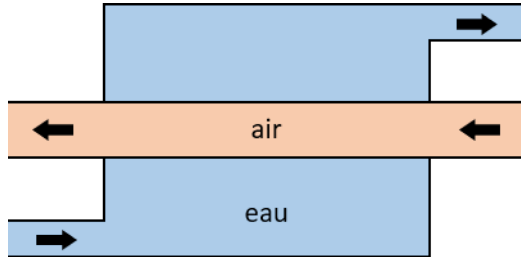


# RÉFRIGÉRANT À EAU

De l'air chaud ( $P_1 = 6 \text{ bar}$ ,  $T_1 = 500 \text{ K}$ ) est refroidit de façon isobare jusqu'à la température  $T_0 = 300 \text{ K}$  dans un échangeur parfaitement calorifugé. La capacité thermique massique de l'air à pression constante vaut :  $c_p = 1,0 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Le fluide réfrigérant est constitué par de l'eau, de capacité  $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , qui entre à  $T_e = 12 \text{ }^\circ\text{C}$  et qui sort à la température  $T_s$ . Le débit de l'eau est  $D_e = 100 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$  et celui de l'air est  $D_a = 6,5 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ . On suppose le régime permanent atteint.



Données : entropie d'un gaz parfait et d'une phase liquide idéal.

$$s_{\text{GP}} = c_p \ln(T) + \frac{R}{M} \ln(P) + s_0 \quad \text{et} \quad s_{\text{L}} = c \ln(T) + s_0 \quad \text{avec} : \quad s_0 = \text{cte}$$

1) Déterminer  $T_s$ .

## Correction

On note  $\mathcal{P}_{\text{eau} \rightarrow \text{air}}$  la puissance thermique transférée de l'eau vers l'air, et  $\mathcal{P}_{\text{air} \rightarrow \text{eau}}$  celle de l'air vers l'eau. Puisque l'échangeur est parfaitement calorifugé :  $\mathcal{P}_{\text{eau} \rightarrow \text{air}} = -\mathcal{P}_{\text{air} \rightarrow \text{eau}}$ .

Premier principe industriel sur l'air :

$$D_a \Delta h_a = \mathcal{P}_{\text{eau} \rightarrow \text{air}} \quad \Rightarrow \quad D_a c_p (T_0 - T_1) = \mathcal{P}_{\text{eau} \rightarrow \text{air}}$$

Premier principe industriel sur l'eau :

$$D_e \Delta h_e = \mathcal{P}_{\text{air} \rightarrow \text{eau}} \quad \Rightarrow \quad D_e c (T_s - T_e) = \mathcal{P}_{\text{air} \rightarrow \text{eau}}$$

On somme les deux expressions obtenues :

$$D_a c_p (T_0 - T_1) + D_e c (T_s - T_e) = 0 \quad \Rightarrow \quad T_s = T_e + \frac{D_a c_p}{D_e c} (T_1 - T_0) = 15,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) Déterminer le débit d'entropie créée (entropie créée par unité de temps) dans le dispositif.

## Correction

On applique le deuxième principe sur { l'air + l'eau } qui est un système parfaitement calorifugé, donc  $S_e = 0$ .

$$\Delta \dot{S} = \dot{S}_c \quad \text{avec} : \quad \Delta \dot{S} = D_a \Delta s_{\text{GP}} + D_e \Delta s_{\text{L}} = D_a c_p \ln\left(\frac{T_0}{T_1}\right) + D_e c \ln\left(\frac{T_s}{T_e}\right)$$

On en déduit le débit d'entropie créée :

$$\dot{S}_c = D_a c_p \ln\left(\frac{T_0}{T_1}\right) + D_e c \ln\left(\frac{T_s}{T_e}\right) = 1,2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$