**Solution examen 2 Transfert de chaleur et de masse 2** **27/09/2020**

**EX 1** **5 P**

1) Dans La convection forcée, le mouvement du fluide résulte de la variation de la densité | لا |

في الحمل القسري ان حركة المائع تكون ناتجة عن اختلاف الكثافة

2) Dans la convection naturelle, l'écoulement sur une plaque plane est laminaire si **Re** $< 5.10^5$ | لا |

3) Le nombre de Nusselt représente le rapport entre la chaleur échangée par convection et par conduction | نعم |

4) le nombre de Gashof **Gr** est le paramètre essentiel dans la convection forcée | لا |

5) L'épaisseur de la couche limite dynamique diminue avec l'augmentation de la viscosité du fluide | لا |

**Exercice N° 2** **10p**

1) L'air en contact avec la plaque se réchauffe et par conséquent sa densité diminue et monte vers le haut et il va remplacer par de l'air froid qui va chauffer à nouveau et ainsi de suite.(**convection naturelle**) **2p**

الهواء الملامس للصفيحة سيسخن وبالتالي تقل كثافته ويصعد الى الاعلى ويحل محله الهواء البارد ويسخن مرة اخرى و هكذا و هي ظاهرة الحمل الطبيعي ...

**2) le régime d'écoulement** **3p**

La convection est naturelle, donc faut calculer **Ra= Gr.pr**

$Gr = \dfrac{g\beta\Delta T L^3}{\nu^2}$ avec $\Delta T = Tp - T_o = 10$

$\beta = \dfrac{1}{Tm} = \dfrac{1}{25+273} = 0.0033$, L=0.5 m (direction du mvt de fluide)

Pr= µ.cp/k= ν.ρ.cp/k =0.71

$Gr = 1.67\text{x}\ 10^8$ , $Ra = Gr.Pr = 1.18\ \text{x}10^8$ $\mathbf{< 10^9}$ donc **le régime est laminaire**

**3) le flux thermique échangée par convection entre la plaque et l'air** **5p**

Q= h.s(Tp-To) , s= 0.5x1=0.5 $m^2$ , h= ???

Nu=h.L/k et h = Nu.k/L , L=0.5 m la hauteur

le régime est laminaire donc on utilise la relation :

$Nu_L = 0{,}59\ Ra^{1/4} = 61.49$ donc h =61.49x0.026/0.5 = 3.19 $w/m^2$

et donc: Q= h.s(Tp-To)= 16 W

## Exercice N° 3 6 P

**sur ox:**

$$\rho_o\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p}{\partial x}-\rho g+\mu.\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \qquad (1)$$

Dans la convection naturelle, le terme **ρg** est remplacé par :

$\rho_0[1-\beta(T-To)].g = \rho_0 g- \rho_0\beta(T-To).g$ (**approximation de Boussinesq**) **1P**

on remplace dans l'équation (1),

$$\rho_o\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p^*}{\partial x}+\rho_o g\beta(T-To)+\mu.\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \qquad (2)$$ **1P**

avec $p^* = (p+\rho_o gx)$

**sur oy** : $0=-\frac{\partial p}{\partial y}$ **0.5P**

**Equation de l'énergie**

$$\rho_o.cp\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}\right)=k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \qquad (3)$$ **0.5P**

***Convection forcée (ρg=0)***

sur ox $$\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p}{\partial x}+\mu.\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$$ **1P**

**sur oy** : $0=-\frac{\partial p}{\partial y}$ **0.5P**

**Equation de l'énergie est la même**

$$\rho\ .cp\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}\right)=k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)$$ **0.5P**

**1P** **c)** dans le cas de la convection naturelle si la plaque est inclinée par une angle **α** par rapport à la verticale.

- La convection forcée n'est pas affectée par l'inclinaison , car l'inclinaison affecte sur la force de masse gρ

الحمل القسري لا يتاثر بالميل لان الميل يؤثر على القوة الكتلية ρg

## Pour la convection naturelle :

Dans ce cas, il suffit de remplacer **g** par **g.cos(α)** sur ox et **g** par **g.sin(α)** sur l'axe oy dans les formules dans l'eq. du mvt suivant xo x et oy :

sur ox $$\rho_o\left(\mathrm{u}\frac{\partial \mathrm{u}}{\partial \mathrm{x}}+\mathrm{v}\frac{\partial \mathrm{u}}{\partial \mathrm{y}}\right)=-\frac{\partial p^*}{\partial \mathrm{x}}+\rho_o g\beta(T-To)\cos(\alpha)+\mu.\left(\frac{\partial^2 \mathrm{u}}{\partial \mathrm{y}^2}\right)$$

avec $p^* = (p+\rho_o g.x.\cos(\alpha))$

**sur oy** : $$0=-\frac{\partial \mathrm{p}_y^*}{\partial \mathrm{y}}+\rho_o g\beta(T-To)\sin(\alpha)$$

$p_y^* = (p+\rho_o g.y.\sin(\alpha))$

## L'eq. de l'énergie reste la même