

Examen Final UV TF 42
Mécanique des fluides et transferts thermiques

Durée : 2h

Cours autorisé – TD interdits

Portables rangés

☞ **Les problèmes (1 et 2) sont à rendre sur des copies séparées des problèmes 3 et 4.**

Problème 1 : Refroidissement d'un fil parcouru par un courant électrique (sur 6 pts)

Un fil résistif de diamètre $D = 0,5$ mm et de longueur $L = 10$ cm est disposé horizontalement et transversalement à un flux d'air à température $T_a = 20^\circ\text{C}$. L'air s'écoule autour du fil avec une vitesse notée U_a . Le fil, dont la résistivité est $\rho = 3,3 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$, est parcouru par un courant électrique d'intensité I .

1- Vérifier que la résistance électrique du fil vaut $R = 1,68 \Omega$.

2- Dans le cas où la vitesse de l'air vaut $U_a = 1$ cm/s, déterminer l'intensité du courant maximale admissible dans le fil en régime permanent pour que la température du fil ne dépasse pas 300°C .

NB : Vous justifierez les hypothèses adoptées pour mener à bien cette question.

3- En supposant qu'on injecte un courant $I = 1,34$ A dans le fil, calculer la nouvelle vitesse U_a de l'air pour que la température T du fil ne dépasse pas 80°C .

NB : Pour faire cette question, on supposera que le flux d'air en régime de convection forcée avec un nombre de Reynolds $Re < 100$.

Données :

Pour ce problème, on pourra choisir, selon la nature du phénomène, parmi les corrélations suivantes :

En convection forcée :

$$Nu_D = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

Avec : $C = 0,75$, $n = 0,37$ et $m = 0,5$ pour $Re < 100$

$C = 0,26$, $n = 0,37$ et $m = 0,6$ pour $Re > 100$

En convection naturelle :

$$Nu_D = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

Avec : $C = 1,02$ et $n = 0,148$ pour $Ra < 10000$

$C = 0,53$ et $n = 0,25$ pour $Ra > 10000$

Propriétés thermophysiques de l'air (supposées constantes entre 20 et 160°C) :

- Conductivité thermique : $\lambda_a = 0,0364 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- Viscosité cinématique : $\nu_a = 30,09 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

- Nombre de Prandtl : $Pr_a = 0,682$

- Air assimilé à un gaz parfait de coefficient de dilatation $\beta_a = 1/T$

Problème 2 : Dimensionnement d'un échangeur à tubes coaxiaux (sur 4 pts)

Un échangeur constitué de 2 tubes coaxiaux de longueur L est conçu pour élever la température d'un débit d'eau $Q_F = 60\text{L}/\text{min}$ de 20°C à 80°C grâce à un débit massique d'eau m_C provenant d'une source géothermale d'eau chaude. L'eau de cette source entre à 100°C dans l'échangeur pour en ressortir refroidie de 40°C .

Les fluides s'écoulent dans l'échangeur à contre courant. Le tube intérieur possède un diamètre extérieur de 15 mm.

1- Calculer la débit massique m_C qu'il faut soutirer à la source géothermale pour assurer cet échange de chaleur.

2- Sachant que le coefficient de transfert global vaut $K = 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$, déterminer la longueur L de l'échangeur.

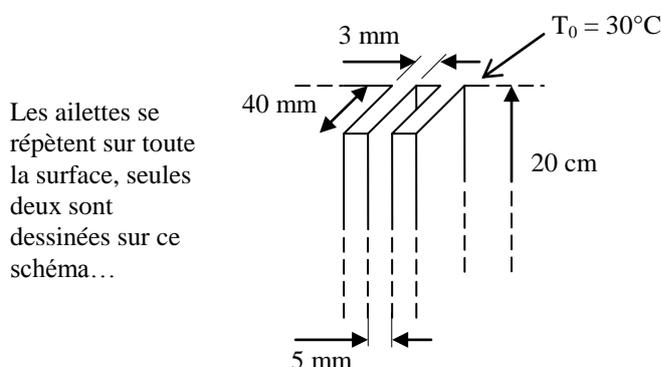
Données : Les propriétés thermophysiques de l'eau seront supposées constantes tout au long du problème :

- Masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Chaleur spécifique de l'eau $C_p = 4,18 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$

Partie L. THIERY

Problème 3 (sur 6 pts). Pour améliorer le refroidissement d'une paroi, sa surface extérieure est munie d'ailettes verticales de section rectangulaire (voir schéma). Le matériau est un alliage d'aluminium de conductivité thermique : $k = 130 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Les dimensions sont indiquées sur le schéma. La longueur et l'épaisseur des ailettes sont respectivement $L = 40 \text{ mm}$ et $e = 3 \text{ mm}$, la surface ailetée faisant une hauteur $z = 20 \text{ cm}$.



La température à la base des ailettes est $T_0 = 30^\circ\text{C}$, la température ambiante est $T_a = 20^\circ\text{C}$, et le coefficient d'échange convectif est $h = 12 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.

1. Calculer la température à l'extrémité d'une ailette en prenant comme hypothèse le cas pour lequel on suppose négligeable le flux de chaleur qui s'en échappe.
2. Calculez le rendement d'une ailette.
3. Calculer le rendement global de la surface ailetée.
4. En déduire la puissance thermique évacuée par un mètre de paroi.
5. Calculer la puissance thermique qui serait évacuée dans les mêmes conditions s'il n'y avait pas d'ailettes.

Problème 4 (sur 4 pts). Les parois d'une chambre froide sont constituées :

- d'un mur de briques creuses d'épaisseur $e_1 = 10 \text{ cm}$ et de conductivité $k_1 = 0,5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- d'un isolant en polystyrène expansé d'épaisseur e_2 et de conductivité $k_2 = 0,03 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- d'un enduit intérieur d'épaisseur $e_3 = 3 \text{ cm}$ de conductivité $k_3 = 1,2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Les coefficients de convection intérieurs et extérieurs sont respectivement $h_i = 7 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ et $h_e = 10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Les températures de parois sont : $T_{pi} = -10^\circ\text{C}$ et $T_{pe} = +30^\circ\text{C}$.

1. Calculer l'épaisseur d'isolation à mettre en place de façon à limiter la puissance thermique transmise par unité de surface à 10 W m^{-2} .
2. La surface de la paroi est égale à 40 m^2 , calculer la puissance thermique transmise.
3. Calculer l'énergie qui traverse cette paroi en 24h.
4. Calculer les températures de l'air intérieur et extérieur.