CORRIGE EMD
TRANSFERT THERMIQUE

Questions de cours

- Loi de Fourrier : $\vec{\phi} = -\lambda . S . \overrightarrow{grad}\, T$. **(0.75pts)**

$\vec{\phi}$: Flux de chaleur conductif. **(0. 25pts)**
λ : Conductivité thermique du milieu. **(0. 25pts)**
S : Aire de la section de passage du flux de chaleur. **(0. 25pts)**
T : Champ de température. **(0. 25pts)**
Le signe (-) car le flux de chaleur se propage de la partie la plus chaude vers la partie la plus froide. **(0. 25pts)**

- Nbre de Reynolds : $R_e = \frac{U.D.\rho}{\mu} = \frac{U.D}{\nu}$,caractérise le régime d'écoulement. **(0. 5pts)**

Nombre de Prandtl : $P_r = \frac{C_P\,\mu}{\lambda}$, c'est le rapport des diffusivité du corps solide et celle du fluide. **(0. 5pts).** Nombre de Nusselt : $N_u = \frac{hD}{\lambda}$, caractérise le type de transfert thermique. **(0. 5pts)**

- Convection forcée est due au mouvement du fluide suite à une action externe (vitesse-débit). **(0. 25pts).** Ecoulement laminaire : les lignes de courant sont rectilignes parallèles. **(0. 25pts).**
- L'angle solide d'une source de rayonnement ponctuelle est de **4π strd**. **(0. 5pts)**
- Un corps gris est un corps dont le pouvoir absorbant $\alpha_{\lambda T}$ est indépendant de la longueur d'onde λ du rayonnement qu'il reçoit. Il est défini par : $\alpha_{\lambda T} = \alpha_T$. **(0. 5pts)**

Exercice 01

I.

1. Le flux de chaleur pour le cas simple vitrage :

La résistance thermique totale : $R_{th} = \frac{1}{h_{int}\,S} + \frac{e}{\lambda_v S} + \frac{1}{h_{ext} S}$ **(0.25pts)**

$$R_{th} = \frac{1}{20\,.\,0{,}6} + \frac{0{,}003}{14\,.\,0{,}6} + \frac{1}{14\,.\,0{,}6} = 0,203\ °C/W$$ **(0.5 pts)**

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$$ **(0.25pts)** $$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}} = \frac{20-9}{0{,}203} = 54,2\ W$$ **(0.5pts)**

2. Le flux de chaleur pour le cas double vitrage :

$$R_{th} = \frac{1}{h_{int}\,S} + \frac{e_f}{\lambda_v S} + \frac{e_{air}}{\lambda_{air} S} + \frac{e_f}{\lambda S} + \frac{1}{h_{ext} S}$$ **(0.25pts)**

$$R_{th} = \frac{1}{20\,.\,0{,}6} + \frac{0{,}003}{14\,.\,0{,}6} + \frac{0{,}008}{0{,}025\,.0{,}6} + \frac{0{,}003}{14\,.\,0{,}6} + \frac{1}{14\,.\,0{,}6} = 0,74\ °C/W$$ **(0.5pts)**

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}} = \frac{20-9}{0{,}74} = 15\ W$$ **(0.25pts)**

II.

1.

$$L_c = \frac{V}{S} = \frac{\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)L}{(\pi DL)+2\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)} = \frac{D}{4+2\frac{D}{L}} = \frac{0,03}{4+2\frac{0,03}{0,1}} = 6,5.10^{-3}m \quad \textbf{(0.25pts)}$$

$$B_i = \frac{h\,L_c}{\lambda} = \frac{800\ .6,5.10^{-3}}{386} = 0,0135 \ < 0,1 \quad \Longrightarrow T(t) \qquad \textbf{(0.25pts)}$$

$$F_0 = \frac{at}{L^2} = \frac{\lambda}{\rho\, C_p\, L^2}t = \frac{386}{8950\ .383\ .(6,5.10^{-3})^2}\ t = 2,66\,.t \qquad \textbf{(0.25pt)}$$

