

Comparaison entre échangeur à co-courant et échangeur à contre-courant

Dans cet exercice, on souhaite calculer les surfaces d'échange nécessaires pour réaliser un échangeur de type bitube (voir figure 1 ci-contre). On supposera l'ensemble supposé parfaitement adiabatique vis à vis de l'extérieur (pas d'échange thermique entre la surface extérieure du tube extérieur et le milieu ambiant).

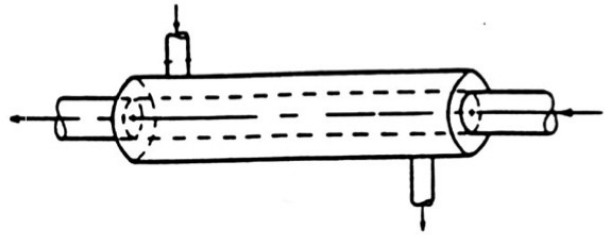


Figure 1: Technologie bitube (2 tubes coaxiaux)

Données:

$$T_{1E}=110^{\circ}C ; T_{1S}=30^{\circ}C ; T_{2E}=12^{\circ}C ; \dot{m}_1=5000\text{ kg/h} ; \dot{m}_2=12000\text{ kg/h} ; c_{p1}=2100\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} ; c_{p2}=4180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} ; h=300\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1} ; \mu_2=0,65\cdot 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s} ; \lambda_{\text{m\u00e9tal}}=45,2\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Questions préliminaires

P.1 Pourquoi fait-on circuler le fluide chaud dans le tube central ? [1pt]

P.2 Faire un inventaire des grandeurs connues, et de celles restant à calculer. [2pts]

P.3 Quel est le liquide de refroidissement ? Calculer son débit volumique. [2pts]

1. Étude à co-courant

On souhaite calculer la surface d'échange S correspondant au flux thermique échangé à co-courant. Pour cela, on considère que le fluide chaud entre à l'abscisse $x = 0$, et qu'il sort à l'abscisse $x = L$ (longueur totale du bitube). Pour les deux types d'échangeurs (co-courant et contre-courant), et afin d'éviter toute ambiguïté, on parlera donc de la différence de température côté entrée fluide chaud (ΔT_0), et différence de température côté sortie du fluide chaud (ΔT_L). On pose $C_1 = \rho \cdot \dot{V}_1 c_p$ et $C_2 = \rho \cdot \dot{V}_2 c_p$.

1.1 En vous inspirant de la technologie proposée, faire un dessin du dispositif, en justifiant bien l'appellation échangeur à co-courant. [2pts]

1.2 En supposant que le système est en équilibre thermique, calculer T_{2S} [2pts]

1.3 Pour un échangeur à co-courant, exprimer ΔT_0 et ΔT_L en fonction de T_{1E} , T_{1S} , T_{2E} et T_{2S} . [1pt]

1.4 Exprimer φ en fonction de C_1 , C_2 , T_{1E} , T_{1S} , T_{2E} et T_{2S} . [2pts]

1.5 D\u00e9duire de ce qui pr\u00e9c\u00e8de une expression de φ en fonction de C_1 , C_2 , ΔT_L et ΔT_0 [2pts]

1.6 Calculer ΔT_0 et ΔT_L [1pt]

1.7 Calculer φ flux de chaleur thermique \u00e9chang\u00e9 entre les fluides 1 et 2. [2pts]

1.8 Calculer $MLDT$, et en d\u00e9duire S , la surface d'\u00e9change utile. [2pts]

Le bar\u00e8me est donn\u00e9 \u00e0 titre indicatif, et pourra \u00eatre modifi\u00e9

2. Étude à contre-courant

On souhaite refaire la même étude avec un échangeur à contre-courant, avec la même surface d'échange, mais on ne connaît pas les nouvelles valeurs de T_{1S} et T_{2S} qui sont à calculer avec ce nouvel échangeur, ainsi que la nouvelle valeur de φ , qui sera à comparer avec celle obtenue pour l'échangeur à co-courant..

2.1 Rappeler les expressions de ΔT_0 et ΔT_L en fonction de T_{1E} , T_{1S} , T_{2E} et T_{2S} dans le cas d'un échangeur à contre courant. **[1pt]**

2.2 En partant de $\varphi = C_1(T_{1E} - T_{1S}) = C_2(T_{2S} - T_{2E})$, exprimer $\frac{\varphi}{C_1}$ et $\frac{\varphi}{C_2}$, puis $\varphi(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2})$ en fonction de ΔT_L , ΔT_0 **[2pts]**

2.3 À l'aide de ce qui précède, montrer que $\frac{\Delta T_0}{\Delta T_L} = \exp[hS(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2})]$ **[2pts]**

2.4 On pose $K_e = \exp[h.S.(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2})]$ et $K_v = \frac{C_1}{C_2}$. Montrer que $\begin{cases} K_e \cdot T_{1S} + T_{2S} = T_{1E} + K_e T_{2E} \\ K_v \cdot T_{1S} + T_{2S} = K_v \cdot T_{1E} + T_{2E} \end{cases}$ **[2pts]**

2.5 En déduire les expressions de ΔT_m , T_{1S} et T_{2S} dans le cas d'un échangeur à contre courant. **[2pts]**

2.6 Application numérique : calculer K_v , K_e , T_{1S} et T_{2S} **[0,5pt + 0,5pt] + [2pts]**

2.7 En déduire la valeur du flux thermique échangé φ_{CC} **[1pt]**

2.8 Comparer les flux thermiques échangés et conclure. **[1pt]**

Le barème est donné à titre indicatif, et pourra être modifié