

1/Problème (Méthode du Nombre d'Unité de Transfert (NUT))

Un échangeur à contre-courant fonctionne dans les conditions suivantes :

$$T_{ce} = 350^{\circ}\text{C} \quad T_{fe} = 120^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cs} = 200^{\circ}\text{C} \quad T_{fs} = 290^{\circ}\text{C}$$

$$q_{tmin} = q_{tf} \quad \text{Puissance } \Phi = 415 \text{ kW}$$

1. Quelle est la puissance échangée si on fait travailler l'échangeur en mode co-courant, avec les mêmes températures d'entrée et les mêmes débits ? (Utiliser la méthode NUT).
2. Quelles sont les nouvelles températures de sortie ?

2/Problème (échangeur bitube) :

Pour refroidir un débit de 9,4 kg/h d'air de 616 °C à 178 °C, on le fait passer dans le tube central d'un échangeur bitube à contre-courant de 1,5 m de long, de 2 cm de diamètre et de faible épaisseur.

1. Calculer la puissance calorifique à évacuer. On donne pour l'air : $C_{pc} = 1060 \text{ J / kg K}$.

2. Le fluide de refroidissement est de l'eau, qui pénètre dans la section annulaire à la température de 16 °C avec un débit de 0,6 l/mn. Calculer la température de cette eau à la sortie de l'échangeur. On prendra $C_{pf} = 4180 \text{ J / kg K}$.

3. Calculer le coefficient d'échange h_c côté fluide chaud (on ne tiendra pas compte d'une éventuelle correction en μ / μ_p).

4. Déterminer l'efficacité de cet échangeur, puis son NUT. En déduire le coefficient d'échange global, puis le coefficient d'échange h_f côté fluide froid.

5. La paroi extérieure de l'échangeur est isolée. Quelle est approximativement l'épaisseur b de l'espace annulaire qui permettrait d'obtenir cette valeur de h_f ? (On admettra d'abord l'écoulement laminaire, et on vérifiera ensuite cette propriété).

3/Problème (échangeur à changement de phase) :

De l'eau froide circule dans un tube de chaudière à condensation. Sa température d'entrée est $T_{fe} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ et son débit $q_{mf} = 400\text{ kg/h}$. Le réchauffage est assuré par condensation de vapeur d'eau à l'extérieur du tube, à la température $T_c = 104\text{ }^{\circ}\text{C}$.

On donne : diamètre intérieur $d = 12,5\text{ mm}$; diamètre extérieur $D = 16\text{ mm}$; longueur $L = 2,4\text{ m}$; conductivité de la paroi $\lambda_p = 46\text{ W/mK}$. Pour l'eau, on admettra dans la gamme de température considérée : $\nu_f = 0,7 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$; $Pr_f = 5,5$; $C_{pf} = 4180\text{ J/kgK}$.

1. Calculer le coefficient d'échange h_f à l'intérieur du tube.
2. On donne le coefficient h côté vapeur : $h_c = 8000\text{ W/m}^2\text{K}$. Calculer le coefficient global d'échange k .
3. Calculer le NUT et l'efficacité de l'appareil.
4. Déterminer la température de sortie d'eau T_{fs} , puis la quantité de chaleur Q récupérée annuellement grâce au dispositif à condensation, si l'on considère que la saison de chauffe dure 150 jours et que la chaudière fonctionne 5 heures par jour.

4/Problème (échangeur à faisceaux de tubes et calandre) :

Dans la sous-station de chauffage collectif d'un immeuble on désire installer un échangeur à faisceau tubulaire et calandre, destiné à porter de 40 à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ un débit d'eau de 20000 kg/h . Le fluide primaire qui circule dans les tubes est de l'eau surchauffée arrivant à $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, à raison de 10000 kg/h . Les tubes ont un diamètre intérieur $d = 20\text{ mm}$; la vitesse d'écoulement adoptée est telle que $Re = 10000$. Le coefficient d'échange global k est estimé à $450\text{ W/m}^2\text{K}$. On admet pour l'eau surchauffée les caractéristiques thermophysiques suivantes : $C_{pc} = 4315\text{ J/kgK}$; $\rho = 920\text{ kg/m}^3$; $\mu = 19 \cdot 10^{-5}\text{ kg/m.s}$.

1. Calculer la puissance Φ échangée et la température de sortie du fluide chaud.
2. L'échangeur est à contre-courant, avec une seule passe sur chaque fluide, les tubes étant montés en parallèle (modèle de la fig. 1.5 sans les chicanes). Déterminer :
 - la surface d'échange Σ nécessaire
 - la vitesse dans les tubes
 - la section totale des tubes
 - le nombre de tubes et la longueur du faisceau

