

Solution 4 :**1.**

On a $\Delta T = (20 - 5) = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ sur le fluide froid. Le fluide chaud entre à $T_{ce} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, ce qui doit permettre un ΔT nettement plus important. Les fluides étant les mêmes des deux côtés, q_{mf} est certainement supérieur à q_{mc} , d'où $q_f > q_{tc}$ car la chaleur massique C_p dépend très peu de la température. Par conséquent, *a priori* :

$$q_{t \min} = q_{tc}$$

puisque le fluide qui accuse le plus grand ΔT est celui qui a le plus petit débit thermique unitaire (§ 3.1).

2.

Les données ne portent que sur trois températures aux bornes et un débit. Le débit inconnu q_{mf} ne peut pas être calculé directement ; l'efficacité non plus puisque ici $E = E_c$ et on ne connaît pas T_{cs} . On va donc procéder par approximations successives à partir d'une estimation empirique de q_{mf} , en calculant NUT , puis E au moyen de l'abaque (!! dernier rappel : *abaque* est un nom masculin, on dit **un** abaque, fermez la parenthèse) et enfin T_{fs} que l'on va comparer à la valeur imposée $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

♣ Choisissons comme valeur de départ :

$$q_{mf} = 15000 \text{ kg} / \text{h} = 4,166 \text{ kg} / \text{s}$$

$$NUT = \frac{k \Sigma}{q_{t \min}} = \frac{k \Sigma}{q_{tc}} \quad \text{avec} \quad \Sigma = 50 \text{ m}^2$$

$$q_{mc} = 5000 / 3600 = 1,39 \text{ kg} / \text{s}$$

D'après les tables numériques, $C_{pc} \approx 1006 \text{ J} / \text{kg} \text{ }^\circ\text{K}$ très peu dépendant de T . Soit :

$$q_{tc} = q_{mc} C_{pc} = 1400 \text{ W} / \text{K}$$

Dans ces conditions :

$$k = 3,6 q_{mf} + 65 = 3,6 \times 4,166 + 65 = 80 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$NUT = \frac{80 \times 50}{1400} = 2,86$$

$$R = \frac{q_{tc}}{q_{tf}} = \frac{q_{mc}}{q_{mf}} \quad \text{puisque} \quad C_{pc} \approx C_{pf}$$

$$R = 1,39 / 4,166 = 0,333$$

En reportant sur l'abaque, on trouve pour l'efficacité : $E \approx 0,85$

Puisque $q_{t \min} = q_{tc}$, nous avons (formules 3.10) :

$$E = E_c = \frac{1}{R} E_f = \frac{1}{R} \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}}$$

d'où l'on tire :

$$\begin{aligned} T_{fs} &= T_{fe} + R E (T_{ce} - T_{fe}) \\ &= 5 + 0,333 \times 0,85 \times (80 - 5) \end{aligned}$$

soit :

$$T_{fs} = 26,25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Cette valeur est supérieure à la température imposée ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) ; on a donc pris un débit q_{mf} trop faible.

◆ Reconnaissons l'opération avec :

$$q_{mf} = 25000 \text{ kg} / \text{h} = 6,945 \text{ kg} / \text{s}$$

La trame du raisonnement est identique ; q_{tc} est inchangée = $1400 \text{ W} / \text{K}$

$$k = 3,6 \times 6,945 + 65 = 90 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} ; \quad NUT = \frac{90 \times 50}{1400} = 3,2$$

$$R = 1,39 / 6,945 = 0,2$$

et l'abaque donne : $E \cong 0,9$

$$T_{fs} = 5 + 0,9 \times 0,2 \times (80 - 5)$$

$$T_{fs} = 18,5^\circ \text{C}$$

Nous nous sommes nettement rapprochés de 20°C , mais maintenant T_{fs} est un peu trop faible ; donc q_{mf} est un peu trop grand.

♥ Faisons une troisième tentative avec $q_{mf} = 22500 \text{ kg} / \text{h} = 6,25 \text{ kg} / \text{s}$

$$k = 3,6 \times 6,25 + 65 = 87,5 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

$$NUT = \frac{87,5 \times 50}{1400} = 3,125$$

$$R = 1,39 / 6,25 = 0,222$$

Sur l'abaque, on observe que E est pratiquement inchangée $\cong 0,9$

$$T_{fs} = 5 + 0,9 \times 0,222 \times (80 - 5)$$

$T_{fs} \cong 20^\circ \text{C}$: La convergence est atteinte. La valeur demandée est donc :

$$\boxed{q_{mf} = 22500 \text{ kg} / \text{h} = 6,25 \text{ kg} / \text{s}}$$

3.

Nous pouvons par exemple déduire T_{cs} du bilan global de l'échangeur (3.1) :

$$q_{tc} (T_{ce} - T_{cs}) = q_{tf} (T_{fs} - T_{fe}) \quad \text{d'où :}$$

$$T_{cs} = T_{ce} - \frac{q_{tf}}{q_{tc}} (T_{fs} - T_{fe}) = 80 - \frac{6,25}{1,39} (20 - 5)$$

puisque $q_{tf} / q_{tc} = q_{mf} / q_{mc}$. Finalement :

$$\boxed{T_{cs} = 12,5^\circ \text{C}}$$

Le bilan sur le fluide chaud (ou froid) donne enfin la puissance Φ de l'échangeur :

$$\Phi = q_{tc} (T_{ce} - T_{cs}) = 1400 \times (80 - 12,5)$$

$$\boxed{\Phi = 94500 \text{ W}}$$