

Durée de l'épreuve : 2h en tout / le barème est donné à titre INDICATIF

**Partie COURS** (sur ~ 15 points, durée : 30 min, aucun document autorisé, pas de calculatrice).

N.B. : cette partie est à rendre au bout de 30 min

**C1.** Donner la loi de Newton pour les fluides, en précisant chaque terme de l'équation, ainsi que son unité. **[2pts]**

**C2.** Quels sont, lorsqu'il n'y a pas de changement d'état, les types de convection possibles ? (il faut justifier) **[2pts]**

**C3.** Définir, pour un écoulement forcé, les régimes d'écoulement possibles pour un fluide **[1pt]**

**C4.** Quelle est la signification physique du nombre de Prandtl ? Dans quels cas l'utilise-t-on ? **[2pts]**

**C5.** Compléter le tableau suivant (on demande des ordres de grandeur seulement)

Configuration	h (en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )
<u>Convection naturelle</u>	
Dans un gaz	
Dans un liquide	
<u>Convection forcée</u>	
Avec un gaz	
Avec un liquide	

**[2pts]**

**C6.** On utilise la formule  $\varphi = h S_2 \Delta T_m$ . Que signifie  $\Delta T_m$  ? **[1pt]**

**C7.** Remplir le tableau suivant, en précisant  $\Delta T_E$  et  $\Delta T_S$  dans chaque cas

co-courant	contre courant
$\Delta T_S =$	$\Delta T_S =$
$\Delta T_e =$	$\Delta T_e =$

**[2pts]**

**C8.** En utilisant le coefficient global de transfert, définir précisément le fluide qui pilote un échange thermique dans le cas de la convection forcée, et pour un échangeur adiabatique. **[3pts]**

**Exercice 1 rafraîchissements convectifs (sur 6 pts)**

En été, on a souvent l'occasion de se rafraîchir en profitant d'un filet d'eau froide ou d'une vitre ouverte dans une voiture. Dans le premier cas, il se dit que pour se rafraîchir en été, on peut le faire en se passant "le coude" sous l'eau froide. On supposera de plus que l'eau ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) qui sort du robinet, après avoir coulé quelques secondes est à  $18^\circ\text{C}$ , et le débit de l'eau est de  $0,2 \text{ kg/s}$ .

**E1.1)** Calculer le débit volumique de l'eau, noté  $\dot{V}$ , exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$  **[1 pt]**

**E1.2)** En déduire la vitesse moyenne de l'eau (que l'on appellera aussi vitesse d'ensemble ici), sachant que le diamètre du tube vaut  $2 \text{ cm}$ . **[1 pt]**

**E1.3)** Si on suppose que le coefficient de transfert convectif est  $h_c = 900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , calculer le flux thermique échangé par unité de surface en passant le coude (ou la main) sous l'eau. La température du corps est de  $\sim 38^\circ\text{C}$  **[1 pt]**

Une voiture roule à  $80 \text{ km/h}$ , et la vitre arrière est entre-ouverte. Le passager arrière passe la main dehors pour essayer de se rafraîchir. On supposera que la température de sa main est de  $38^\circ\text{C}$ , et on donne, pour l'air, dans ces conditions :  $h_c = 50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

**E1.4)** Donner l'expression de  $\phi_{\text{air}}$  (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ), flux thermique échangé par unité de surface, lorsque ce passager passe la main dehors, pour une température extérieure donnée, et lorsque la voiture roule à une vitesse donnée. **[1 pt]**

**E1.5)** Calculer, dans les différents cas suivants, le flux thermique échangé (par unité de surface) lorsqu'on passe la main dehors dans une voiture, dans les cas suivants.

Température air	Température main	$\phi_{\text{air}}$ en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
$35^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C}$	
$25^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C}$	
$10^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C}$	

**[1pt]**

**E1.6)** Comparer les résultats obtenus et conclure. **[1pt]**

**Exercice 2 Utilisation du NUT (sur 21 points)**

On considère un échangeur à contre courant, supposé adiabatique, pour lequel les températures sont :

Pour le fluide chaud :  $T_{1E} = 340^\circ C$   $T_{1S} = 200^\circ C$

Pour le fluide froid :  $T_{2E} = 120^\circ C$   $T_{2S} = 280^\circ C$

La puissance thermique échangée visée est de  $400 kW$ . On ne connaît pas les fluides circulant dans cet échangeur.

**E2.1)** Quel fluide pilote l'échange ici ? (il faut justifier la réponse)

**[2pts]**

**E2.2)** Soit  $z$  (cf le cours, page 38) le rendement de cet échangeur. Rappeler l'expression de  $z$  en fonction de  $q_{cmin}$  et  $q_{cmax}$ , et calculer  $q_{cmin}$ ,  $q_{cmax}$ , ainsi que le rendement de cet échangeur.

**[4pts]**

**E2.3)** Calculer l'efficacité  $\eta = \frac{\Phi}{\Phi_{max}}$  de l'échangeur (toujours utilisé en mode contre-courant).

**[1pt]**

**E2.4)** En déduire le  $NUT_{max}$  de cet échangeur.

**[2pts]**

**On souhaite maintenant utiliser cet échangeur en mode co-courant, sans modifier les débits, ni les températures d'entrée.**

**E2.5)** Que devient le NUT ? (il faut justifier la réponse)

**[2pts]**

**E2.6)** Exprimer le flux de puissance en mode contre-courant  $\Phi$  en fonction de  $q_{cmin}$ ,  $T_{1E}$ ,  $T_{2E}$  et  $\eta$ .

**[2pts]**

**E2.7)** En déduire la nouvelle puissance thermique échangée. Est-ce que le cahier des charges initial est respecté ?

**[4pts]**

**E2.9)** Déduire de ce qui précède la nouvelle température de sortie du fluide froid ( $T_{2S}$ ), ainsi que la nouvelle température de sortie du fluide chaud.

**[2pts]**

**E2.9)** Commentez le résultat obtenu.

**[1pt]**