Bilan énergétique: $\rho\, C\, V\, \frac{dT}{dt}$=- h . S $(T - T_\infty)$ **(0.25pt)**

$$\frac{T(t)-T_\infty}{T_i-T_\infty} = \exp(-B_i\, F_0) \qquad \frac{T(t)-20}{500-20} = \exp(-0,0135\ .\ 2,66\,.t) \qquad \frac{T(t)-20}{480} = \exp(-0,036\,.t) \qquad \textbf{(0.25pt)}$$

$$t = -\frac{1}{0,036}Log\left(\frac{30-20}{480}\right) = 107,5\ s \ \approx 108\ s \qquad \textbf{(0.25pt)}$$

2. $$L_c = \frac{V}{S} = \frac{\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)L}{(\pi DL)+2\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)} = \frac{D}{4+2\frac{D}{L}} = \frac{0,6}{4+2\frac{0,6}{1}} = 11,54.10^{-2}m \quad \textbf{(0.25pts)}$$

$$B_i = \frac{h\,L_c}{\lambda} = \frac{800\ \ .11,54.10^{-2}}{386} = 0,24 \qquad \textbf{(0.25pts)}$$

$B_i = 0,24 > 0,1 \Longrightarrow T(r,t)$ **La température n'est pas uniforme dans le cylindre. (0.25pts)**
donc on ne peut pas déterminer le temps pour que la température atteint 30 °C (0.25pt)

Exercice 02

$$R_{eL} = \frac{U.L.\rho}{\mu}\ \textbf{(0.5pts)}\ R_{eL} = \frac{26,8\ .\ 0,75\ .\ 1,136}{1,910.10^{-5}} = 11,95.10^{+5}\ \textbf{(0.5pts)}\ \ \textit{Regime turbulent}\ \textbf{(0.5pts)}$$

La corrélation expérimentale à utiliser : $\overline{N_{uL}} = 0,036\ .\ \ {R_{eL}}^{0,8}\ \ .\ {P_r}^{1/3}$ **(0.75pts)**

$$\overline{N_{uL}} = 0,036\,.\ \ \left(11,95.10^{+5}\right)^{0,8}\ \ .\ (0,72)^{1/3} = 2342,5\ \textbf{(0.5pts)}$$

$$N_u = \frac{hL}{\lambda}\ \textbf{(0.5pts)} \qquad \Rightarrow h = \frac{N_u \lambda}{L} = \frac{2342,5\ .\ 0,023\ .10^3.4,185}{0,75} = 3.10^5 W/m^2.K\ \textbf{(0.5pts)}$$

$$\phi = h.S.\left(T_{air} - T_p\right)\textbf{(0. 5pts)}\ \ \phi = 3.10^5\,.(0,75\,.0,3)(20-5)\ = 1012500\ W\textbf{(0.75pts)}$$

Exercice 03

1. La puissance totale rayonnée dans l'espace :

$$\phi = M_{0_T}\,.S = \sigma\,.T^4.S\ \textbf{(0. 5pts)}\ \ \phi = 5,67.10^{-8}\,.(1873,15)^4\,.(1.5\,.10^{-4}) = 104,7\ W \quad \textbf{(0.75pts)}$$

1. Sa luminance : $L_{0_T} = \frac{M_{0_T}}{\pi} = \frac{\phi}{\pi.S}$ **(0.5pts)** $\quad L_{0_T} = \frac{104,7}{\pi\,.\ 1.5\,.10^{-4}} = 2,25\,.10^5\ W/m^2.str$ **(0.75pts)**
2. La longueur d'onde pour laquelle le rayonnement est maximal.

$$\lambda_M = \frac{2898.10^{-6}}{T}\ \textbf{(0.25pts)}\ \ \lambda_M = \frac{2898.10^{-6}}{1873,15} = 1,15\ \ .10^{-6}\ m = 1,55\mu m \qquad \textbf{(0.75pts)}$$

3. Il s'agit du rayonnement **IR** **(0.75pts)**
4. La température de la surface si $\lambda_M = 2,3\mu m$

$$\lambda_M = \frac{2898.10^{-6}}{T} \Rightarrow T = \frac{2898.10^{-6}}{\lambda_M} = \frac{2898.10^{-6}}{2,3\ .10^{-6}} = 1260K = 986,85°C \quad \textbf{(0.75pts)}$$