toutes les résistances thermiques du système,
b) Calculer les pertes de chaleur sur la longueur de 5 m de tube,
c) Calculer la température T_3 correspondant au rayon r_3.

Exercice 3.

Un fil électrique de rayon r_1 = 2 mm est parcouru par le courant électrique I = 40 A. Il est isolé avec une isolation dont l'épaisseur vaut 2 mm.
Calculer la température sur l'interface fil – isolation. On donne :

- la conductivité de l'isolation λ_{is} = 0.2 W/(mK),
- la résistance électrique d'1 m du fil = 0.0024 Ω,
- le coefficient d'échange global sur la surface de l'isolation h_{ext} = 10 W/(m²K), avec la température de l'air extérieur T_{ext} = 30 °C.

Exercice 4.

Deux surfaces planes et parallèles ($T_1 = 2°C$ et $T_2 = 12°C$) sont séparées par une lame d'air immobile d'épaisseur 12 mm.

a) Quels sont les modes de transferts de chaleur entre les plaques?

b) Calculer la densité de flux de chaleur transmis par chaque mode de transfert.

c) Calculer la densité de flux de chaleur échangé entre les plaques.

Exercice 5.

On considère une surface vitrée S, en double vitrage avec les paramètres : (e_v, λ_v) – pour le verre, (e_a, λ_a) – pour l'air.
On considère les transferts thermiques sans rayonnement solaire, mais il faut prendre en compte tous les autres transferts par rayonnement et convection existants (représentés par les coefficients de transferts correspondants). La température intérieure de l'air vaut T_i, extérieure – T_e (en K).
Entre les vitres l'air est immobile.

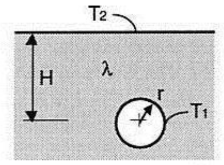
A. faire un schéma de résistances thermiques détaillé :

B. donner les expressions littérales de toutes les résistances :

Exercice 6.

Une conduite d'eau chaude est enterrée dans le sable ($\lambda_s = 0.30\ Wm^{-1}K^{-1}$) sur la profondeur H = 50 cm. Le diamètre du tube est d = 20 cm, la température de surface du sol est T_2 = 10 °C. Le tube est isolé avec une isolation de l'épaisseur e_{is} = 1 cm, $\lambda_{is} = 0.06\ Wm^{-1}K^{-1}$

Calculer les pertes de la chaleur sur 10 m de longueur du tube, en prenant la température de l'eau T_1 = 70 °C.



Tuyau de longueur L enterré sous la surface d'un milieu semi-infini

Facteur de forme :

$$\frac{2\pi L}{\arg \mathrm{ch}\left(\frac{H}{r}\right)}$$

RAPPEL DES FORMULES POUR LES CAS DE TRANSFERTS UNIDIMENSIONNELS (1D)

COORDONNEES CARTESIENNES (x, y, z) $\Rightarrow$ PROBLEME 1D – variation de T selon x uniquement

Equation différentielle 1D avec génération interne de la chaleur :

$$\frac{d^2T}{dx^2} = -\frac{q_v}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \text{sa solution générale :} \quad T(x) = -\frac{q_v}{2\lambda}x^2 + Ax + B$$

(on trouve les constantes avec les conditions aux limites adéquates au problème donné)

Equation différentielle 1D sans génération interne de la chaleur :

$$\frac{d^2T}{dx^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{sa solution générale :} \quad T(x) = Ax + B$$

(on trouve les constantes avec les conditions aux limites adéquates au problème donné)

Résistance thermique globale :

$R_G = e/(\lambda S)$ [K/W] $\Rightarrow$ flux thermique : $\Phi = \Delta T / R_G$ [W]

Résistance thermique de l'unité de surface :

$R = e/\lambda$ [m²K/W] $\Rightarrow$ densité de flux : $\varphi = \Delta T / R$ [W/m²]

COORDONNEES CYLINDRIQUES (r, z, φ) $\Rightarrow$ PROBLEME 1D – variation de T selon r uniquement

Equation différentielle 1D avec génération interne de la chaleur :

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dT}{dr}\right) = -\frac{q_v}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \text{sa solution générale :} \quad T(r) = -\frac{q_v}{4\lambda}r^2 + A\ln r + B$$

(on peut trouver les constantes avec les conditions aux limites adéquates au problème donné)

Equation différentielle 1D sans génération interne de la chaleur :

$$\frac{d}{dr}\left(r\frac{dT}{dr}\right) = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{sa solution générale :} \quad T(r) = A\ln(r) + B$$

(on peut trouver les constantes avec les conditions aux limites adéquates au problème donné)

Résistance thermique globale :

$R_G = \dfrac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi\lambda H}$ [K/W] $\Rightarrow$ flux thermique : $\Phi = \Delta T / R_G$ [W]

Résistance thermique de l'unité de longueur de cylindre :

$R = \dfrac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi\lambda}$ [mK/W] $\Rightarrow$ flux par 1m du cylindre : $\varphi = \Delta T / R$ [W/m]