

«Résumé Pour le transfert «TC» de chaleur» 2016-2017 GP L3

1. transfert de chaleur :
- transfert par conduction
 - transfert par convection
 - transfert par rayonnement

2. grad T :

$$\vec{\text{grad}} T = \vec{\nabla} T = \frac{\partial T}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \vec{k}$$

3. Le flux de chaleur : Φ

$$\Phi = \frac{Q}{dt} = J/s = W$$

4. Régime permanent et transitoire :

si la T: de tous les points est indépendant du temps on dit que le régime est permanent, sinon le régime est transitoire

$T = T(x, y, z)$ ———> régime permanent
 $T = T(x, y, z, t)$ ———> régime transitoire

5. La Densité de flux : \vec{q}

$$\vec{q} = \frac{\Phi}{S} \quad W/m^2$$

6. Les mécanismes de propagation de la chaleur

A. conduction : (fluide ou solide)

$$\Phi = -\lambda S \frac{dT}{dx} \quad \|\vec{q}\| = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad \frac{dT}{dx} < 0$$

S : surface isotherme par laquelle s'effectue le transfert

λ : conductivité

λ : dans

- SI : $W/m^{\circ}K$
- CGC : $Kcal/h.cm^{\circ}C$
- AS : $Btu/h.ft^{\circ}C$

$$1 \text{ pouce} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ Btu} = 1054 \text{ ou } 1055 \text{ J}$$

$$1 \text{ ft} = 30,48 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ pouce}$$

B. convection: (fluide): on distingue 2 types:

- convection naturelle

- convection forcée

$$\phi = h \cdot S (T_{\text{chaud}} - T_{\text{froid}}) : h : \text{coefficient superficielle de transfert de la chaleur}$$

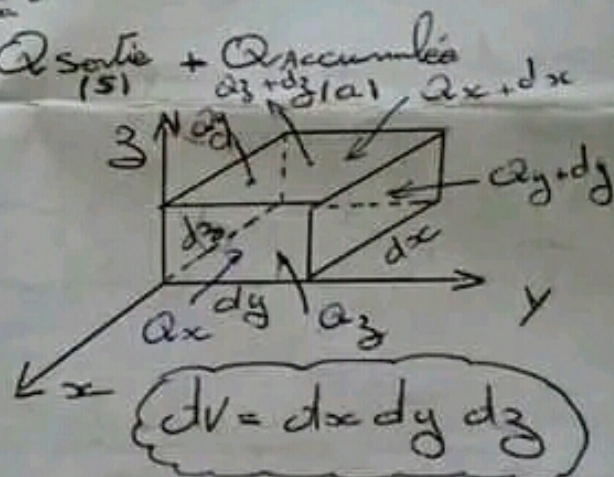
$$h : \text{dans } \begin{cases} \text{SI: } \text{W/m}^2 \cdot \text{K} \\ \text{CGS: } \text{kcal/h} \cdot \text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{C} \\ \text{AS: } \text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \end{cases}$$

F. Bilan d'énergie thermique:

$$Q_{\text{entrée}} + Q_{\text{produit}} = Q_{\text{sortie}} + Q_{\text{accumulée}}$$

$$Q_R = Q_E - Q_S$$

$$Q_A = Q_R + Q_P$$



8. Q_P, Q_A, Q_R :

$$Q_R = \lambda dV dt \nabla^2 T \quad (VD)$$

(VD). Signifié "voir la démonstration dans le cours"

$$Q_P = q dV dt : q : \text{la quantité de chaleur produite}$$

$$Q_{acc} = m c_p dt \quad \rho = \frac{m}{dV}$$

$$Q_{acc} = \int dV c_p \frac{dT}{dt} \frac{dt}{dt} \frac{dT}{dt}$$

9. L'équation générale de la chaleur:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla^2 T + \frac{q}{\lambda} \quad (K.P)$$

lo suit- ?
voir dans la page 4

A. Expression du profil du T dans un mur simple :

$$T = \frac{-(T_{P0} - T_{P1})}{e} x + T_{P0}$$

- Expression du flux qui traverse le mur simple (plan) :

