Écoulement d'un fluide dans une machine thermique

On tient compte ici de l'écoulement du fluide

fluide frigorigène

mélange air-essence d'un moteur

I Exercice

[TD 4" exo 1]

$\boxed{1/1}$

$$U_{\Sigma_i(t+dt)} - U_{\Sigma_i(t)} = u_s \delta_m - u_e \delta_m$$
$$= \delta_m (u_s - u_e)$$

$\boxed{1/2}$

Syst fermé : 1er ppe :

$$dU + \cancel{dE_c} + \cancel{dE_p} = \delta W_p + \delta W^* + \delta Q$$

donc $\quad \delta_m (u_s - u_e) = \delta W^* + \delta Q + \delta W_{amont} + \delta W_{aval}$

rpl

$$\delta W = -P_{ext} dV \Rightarrow \begin{cases} \delta W_{amont} = -P_e(-\delta_m v_e) = P_e \delta_m v_e > 0 \\ \delta W_{aval} = -P_s(+\delta_m v_s) = -P_s \delta_m v_s < 0 \end{cases}$$

δW_{amont}

δW_{aval} fournit du travail au fluide en le poussant

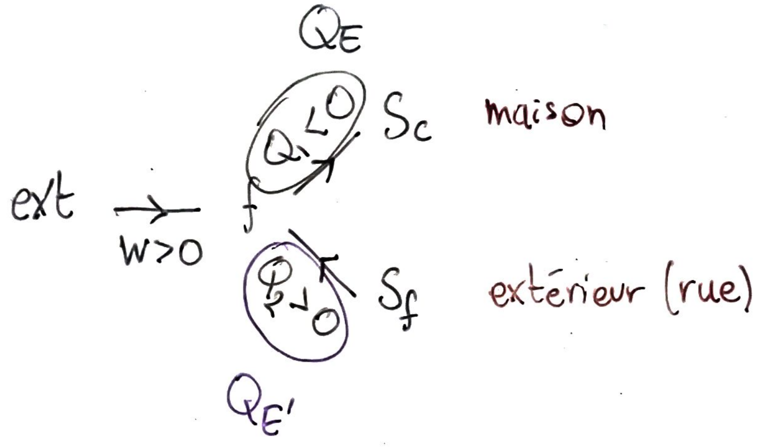
$$\delta_m (u_s - u_e) = \delta_m (P_e v_e - P_s v_s) + \delta W^* + \delta Q$$

ie $\quad \delta_m \big(\underbrace{u_s + P_s v_s}_{h_s} - (\underbrace{u_e + P_e v_e}_{h_e}) \big) = \delta W^* + \delta Q$

$$\boxed{\delta_m (h_s - h_e) = \delta W^* + \delta Q}$$

1er ppe pour un syst en écoulement

$\boxed{1/3}$



donc E dans la maison

E' dans l'extérieur

$\boxed{1/4}$

$$e = -\frac{Q_1}{W} = \frac{-Q_1}{-(Q_1+Q_2)} = \frac{Q_1}{Q_1+Q_2}$$

$$e = \frac{\delta Q_1}{\delta Q_1 + \delta Q_2} \quad \text{or} \quad \begin{cases} \delta Q_1 = \delta Q_E = \cancel{\delta W^*} + \delta Q \\ \delta Q_2 = \delta Q_{E'} = \cancel{\delta W^*} + \delta Q \end{cases}$$

$$\text{donc} \quad \begin{cases} \delta Q_1 = \delta m (h_s - h_e) = \delta_m C_p (T_3 - T_2) \\ \delta Q_2 = \delta_m (h_s - h_e) = \delta_m C_p (T_1 - T_4) \end{cases}$$

$$e = \frac{T_3 - T_2}{T_3 - T_2 + T_1 - T_4} = 3{,}8$$

$\boxed{1/6/a}$ 1^{er} principe pour C

car calorifugé

$$\delta_m (h_s - h_e) = \delta W^* + \cancel{\delta Q}$$

$$= \delta_m C_p (T_2 - T_1)$$

$$= 95 \ kJ \cdot kg^{-1} > 0$$

Le fluide reçoit un travail

$\boxed{1/6/b}$ 1^{er} principe pour T

$$\delta_m (h_s - h_e) = \delta_m C_p (T_4 - T_3)$$

$$= -82 \ kJ \cdot kg^{-1} < 0$$

Le fluide fournit un travail

$\boxed{1/6/c}$

$$\delta W_{moteur} = \delta W_c^* + \delta W_T^* = 13 \ kJ \cdot kg^{-1} > 0$$

Le travail de la turbine sert au compresseur, il y a beaucoup moins à fournir au fluide

$\boxed{1/7/a}$

$$\Delta H = C_p(T_f - T_i)$$

$$dH = \delta m \, C_p (T_f - T_i)$$

or $$D_m = \frac{\delta m}{dt}$$

$$dH = D_m \, dt \, (T_f - T_i)$$

d'où $$\frac{dH}{dt} = D_m (T_f - T_i)$$

$\boxed{1/7/b}$

pour E : $$\left|\frac{dH}{dt}\right| = D_m \, C_p \, |T_3 - T_2|$$

$$= \left|\frac{\delta Q_E}{dt}\right| = P$$ puissance

$$D_m = \frac{P}{C_p \; T_3 - T_2} = \frac{20\,\cancel{000}}{1\,\cancel{000} \cdot 5\cancel{0}} = 0{,}4 \ \text{kg} \cdot s^{-1}$$

