

Partie COURS (durée : 30 min, aucun document autorisé, pas de calculatrice).

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

- C1. citer les différents types de transferts thermiques possibles. On précisera dans chaque cas comment l'énergie est transportée. **[3 pts]**
- C2. Donner la loi de Newton pour les fluides, en précisant chaque terme de l'équation, ainsi que son unité. **[2 pts]**
- C3. Quels sont, lorsqu'il n'y a pas de changement d'état, les types de convection possibles ? (il faut justifier) **[2 pts]**
- C4. Quelle est la signification physique du nombre de Reynolds ? **[1 pt]**
- C5. Quelle est la signification physique du nombre de Prandtl ? Dans quels cas l'utilise-t-on ? **[1 pt]**
- C6. À quoi sert le nombre de Rayleigh ? (il faut justifier la réponse) **[1 pt]**
- C7. Dans un échangeur thermique simple, préciser le sens de : co-courant, contre-courant, croisé (on pourra s'aider d'un dessin pour expliquer) **[3 pts]**
- C8. On utilise la formule $\varphi = h S_2 \Delta T_m$. Que signifie ΔT_m ? **[3 pts]**
- C9. Définir la notion de coefficient global de transfert thermique **[2 pts]**
- C10. Définir l'efficacité thermique d'un échangeur. **[2 pts]**

Partie EXERCICES (durée 1h30, documents autorisés, sauf livres)**Exercice 1 (sur environ 24 points)**

Un local, dont la température de l'air est de 20°C , est chauffé par un radiateur en fonte qui dissipe une puissance de 2500 W. Ce radiateur est alimenté par un tuyau, supposé rectiligne de longueur 6m avant le radiateur (circuit aller) et 4 m après le radiateur (circuit retour de l'eau). Le radiateur mesure 2 m de long. La section dans laquelle circule l'eau sera supposée constante pour simplifier.

Données :

- la température de l'eau est de $T_E = 80^{\circ}\text{C}$ à l'entrée du local.
- l'eau circule à la vitesse de 0,1 m/s dans le tuyau
- le tuyau possède les caractéristiques géométriques suivantes : $D_{\text{int}} = 25\text{ mm}$, $D_{\text{ext}} = 30\text{ mm}$
- la conductivité thermique du métal constituant les tubes est égale à $\lambda = 45\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Pour l'eau, on prendra : $\lambda = 0,64\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\mu = 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$; $\rho = 1000\text{ kg}/\text{m}^3$;
 $c_p = 4180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Notations : on appellera T_{ER} , respectivement T_{SR} les températures respectivement à l'entrée et à la sortie du radiateur, et T_S la température de l'eau à la sortie de la pièce.

Le but de cet exercice est de calculer la température de l'eau à la sortie du local.

E1.1 Faire un dessin de ce dispositif de chauffage, en précisant les phénomènes en jeu (conduction, convection, etc)

On considère d'abord le tuyau, entre l'entrée dans la pièce et le radiateur. Dans cette partie, on négligera l'épaisseur du tuyau. De plus, on considérera la température de paroi comme constante et égale à 20°C .

E1.2 Donner la relation entre le débit massique \dot{m} d'eau dans le tuyau et la vitesse moyenne de l'eau dans le dispositif (supposée la même partout pour simplifier).

E1.3 Application numérique : calculer \dot{m} en kg/s puis calculer le débit volumique en L/h (unité communément utilisée en plomberie).

E1.4 Rappeler la relation entre la puissance thermique P perdue par l'eau dans le radiateur, \dot{m} , c_p et ΔT (avec $\Delta T = T_{ER} - T_{SR}$, variation de température dans le radiateur)

E1.5 Calculer la variation de température dans le radiateur

E1.6 Calculer les nombres de Reynolds (R_E , de Prandtl P_R et en déduire le nombre de Nusselt Nu . On supposera la température de la paroi extérieure comme étant constante et égale à 20°C

E1.7 Quel est le régime de l'écoulement de l'eau dans le tuyau ?

N.B. : pour la suite, on supposera que l'on est en régime laminaire d'écoulement.

Pour le tuyau situé entre l'entrée ($T = T_E$) et l'entrée du radiateur ($T = T_{ER}$), on isole une tranche de fluide d'épaisseur dx .

E1.8 En déduire la valeur de h_c , facteur d'échange convectif du tuyau, que l'on supposera constant tout au long de l'étude.

Pour la suite, on prendra $h_c = 94 \text{ W.m}^{-1} . \text{K}^{-1}$

E1.9 Écrire l'équation de conservation des flux thermiques entre x et $x+dx$, en précisant la nature de chaque phénomène.

E1.10 En déduire une équation de la température de l'eau dans le tuyau, en fonction de x

E1.11 En déduire la température de l'eau à l'entrée du radiateur.

E1.12 Application numérique : calculer T_{ER} et T_{SR}

E1.13 Quelle est la température de l'eau à la sortie de la pièce ?

Exercice 2 utilisation de la méthode MLDT (sur environ 23 points)

Soit un échangeur à courants parallèles à contre-courant, pour lequel on a :

$T_{1E} = 110^\circ\text{C}$	$T_{1S} = 30^\circ\text{C}$	$\dot{m}_1 = 5000 \text{ kg/h}$	$cp_1 = 2100 \text{ J.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$
$T_{2E} = 12^\circ\text{C}$	$T_{2S} = \text{à calculer}$	$\dot{m}_2 = 12000 \text{ kg/h}$	$cp_2 = 4180 \text{ J.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$

Le coefficient d'échange par convection h_c est supposé connu, et vaut $300 \text{ W.m}^{-2} . \text{K}^{-1}$.

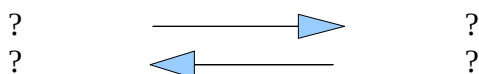
E2.1 Faire un inventaire de ce qui est connu de ce qui est à calculer (en donnant la formule utile), parmi les grandeurs suivantes : T_{1E}, T_{1S}, T_{2E} et T_{2S} , c_{p1} , c_{p2} , \dot{m}_1 , \dot{m}_2 , q_{c1} , q_{c2} , la surface d'échange S , le flux thermique échangé ϕ , la moyenne logarithmique des températures (aka MLDT).

E2.2 Calculer le flux thermique échangé

E2.3 En déduire la température de l'eau à la sortie de l'échangeur.

E2.4 Calculer q_{cmin} et q_{cmax} , $z = q_{CR}$. Est-ce le fluide chaud qui commande le transfert, ou le fluide froid ? En déduire ϕ_{max} , η_r (efficacité de refroidissement)

E2.5 Préciser les expressions de ΔT_E et ΔT_S , et donner leur valeur quand elles sont connues.



E2.6 Calculer les valeurs de ΔT_E et ΔT_S pour cet échangeur

E2.7 Calculer ΔT_m

E2.8 Calculer enfin la surfaces d'échange nécessaire au fonctionnement de cet échangeur

FIN DE L'ÉNONCÉ