$$\phi = \lambda S \frac{T_{P0} - T_{P1}}{e}$$

- Résistance thermique du mur :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda S} \quad (^{\circ}C/W) \quad R_{th} = \left(\frac{1}{\lambda}\right) \cdot \frac{e}{S}$$

$$I = \frac{DV}{R_{ele}}$$

K_e : conductivité électrique

λ : conductivité thermique

$$R_{ele} = \frac{1}{K_e} \cdot \frac{L}{S}$$

L : Longueur de fil

e : épaisseur du mur

S : Surface isopotentielle pour l'électricité

D. Mur simple en contact avec deux fluides :

- Expression du flux qui traverse un mur simple en contact avec deux fluides :

$$\phi = \frac{T_{P0} - T_{P1}}{\frac{1}{h_0 S} + \frac{e}{\lambda \cdot S} + \frac{1}{h_1 \cdot S}}$$

- Expression du profil de température dans le mur simple en contact avec deux fluides :

$$T_x = T_{P0} - \frac{T_{P0} - T_{P1}}{\frac{1}{h_0 S} + \frac{e}{\lambda \cdot S} + \frac{1}{h_1 \cdot S}} \left(\frac{1}{h_0 S} + \frac{x}{\lambda \cdot S} \right)$$

• Résistance thermique superficielle du fluide (1) et (2)

$$\diamond R_{p0} = \frac{1}{h_0 \cdot S}$$

$$\diamond R_{p1} = \frac{1}{h_1 \cdot S}$$

3) * Mur composite en contact avec deux fluides :

• Expression de flux qui traverse un mur composite en contact avec deux fluides :

$$\phi = \frac{T_{p0} - T_{p1}}{\frac{1}{h_0 \cdot S} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i \cdot S} + \frac{1}{h_1 \cdot S}}$$

et ça la suite de num (12) ▶

• on pose $\frac{1}{\alpha} = \frac{S_{cp}}{\lambda} \Rightarrow \alpha = \frac{\lambda}{S_{cp}}$

$$\bullet \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{dT}{dt} = \nabla^2 T + \frac{q}{\lambda}$$

La suite de page II m (2) (DZL) α : la diffusivité thermique (cm^2/s)

10 ▶ Cas particulier :

1 * Milieu sans source interne en régime permanent :

$$\frac{q}{\lambda} \rightarrow 0$$

$$\frac{dT}{dt} \rightarrow 0$$

• $\nabla^2 T = 0$: équation de Laplace

2 * Milieu avec source interne avec régime permanent :

• $\nabla^2 T + \frac{q}{\lambda} = 0$: équation de Poisson

3 * Milieu sans source interne en régime variable :

• $\frac{1}{\alpha} \frac{dT}{dt} = \nabla^2 T$: équation de Fourier

A

• $\nabla^2 T$:

* Coordonnées cartésiennes: $\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$

* Coordonnées cylindriques:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \beta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

* Coordonnées sphériques:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2 \sin \beta} \frac{\partial}{\partial \beta} \left(\sin \beta \frac{\partial T}{\partial \beta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \beta} \frac{\partial^2 T}{\partial \beta^2}$$

12 ► Conduction dans les murs ou plaques sans génération de chaleur:

- 1. Mur simple:
- 2. Mur simple en contact avec deux fluides:
- 3. Mur composite en contact avec deux fluides

Voir dans la page 3 et la page 4

• Expression du profil de température dans un mur composite en contact avec deux fluides: (Suite de mur 3)

$$T_x = T_{f0} - \frac{T_{f0} - T_{f1}}{\frac{1}{h_0 \cdot S} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i S} + \frac{1}{h_1 \cdot S}} \left(\frac{1}{h_0 \cdot S} + \sum_{i=1}^{m+1} \frac{e_i}{\lambda_i S} + \frac{x}{\lambda_m \cdot S} \right)$$

4. • La conductivité thermique dépend de la température:

$$\lambda = \lambda_0 (1 + \alpha T)$$

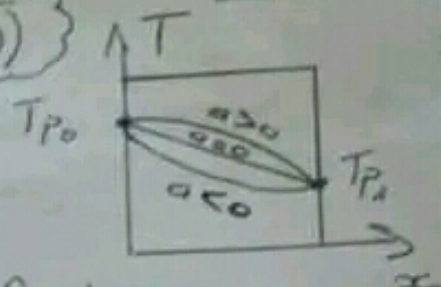
• Expression du flux qui traverse un mur simple non isotope:

$$\phi = \lambda_0 \left(1 + \frac{\alpha}{2} (T_{f0} + T_{f1}) \right) \cdot S \frac{T_{f0} - T_{f1}}{e}$$

