

**Rattrapage**  
**Module Transfert de chaleur**  
**Elément de module : Convection**  
**Durée 30 mn**

NB : copie à rendre

**I- Questions de cours.**

Un phénomène de convection se produit quand certaines conditions parmi ceux dans le tableau ci-dessous sont réunies: **cocher les réponses justes**

(Une réponse juste : 1pt; une réponse fausse ou une réponse juste non coché : -1pt )

L'existence de deux milieux l'un fluide l'autre solide	
L'existence d'une vitesse relative macroscopique entre les deux milieux.	
L'existence de deux solides différents en contacts	
L'existence d'une source d'énergie extérieure	
L'existence d'un gradient de température entre deux milieux fluide/solide.	
L'existence d'une inhomogénéité spatiale de température dans le fluide	
L'existence seulement d'un écoulement stationnaire de fluide compressible.	

**I-** Le mur d'un habitat de  $l = 6\text{m}$  de haut et de  $L = 10\text{m}$  de long, sous l'échauffement dû au soleil, sa température extérieure atteint  $T_p = 40^\circ\text{C}$ . La température ambiante extérieure est de  $T_a = 20^\circ\text{C}$ .

1. Quel mode de convection se produit entre le mur et l'air ambiant et pourquoi.
2. Calculer la valeur du coefficient de convection  $h$ .
3. Calculer le flux de chaleur échangé par convection entre le mur et l'air ambiant.

Données :

✓ Convection naturelle :

Le nombre de Nusselt est donné par :  $Nu = C(Gr Pr)^n$

Pour un régime laminaire:  $Gr Pr < 10^9$  ,  $C=0.59$  et  $n=0.25$

Pour un régime turbulent:  $Gr Pr > 10^9$  ,  $C=0.10$  et  $n=0.33$

✓ Convection forcée :

Pour un régime turbulent :  $Nu = 0.0296 Re_x^{0.8} Pr^{0.33}$

Pour un régime laminaire:  $Nu = 0.664 Re_x^{0.5} Pr^{0.33}$

✓ Les propriétés physiques de l'air à la température de  $30^\circ\text{C}$  sont données par:

$\lambda_a = 0.0258 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  ,  $\mu_a = 18.40 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$  ,  $\rho_a = 1.149 \text{ kg m}^{-3}$  ,  $Cp_a = 1006 \text{ J / Kg }^\circ\text{C}$  ;  $g = 9.81 \text{ m / s}^2$

\*\*\*\*\*

## **SOLUTION**

### **Questions de cours**

**Les conditions physiques pour qu'un phénomène, de transfert de chaleur par convection, se produise sont :**

L'existence de deux milieux l'un fluide l'autre solide	*
L'existence d'une vitesse relative macroscopique entre les deux milieux.	*
L'existence de deux solides différents en contacts	
L'existence d'une source d'énergie extérieure	
L'existence d'un gradient de température entre deux milieux fluide/solide.	*
L'existence d'une inhomogénéité spatiale de température dans le fluide	*
L'existence seulement d'un écoulement stationnaire de fluide compressible.	

#### **II – Exercice**

**1- le phénomène de convection qui se produit entre le mur et l'air ambiant est un phénomène de convection naturelle. D'une part il n'y a pas de source extérieure pour provoquer le mouvement du fluide, et d'autre part le fluide va se mettre en mouvement sous l'effet du gradient de température.**

**2- calcule de la valeur du coefficient de convection h**

**On commence par calculer Gr et Pr**

- **Calcul du nombre de Grashof**

$$Gr = \frac{\beta g \Delta T_o \ell^3}{\nu^2} = \frac{0.0033 * 9.81 * 20 * (6)^3}{\left(\frac{18.4 \cdot 10^{-6}}{1.149}\right)^2} = 5.45 \cdot 10^{11}$$

$$\beta = 1/T = 1/(273,15 + 30) = 0,003K^{-1}$$

- **Calcul du nombre de nombre de Prandtl**  $Pr = \frac{\mu_{air} C_{air}}{\lambda_{air}} = \frac{18.4 \cdot 10^{-6} * 1006}{0.0258} = 0.718$

- **Calcul du produit Gr Pr = 5.45 10<sup>11</sup> \* 0.718 = 3.91 10<sup>11</sup>**

**Qui détermine le régime de convection.**

$$Gr Pr = 5.45 \cdot 10^{11} * 0.718 = 3.91 \cdot 10^{11} > 10^9$$

**Le régime est donc turbulent:**

$$C = 0.10 \text{ et } n = 0.33$$

- **Calcul du nombre de Nusselt :**

$$\bullet \quad Nu = C(Gr Pr)^n = 0.10(3.91 \cdot 10^{11})^{1/3} = 731$$

-

$$Nu = \frac{h D}{\lambda}$$

**Ainsi, le coefficient d'échange de chaleur convectif h est :**

$$h = \frac{\lambda_{air} Nu}{l} = \frac{0.0258 * 731}{6} = 3.14 W m^{-2} K^{-1}$$

**3-Calculer le flux de chaleur échangé par convection entre le mur et l'air ambiant.**

*Le flux de chaleur échangé sur toute la surface  $S=l*L$  est :*

$$\phi = hS(T_m - T_{air}) = 3.14 * 6 * 10(40 - 20) = 3768W$$

\*\*\*\*\*