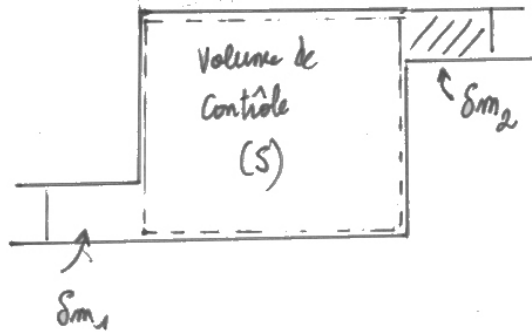


## Renouvellement de l'air dans l'habitat (CCP/PC - 2023)

Q1)



Soit  $(S^*)$  le système fermé alors :

$$\begin{cases} m(S^*, t) = m(S, t) + \delta m_1 \\ m(S^*, t+dt) = m(S, t+dt) + \delta m_2 \end{cases}$$

Or dans  $(S^*)$  le système fermé :  $dm(S^*) = 0$

$$\Rightarrow m(S, t+dt) + \delta m_2 = m(S, t) + \delta m_1$$

Or en régime stationnaire :  $m(S, t+dt) = m(S, t) \Rightarrow \delta m_1 = \delta m_2$

$$\text{et } \frac{\delta m_1}{dt} = \frac{\delta m_2}{dt} = \dot{m} \quad (1)$$

Q2) Soit  $\delta W_p = \delta W_1 + \delta W_2$ , or le système fermé gagne  $\delta V_2$  et perd  $\delta V_1$  d'où :

$$\delta W_p = -p_1(-\delta V_1) - p_2(\delta V_2)$$

$$\Rightarrow W_p = +p_1 \frac{\delta V_1}{\delta m_1} - p_2 \frac{\delta V_2}{\delta m_2} \quad \text{Volume massique.}$$

$$\Rightarrow W_p = p_1 v_1 - p_2 v_2 \quad \text{or } v = \frac{1}{\rho} \Rightarrow W_p = p_1 / \rho_1 - p_2 / \rho_2 \quad (2)$$

Q3) On effectue un bilan d'énergie interne :

$$\begin{cases} U(S^*, t+dt) = U(S, t+dt) + \delta U_2 \\ U(S^*, t) = U(S, t) + \delta U_1 \end{cases}$$

Donc  $\underbrace{dU(S^*)}_{=dU} = \underbrace{dU(S)}_{=0 \text{ en régime stationnaire}} + \delta U_2 - \delta U_1$  avec  $\delta U = \mu \delta m$ .

$$\begin{aligned} \Rightarrow dU &= \mu_2 \delta m_2 - \mu_1 \delta m_1 \quad \text{d'où} \quad dU = \delta m (\mu_2 - \mu_1) \\ \Rightarrow \underline{dU} &= \underline{\delta m (\mu_2 - \mu_1) dt} \quad (3) \end{aligned}$$

Q4) D'après le premier principe appliqué à  $S^*$ :

$$dU + dE_p + dE_c = \delta W_p + \delta W_u + \delta Q$$

$$\Leftrightarrow \delta m dt \left[ (u_2 + e_{p2} + e_{c2}) - (u_1 + e_{p1} + e_{c1}) \right] = \left( \frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_2} \right) \delta m + \delta W_u + \delta Q$$

On divise par  $dt$  :  $\delta m \left[ u + e_p + e_c \right]_1^2 = \left[ \frac{P}{\rho} \right]_2^1 \delta m + P_u + P_{th}$  où  $\begin{cases} P_u = \delta W_u / dt \\ P_{th} = \delta Q / dt \end{cases}$

or  $u + P/\rho = h$

$$\text{donc } \underline{\delta m \left[ (h_2 + e_{c2} + e_{p2}) - (h_1 + e_{c1} + e_{p1}) \right]} = \underline{P_u + P_{th}} \quad (4)$$

Q5) Par définition :  $T_1 - T_2 = R_{th} \cdot P_{th,p} \Rightarrow R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{P_{th,p}} = \frac{20}{5000}$

$$\Rightarrow \underline{P_{th} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kW}^{-1}}$$

Q6) Soit  $C_p - C_v = mR$   
 $= \frac{m}{M} R \Rightarrow \overset{\text{massique}}{C_p - C_v} = R/M$

or  $C_p/C_v = \gamma \Rightarrow \gamma C_v - C_v = R/M$  d'où  $C_v = \frac{R}{M} \frac{1}{\gamma - 1}$

$$\Rightarrow \underline{C_p = 1,0 \cdot 10^3 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}}$$

et  $C_p = \frac{R}{M} \frac{\gamma}{\gamma - 1} = \frac{8,31 \cdot 1,4}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}$

Q7) Pour l'air neuf:  $P_1 = \dot{m} (h'_{ext} - h_{ext})$   
 car il y n'y a pas de parties motrices:  $P_u = 0$   
 $\Delta e_c$  et  $\Delta e_p = 0$  d'après l'énoncé.