II 1^er principe

quelques examples d'objets

[images annotées]
(à mettre sur
cette page)

[schéma syst ouvert]
(idem)

Σ' : fermé

$$\delta m (u_s - u_e) = \delta m (w_u^* + q) + P_e \, \delta m \, v_e - P_s \, \delta m \, v_s$$

ie $\delta m (u_s + P_s v_s - (u_e + P_e v_e)) = \delta m (w_u^* + q)$

ie $\boxed{h_s - h_e = w_u^* + q}$

ie $\boxed{\Delta h = w_u^* + q}$

grandeurs massiques

autre forme : $\delta m \, \Delta h = W_u^* + Q$

÷ temps

ie $\boxed{\underbrace{D_m}_{\text{débit}} \Delta h = P_u^* + \underbrace{P_{th}}_{\text{puiss. thermique}}}$

$D_m (h_s - h_e)$

1er principe pour un écoulement stationnaire

tq E_c, E_p const.

III Exercice avec diagramme enthalpique

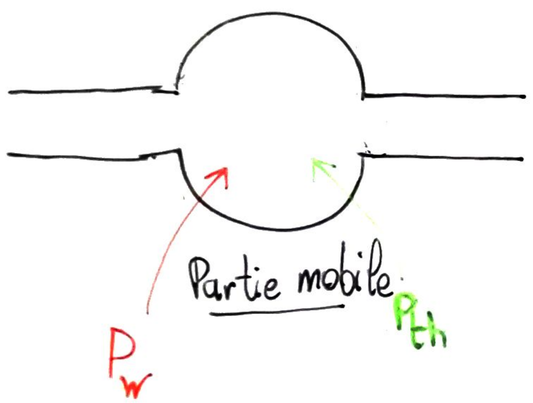
[TD4 " : ex 2]

$\boxed{2.3}$

$$GP \Rightarrow \begin{cases} U \overset{!}{\leftrightarrow} T \\ H \overset{!}{\leftrightarrow} T \end{cases} \Rightarrow h = \text{const} \overset{GP}{\Longleftrightarrow} T = \text{const}$$

Pour les basses températures, ($\leq$ 2 bar), les isenthalpiques sont aussi des isothermes c'est le propre du GP.

$\boxed{2.4}$



$h_1 = 405 \ kJ \cdot kg^{-1}$

$s_1 = 1{,}75 \ kJ \cdot kg^{-1}$

$\boxed{2.5}$ $p_2 = 18$ bar $\quad h_2 = 440 \ kJ \cdot kg^{-1}$

$T_2 = 70°C \quad s_2 = s_1$

2/6

1^{er} ppe

$$D_m(h_s - h_e) = P_w + P_{th}$$

Par le compresseur:

$$D_m(h_2 - h_1) = P_m + \underbrace{0}_{car}$$

$$\Rightarrow P_m = 0{,}1(440 - 405) = 3{,}5 \ kJ \cdot s^{-1} = 3{,}5 \ kW$$

$P_m > 0 \Rightarrow$ reçue

2/7

$$h_3 = 285 \ kJ \cdot kg^{-1}$$

2/8

1^{er} principe (condenseur): $D_m(h_s - h_e) = \cancel{P_w} + \cancel{P_{th}} = 0$

d'où $h_4 = h_3$

2/9

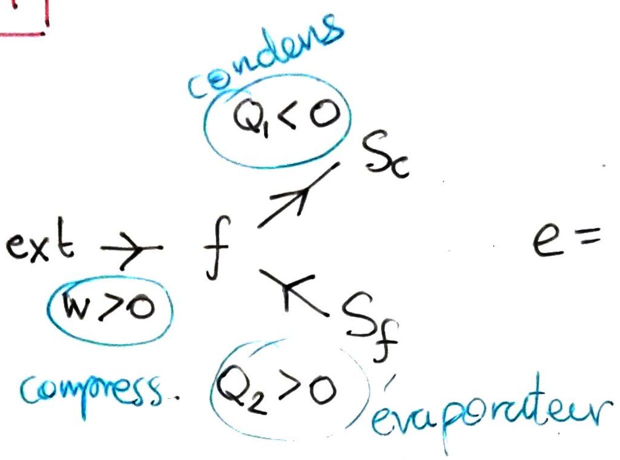
$T_4 = 0°C$

$x_4 = 45\%$

2/10 1^{er} principe $D_m(h_s - h_e) = \cancel{P_w} + P_{th}$

ici $D_m(h_1 - h_4) = P_e = 0{,}1 \cdot (405 - 285) = 12 \ kW$

2/11



$$e = \frac{Q_2}{W} = \frac{P_e}{P_m} = \frac{12}{3{,}5} \approx 3{,}4$$

2/12

$$e_c = \underbrace{\frac{T_2}{T_1 - T_2}}_{\text{cours}} = \frac{\overbrace{273}^{T_4}}{\underbrace{60}_{T_3 - T_4}} \approx 4{,}55$$

$$T_{evap} = T_4 = 0\ °C$$

$$T_{liq} = T_3 = 60\ °C$$