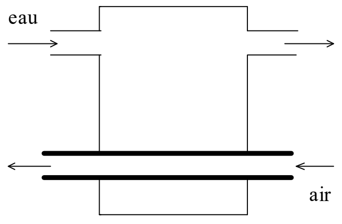
3.1 Systèmes ouverts-Exercice 11

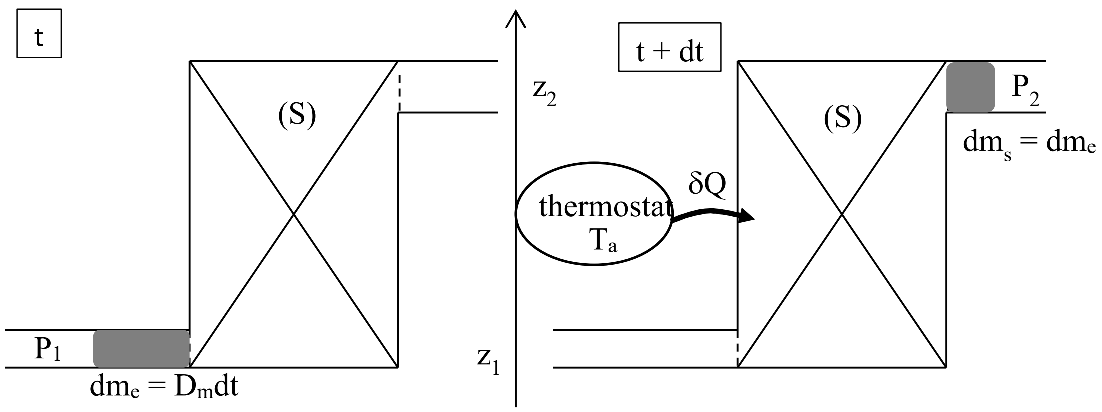
1- Etablir l'expression du premier principe de la thermodynamique pour un fluide s'écoulant lentement en régime stationnaire dans une machine thermique, avec un débit massique D_m.

2- De l'air chaud ($P_1 = 6$ bars, $T_1 = 500$ K, $M = 29$ g/mol, $\gamma = 1{,}4$) est refroidi de façon isobare jusqu'à la température T_0 de 300 K, dans un échangeur parfaitement calorifugé.
Le fluide réfrigérant est constitué par de l'eau (capacité thermique massique $c = 4{,}18$ kJ.K^{-1}.kg^{-1}) qui entre à la température $\theta_e = 12$°C et qui sort à θ_s.
Le débit massique d'eau est $d = 100$ g/s et celui de l'air $D = 6{,}5$ g/s.

Calculer θ_s.



1.



Système ouvert (S) : le fluide dans la machine
Système fermé $(S^*) = (S)_t + dm_e = (S)_{t+dt} + dm_s$

<u>Premier principe</u> à (S*) entre t et t+dt : $dU_{(S^*)} = \delta W + \delta Q$

On a : $dU_{(S^*)} = dm_e(u_2 - u_1)$
$\delta Q = q\,dm_e$ (q : transfert thermique massique reçu par le fluide dans la machine)
$\delta W = \delta W_{machine\to fluide} + \delta W_{pression\ amont} + \delta W_{pression\ aval} = w_u dm_e + P_1v_1dm_e - P_2v_2dm_e$ (w_u : travail utile)

D'où : $u_2 + P_2v_2 - u_1 - P_1v_1 + = w_u + q$ Soit : $\boxed{\Delta h = w_u + q}$

En revenant à l'unité de temps, on a aussi : $\boxed{D_m\Delta h = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{th}}$ avec D_m débit massique

2-On applique la relation précédente à l'eau : $d\Delta h_{eau} = \mathcal{P}_{air\to eau}$ soit : $dc(\theta_s - \theta_e) = \mathcal{P}_{air\to eau}$

On applique la relation précédente à l'air : $D\Delta h_{air} = \mathcal{P}_{eau\to air}$ soit : $D\dfrac{\gamma R}{M(\gamma-1)}(T_0 - T_1) = \mathcal{P}_{air\to eau}$

Or $\mathcal{P}_{air\to eau} + \mathcal{P}_{eau\to air} = 0$ donc $D\dfrac{\gamma R}{M(\gamma-1)}(T_0 - T_1) + dc(\theta_s - \theta_e) = 0$

D'où : $\boxed{\theta_s = \theta_e + \dfrac{D\gamma R}{Mcd(\gamma-1)}(T_1 - T_0)}$ A.N : <u>$\theta_s = 15$°C</u>
