ENSTAB

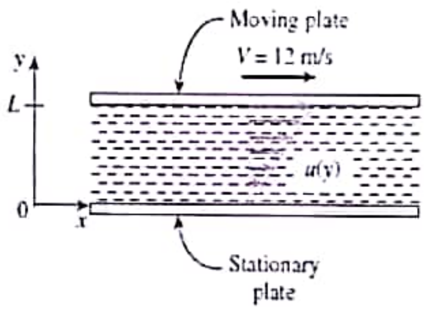
2ème année TA
2018/2019

Transfert thermique

TD n°4: Convection thermique

Exercice 1 :

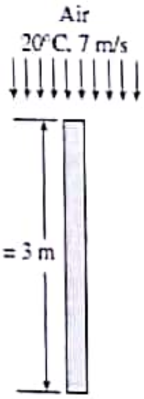
Le débit d'huile dans un palier à tourillon peut être considéré comme un écoulement parallèle entre deux grandes plaques dont une est en mouvement et l'autre est stationnaire. Un tel écoulement est connu sous le nom **d'écoulement de Couette.** Considérons deux grandes plaques isothermes séparées par un film d'huile de 2 mm d'épaisseur. La plaque supérieure se déplace à une vitesse constante de 12 m / s, tandis que la plaque inférieure est Stationnaire. Les deux plaques sont maintenues à 20 ° C.



(a) Déterminer les profils de vitesse et de température dans l'huile.

(b) Déterminer la température le maximale dans l'huile et le flux de chaleur de l'huile à chaque plaque.

Exercice 2 :



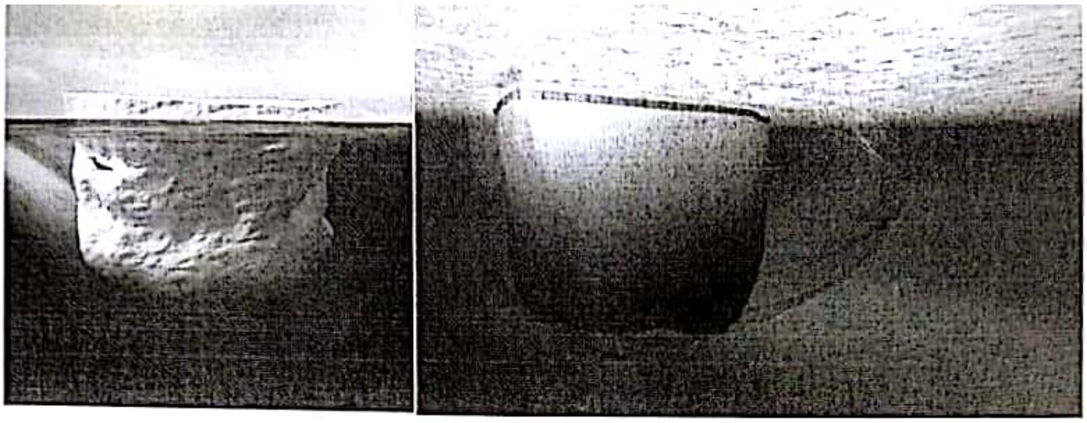
Une plaque plate de 2m*3m est suspendue dans une pièce et est soumise à un flux d'air parallèle à ses surfaces le long de son côté de 3 m de long. La température de l'air libre et sa vitesse sont de 20 ° C et 7 m / s. La force de traînée totale agissant sur la plaque est mesurée à 0,86 N.

Déterminer le coefficient de transfert de chaleur par convection moyen pour la plaque.

Exercice 3 : fonte d'un iceberg

Des chercheurs envisagent d'emporter des glaçons géants des rives du Groenland jusqu'aux îles Canaries pour abreuver les populations victimes de sécheresse. Un iceberg de 7 millions de tonnes pourrait en effet fournir 7 milliards de litres d'eau, soit l'équivalent de la consommation annuelle d'une ville de 150000 habitants. Compte tenu de sa masse, les chercheurs envisagent une vitesse de transport maximale de 2km/h. Pour réduire la fonte de l'iceberg, les ingénieurs ont imaginé une sorte de jupe en textile qui enveloppera la partie immergée du glaçon et l'isolera de l'eau de mer. Un matelas d'eau douce fondue se créera ainsi au fil du trajet entre l'iceberg et la jupe. Une ceinture flottante encerclera l'iceberg sur une hauteur de douze mètres (six mètres en surface et six mètres sous l'eau) pour le protéger de l'érosion. D'après les simulations effectuées, la température de l'eau s'élèvera à 10°C et le voyage devrait durer 141 Jours. L'iceberg est assimilé à un cylindre dont le diamètre est égal à sa hauteur.

Déterminer le pourcentage de masse de glace fondue durant le voyage.



Exercice 4 : Prévention des risques d'incendie lors d'une fuite d'huile

La chaleur dissipée par un moteur en fonctionnement peut créer des points très chauds sur sa surface. Si la surface extérieure d'un moteur est située dans un endroit où les fuites d'huile est possible, puis quand une fuite d'huile entre en contact avec des points chauds au-dessus de la température d'auto-inflammation de l'huile, il peut s'enflammer spontanément.