• Profil de température dans le mur non isotope :

page VII

$$-\frac{x}{c} = \frac{T - T_{P0}}{T_{P0} - T_{P1}} \left(1 + \frac{a}{2} (T + T_{P0}) \right) \left(1 + \frac{a}{2} (T_{P0} + T_{P1}) \right)$$



13 ► Conduction dans les couches cylindriques

Sans génération de chaleur : $S = 2\pi R L$

1. Couche cylindrique simple :

• Expression du flux de chaleur traversant un mur simple cylindrique isotope :

$$\Phi = 2\pi L \lambda \frac{(T_{P0} - T_{P1})}{\ln \frac{r_1}{r_0}}$$

• Profil de température dans un mur cylindrique simple :

$$T = \frac{(T_{P0} - T_{P1})}{\ln \frac{r_0}{r_1}} \ln \frac{r_0}{r_1} + T_{P0}$$

$$R_{ther} = \frac{\ln \frac{r_1}{r_0}}{2\pi L \lambda}$$

• La densité du flux dans un mur couche cylindrique simple :

$$q = \frac{\Phi}{S} = \lambda \frac{T_{P0} - T_{P1}}{\ln \frac{r_1}{r_0}} \frac{1}{r}$$

2. Couche cylindrique simple en contact avec deux fluides :

• Expression du flux :

$$\Phi = \frac{(T_{P0} - T_{P1})}{\frac{1}{h_0 r_0} + \ln \frac{r_1}{r_0} / \lambda + \frac{1}{h_1 r_1}} \cdot 2\pi L$$

3 * couche cylindrique composite en contact avec deux fluides :

• Expression du flux :

$$\phi = \frac{2\pi L (T_{P0} - T_{Pa})}{\frac{1}{r_0 h_0} + \sum_{i=1}^n \frac{\ln \frac{r_i}{r_{i-1}}}{\lambda_i} + \frac{1}{r_1 h_1}}$$

4 * calorifugage des surfaces et épaisseur critique
d'un calorifuge : Critique

• EXpression du flux :

$$\phi = \frac{(T_{P0} - T_{Pa})}{\frac{1}{2\pi L} \left(\frac{1}{R_0 r_0} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_0}}{\lambda_1} + \frac{\ln \frac{r}{r_1}}{\lambda_{col}} + \frac{1}{R_1 \cdot r} \right)}$$

• Rayon Critique de calorifuge :

$$r_c = \frac{\lambda_{col}}{R_1}$$

• Efficacité d'un isolant : $\epsilon_{col} = \frac{\phi_{\text{sans isolant}} - \phi_{\text{avec isol}}}{\phi_{\text{sans isolant}}}$

5 * Cas Sur la conductivité thermique varie avec la température :

16 ► conduction dans les surface ailletées Sans
génération de chaleur :

$$T^* = C_1 e^{Ax} + C_2 e^{-Ax}$$

Page VIII

1. cas d'une barre de longueur infini :

• Le profil de température :

$$\frac{T - T_S}{T_0 - T_S} = e^{-Ax}$$

2* cas d'une barre très longue

Le profil de température

$$\frac{T - T_S}{T_0 - T_S} = \frac{\sinh h(L-x)}{\sinh hL}$$

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

$$\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$h = \sqrt{\frac{h \cdot m}{\lambda \cdot S}}$$

$$17 \blacktriangleright q = \frac{P}{V} \left(\frac{\text{Watt}}{\text{m}^3} \right)$$

$$P = R_e \cdot I^2$$

Watt Ω A^2

$$R_e = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

$$q = \frac{\rho \cdot I^2}{S^2}$$

$$I = \sqrt{\frac{q \cdot S^2}{\rho}}$$

Fin

« اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ مَا جَعَلْتَ سُبْحًا وَأَنْتَ تَعْمَلُ الْخَيْرَ إِذَا دَا
بَسْتَهُ سُبْحًا »