De même pour l'air vicié:  $P_2 = \dot{m} (h'_{int} - h_{int})$

• d'échangeur étant parfaitement isolé du reste du système:  $P_1 = -P_2$

d'où  $h'_{int} - h_{int} = h_{ext} - h'_{ext}$

or  $\Delta h = c_p \Delta T$  pour les gaz parfaits d'où:  $\underline{T'_{int} - T'_{int} = T'_{ext} - T_{ext}}$  (5)  
 $\Rightarrow \underline{T'_{int} = 5^\circ C}$

Q8) Pour l'air de la pièce, l'application du PPF donne:

$$\begin{aligned} \text{reçu par l'air} &\rightarrow P_{th,a} = \dot{m} [h'_{int} - h'_{ext}] \\ \text{insufflé} & \\ \Rightarrow P_{th,a} &= \dot{m} c_p (T'_{int} - T'_{ext}) \quad (6) \\ &= 150/3600 \times 1000 \times 5 \\ &= \underline{\underline{208 W}} \end{aligned}$$

Q9) Il faut tenir compte des pertes par les parois et de la puissance de chauffage fournie à l'air insufflé:  $\Rightarrow \underline{P_c = P_{th,a} + P_{th,p}} = \underline{\underline{5,2 kW}}$

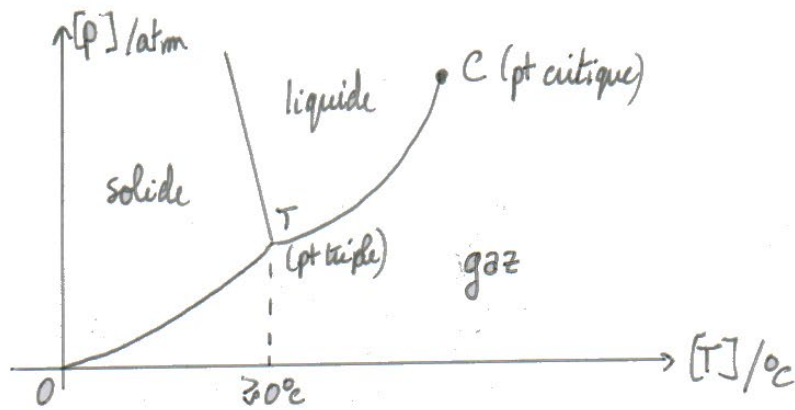
Q10) Avec une VMC simple flux:  $P'_{th,a} = \dot{m} c_p (T'_{int} - T_{ext}) = \frac{26}{5} P_{th,a}$   
 $= 833 W$

$$\text{D'où } \underline{P'_c = P'_{th,a} + P_{th,p}} = \underline{\underline{5,8 kW}}$$

$$\text{D'où } \frac{P'_c - P_c}{P'_c} = \underline{\underline{11\%}}$$

• Si l'échangeur thermique était parfait:  $P_c = 5 kW \Rightarrow \frac{P'_c - P_c}{P'_c} = 14\%$

Q11)



Pt triple : point où coexistent les 3 phases

pt critique : point au delà duquel il y a continuité de l'état fluide.

Q12). loi de Dalton :  $p_0 = p_{as} + p_e$  (2)

de degré hygrométrique :  $\varphi = \frac{p_e}{p_{e,sat}} \Rightarrow p_e = \varphi p_{e,sat} = 0,55 \times 2300 = 1,3 \text{ kPa}$   
 $\Rightarrow p_{as} = p_0 - p_e = 101325 - 1265 = 100060 \text{ Pa} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Loi des GP : 
$$\begin{cases} m_e = \frac{p_e V}{RT} \cdot M_e = \frac{1265 \times 50}{8,314 \times 293} \times 18 \cdot 10^{-3} = 0,47 \text{ kg} \\ m_{as} = \frac{p_{as} V}{RT} \cdot M_a = \frac{10^5 \times 50}{8,314 \times 293} \times 29 \cdot 10^{-3} = 60 \text{ kg} \end{cases}$$

D'où  $\varphi = \frac{m_e}{m_{as}} = 7,9 \cdot 10^{-3}$

Q13) Si  $\varphi = 100\% \Rightarrow p_e = p_{e,sat} = 2,3 \text{ kPa} \Rightarrow p_{as} = 99,0 \text{ kPa}$

d'où  $\begin{cases} m_e = 0,85 \text{ kg} \\ m_{as} = 59 \text{ kg} \end{cases} \Rightarrow \text{Il faut évaporer } 0,85 - 0,47 = 0,38 \text{ kg}$

or  $\rho_{eau} = 1 \text{ kg/L} \Rightarrow \underline{V_e = 0,38 \text{ L}}$

Q14) Bilan de masse :  $dM = \delta M_{\text{ich}} + \delta M_c$

$$\text{or } M = CV$$

$$\begin{cases} \delta M_{\text{ich}} = \delta M_c - \delta M_s = C_{\text{ext}} \cdot Dv dt - C(t) Dv dt \\ \delta M_c = S dt \end{cases}$$

$$\text{d'où } \frac{\partial C}{\partial t} dt V = C_{\text{ext}} \cdot Dv dt - C(t) Dv dt + S dt$$

$$\Rightarrow \frac{dC}{dt} + \frac{Dv C}{V} = \frac{Dv}{V} C_{\text{ext}} + \frac{S}{V}$$

Pour avoir  $C = C_{\text{lim}}$ , on se place en régime permanent d'où :

$$C_{\text{lim}} = C_{\text{ext}} + S / Dv, m$$

$$\Rightarrow Dv, m = \frac{S}{C_{\text{lim}} - C_{\text{ext}}}$$

$$\text{Q15) Soit } \rho_{\text{air}} = \frac{M_a P_a}{RT} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \Rightarrow Dv = \frac{Dm}{\rho} = 125 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{On calcule } Dv_m = \frac{0,30 / 3600}{0,01 - 0,007} = 2,77 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ ou } \underline{\underline{100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}}$$

Donc le débit choisit est supérieur à celui nécessaire. On pourra donc bien maintenir un taux d'humidité satisfaisant