Considérons un couvercle de moteur fait d'une plaque en acier inoxydable avec une épaisseur de 1 cm et conductivité thermique de 14 W / m · K. La plaque en acier inoxydable est recouverte d'une isolation de 5 mm d'épaisseur (k = 0,5 W / m.K). La surface interne de la couverture du moteur est exposée à l'air chaud à 350°C avec un coefficient de transfert de chaleur par convection de 7 W / m².K. La surface extérieure du moteur de 2 m de long est refroidie par air soufflé en parallèle sur elle à 7 m/s, dans un environnement où l'air ambiant est à 60°C. Pour éviter les risques d'incendie en cas de fuite d'huile sur le capot du moteur, la surface du couvercle du moteur doit être maintenue en dessous de 180°C.

Il a été déterminé que la couche d'isolation de 5 mm d'épaisseur n'est pas suffisante pour garder le capot du moteur surface inférieure à 180°C. Pour résoudre ce problème, l'un des superviseurs de l'usine a suggéré d'ajuster la capacité du ventilateur pour augmenter la vitesse d'air de refroidissement de 10%.

Déterminer si c'est une méthode viable pour garder la surface du moteur à 180°C (Évaluer les propriétés de l'air à 120°C).

Exercice 5 :

L'eau doit être chauffée de 15° C à 65° C lorsqu'elle passe à travers un tube de diamètre intérieur de 3 cm et de 5 m de long. Le tube est équipé d'une résistance électrique chauffante qui fournit une puissance uniforme sur toute la surface du tube. La surface extérieure du tube est bien isolée, de sorte qu'en fonctionnement régulier toute la chaleur générée dans la résistance est transférée à l'eau dans le tube. Si le système doit fournir de l'eau chaude à un débit de 10 L / min.

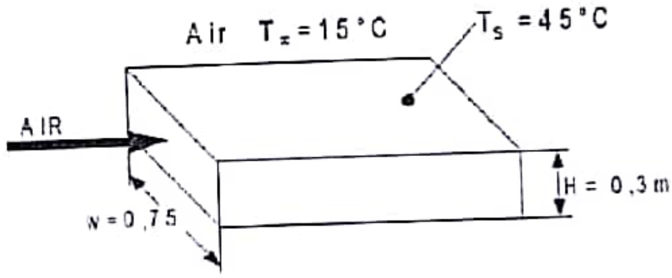
Déterminer la puissance que doit fournir la résistance chauffante. En outre, estimer la température de surface interne du tube à la sortie.

Exercice 6 :

Une bouteille d'eau de 150 mm de long et 60 mm de diamètre est initialement à 27°C. On voudrait refroidir cette bouteille dans un réfrigérateur ayant une température de 4°C.
Dans l'intérêt de minimiser le taux de refroidissement, comment faut-il placer la bouteille (horizontalement ou verticalement)

Exercice 7 :

Une conduite rectangulaire transporte de l'air chauffé, la température de sa surface extérieure est mesurée à 45°C.
Si la conduite est en contact avec un milieu ambiant d'air à 15°C. Déterminer les pertes thermiques par unité de longueur de la conduite.



TD N°4 :

Ex1 :

a) Regime permanent etabli :

$$\vec{u} = u\,\vec{u_x} + \underbrace{v}_{=0}\,\vec{u_y} \ ; \ v = 0$$

- $\frac{\partial u}{\partial x} + \cancel{\frac{\partial v}{\partial y}}^{\to 0} = 0 \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial x} = 0$

$u(y)$?

- $\rho\left[u\cancel{\frac{\partial u}{\partial x}}^{0} + \underbrace{v}_{=0}\frac{\partial u}{\partial y}\right] = \mu\left[\underbrace{\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}}_{=0} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right] - \cancel{\frac{\partial P}{\partial x}}^{\to 0}$

$$\Rightarrow \mu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \Rightarrow u(y) = C_1 y + C_2$$

C.L : $u(0) = 0 \Rightarrow C_2 = 0$

$u(L) = V = 12\ m/s \Rightarrow C_1 = \frac{V}{L}$

$$\boxed{u(y) = \frac{V}{L}\,y}$$

- $\rho c_p\left[u\cancel{\frac{\partial T}{\partial x}}^{0} + \underbrace{v}_{0}\cancel{\frac{\partial T}{\partial y}}^{0}\right] = \lambda\left[\cancel{\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}}^{0} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right] + \mu\,\Phi$

avec $\Phi = 2\left[\left(\cancel{\frac{\partial u}{\partial x}}\right)^2 + \left(\cancel{\frac{\partial v}{\partial y}}^{0}\right)^2\right] + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \cancel{\frac{\partial v}{\partial x}}\right)^2$

$$\lambda\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{-\mu}{\lambda}\left(\frac{V}{L}\right)^2$$

$$T(y) = -\frac{\mu}{2\lambda}\frac{V^2}{L^2}y^2 + C_3 y + C_4$$

C.L : $T(0) = 20°C = T(L)$

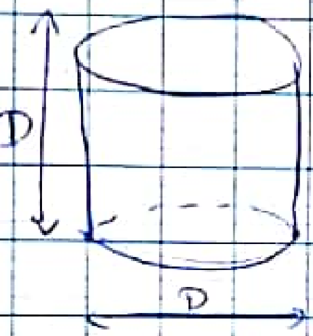
$C_4 = T_0$

$$\cancel{T_0} = \frac{-\mu V^2}{2\lambda \cancel{L^2}}\cancel{L^2} + C_3 L + \cancel{T_0}$$

$$C_3 = \frac{\mu V^2}{2\lambda L}$$

Ex3:

$$M_{glace\ fondue} = \frac{\Phi_{cv} \cdot \Delta t\ [J]}{L_{fusion}\ [J/kg]}$$



$T_\infty = 10°C$

$$\Phi_{cv} = h \cdot S \cdot \Delta T$$
$$= h_{lat}\, S_{lat}\, \Delta T + h_{base} \cdot S_{base}\, \Delta T$$

$T_f = \frac{10+0}{2} = 5°C$

$V = 2\ km/h$

•) propriétés du fluide à T_f: $\begin{cases} \lambda = 0{,}568\ W/m.K \\ \nu = 1{,}593\ 10^{-6}\ m^2/s \end{cases}$

$Pr = 12$

h_{lat} ?

•) $Re = \frac{\rho . V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu}$

D? $V = 7\ 10^6\ m^3 = \frac{\pi}{4} D^3 \Rightarrow D = 207{,}3\ m$

$Re = 7{,}23\ 10^7$

Régime turbulent : ⇒

on utilise la formule de : $Nu = 59{,}66\ 10^5$

$\Rightarrow h_{lat} = 16347{,}14\ W/k\,m^2$

h_{base} ?

Nu (régime turbulent plaque plane)

$h_{base} = 444{,}4\ W/k.m^2$

$\Phi = 22{,}04\ 10^9\ W$

$L_{fus} = 335\ kJ/kg$

$$M_{fondue} = \frac{\Phi\ [141{,}24 \times 3600]}{335\ 10^3} = 8\ 10^{11}\ Kg \quad (M_{initial} = 7.\ 10^{12}\ kg)$$

$M_{fondu} = 11\ \%$

Scanned by CamScanner

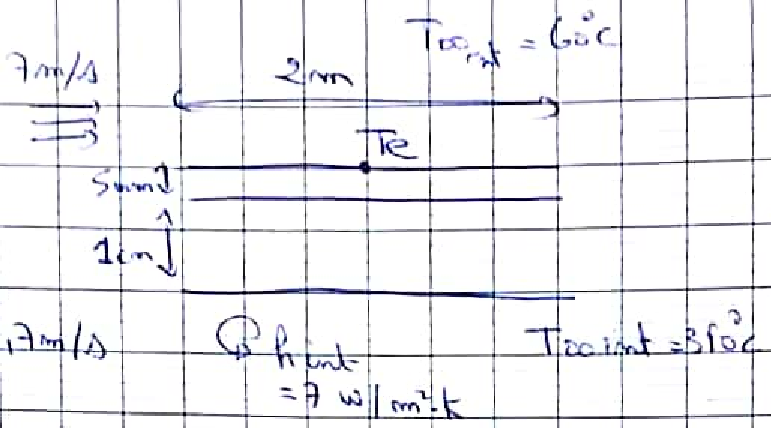
Ex4 :

$T_e < 130°c$

$V_{initiale} = 7m/s$

$V_{finale} = 7 + 0.1.7 = 7,7 m/s$

$T_f = 120°c.$



$\phi = \frac{1}{R_{tot}} \Delta T$ avec $\Delta T = T_{\infty int} - T_{\infty ext}$

$R_{tot} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{acier}}{\lambda_{acier}} + \frac{e_{isolant}}{\lambda_{isolant}} + \frac{1}{h_{ext}}$

le même flux $\phi = h_{ext} (T_e - T_{\infty ext})$

* Ecoulement forcé autour d'une plaque plane :

$T_f = 120°C \begin{cases} \lambda = 0,03235 \; W/m.K \\ \nu = 2,522 \; 10^{-5} \; m^2/s \\ P_r = 0,7073 \end{cases}$

$R_e = \frac{V L}{\nu} = \frac{7,7 \times 2}{2,522 \; 10^{-5}} = 6,1 \; 10^5 > 5 \; 10^5$

$\Rightarrow$ régime turbulant

$Nu = (0,037 R_e^{0,8} - 871) P_r^{1/3}$

A.N : $N_u = 625,77$

$\rightarrow h_{ent} = 10,122 \; w/K.m^2$

$R_{tot} = \frac{1}{7} + \frac{1.10^{-2}}{74} + \frac{5.10^{-3}}{0,5} + \frac{1}{10,122}$

$R_{tot} = 0,25237 \; m^2K/w$

$T_e = \frac{\phi}{h_{ext}} + T_{\infty ext} \Rightarrow T_e = 173,5°c$

$\cancel{\phi = 22,04 \; 10^3 \; W}$

$\cancel{L_{fus} = 335 \; KJ/Kg}$