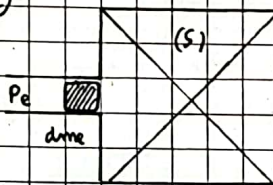


III Du réacteur aux turbines

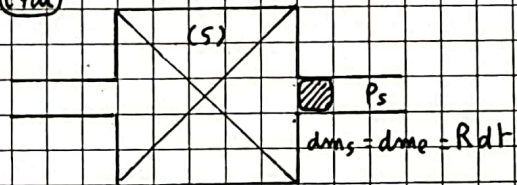
III A Approche générale

Q 25.

(E)



(t+dt)



Système ouvert (S): le fluide dans la machine

Système fermé (S*) : (S)_t + dme = (S)_{t+dt} + dms

Premier principe à (S*) entre t et t+dt, en négligeant les énergies cinétiques et potentielles:

$$dU_{(S^*)} = \delta W_{\text{ext} \rightarrow (S^*)} + \delta Q_{\text{ext} \rightarrow (S^*)}$$

$$\begin{aligned} \text{On a: } dU_{(S^*)} &= U_{(S^*)}(t+dt) - U_{(S^*)}(t) \\ &= U_{(S)}(t+dt) - U_{(S)}(t) + U_{dms} - U_{dme} \\ &= U_{dms} - U_{dme} \quad \text{en régime stationnaire} \\ &= dms \cdot u_s - dme \cdot u_e \\ &= R dt (u_s - u_e) \end{aligned}$$

$$\delta Q_{\text{ext} \rightarrow (S^*)} = P_H dt$$

$$\begin{aligned} \delta W_{\text{ext} \rightarrow (S^*)} &= \delta W_{\text{machine}} + \delta W_{\text{pression avant}} + \delta W_{\text{pression aval}} \\ &= P_v dt + P_e dme - P_s v_s dms \quad (\text{or: volume manique}) \end{aligned}$$

$$\text{donc: } R dt (u_s - u_e) = P_H dt + P_v dt + (P_e v_e - P_s v_s) R dt$$

$$R (u_s + P_s v_s - u_e - P_e v_e) = P_H + P_v \Rightarrow \boxed{R (h_s - h_e) = P_v + P_H}$$

III B Analyse du cycle

$$Q 27. \quad h_f \approx 3000 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q 28. \quad h_B = x_B h_{\text{vap}}(11 \text{ bar}) + (1-x_B) h_{\text{liq}}(11 \text{ bar}) \quad \text{A.N.: } h_B = 2580 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$h_C = x_C h_{\text{vap}}(0,05 \text{ bar}) + (1-x_C) h_{\text{liq}}(0,05 \text{ bar}) \quad \text{A.N.: } h_C = 2270 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q 29. \quad \text{Par lecture graphique: } h_D \approx 300 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q 30. \quad \text{Conservation du débit dans GV: } R_0 = R_1 + R_2 \quad (1)$$

$$\text{En E on se garde que la vapeur présente en B donc: } R_2 = x_B R_1 \quad (2)$$

$$\text{En C on se garde que le liquide présent en B donc: } R_3 = (1-x_B) R_1 \quad (3)$$

$$Q 31. \quad \text{On applique la généralisation de la question 25 au surchauffeur où: } P_v = 0 \text{ et } P_H = 0$$

On a : $R_3 h_A + R_2 h_E = R_3 h_I + R_2 h_F \Rightarrow R_2 (h_E - h_F) = R_3 (h_I - h_A)$ (4)

Q32 L'énoncé donne $R_0 = 640 \text{ kg s}^{-1}$

(4) $\rightarrow R_3 = R_2 \frac{h_E - h_F}{h_I - h_A}$

(1) $\rightarrow R_0 = R_1 + R_2 \frac{h_E - h_F}{h_I - h_A} \stackrel{(2)}{=} R_1 + x_0 R_1 \frac{h_E - h_F}{h_I - h_A} \Rightarrow R_1 = \frac{R_0}{1 + x_0 \frac{h_E - h_F}{h_I - h_A}}$

A.N : $R_1 = \frac{640}{1 + 0,9 \frac{2781 - 3000}{1268 - 2772}}$

$R_1 = 566 \text{ kg s}^{-1}$

(2) $\Rightarrow R_2 = 509 \text{ kg s}^{-1}$

(3) $\Rightarrow R_4 = 57 \text{ kg s}^{-1}$

Q33 On peut supposer les transformations dans les turbines adiabatiques car :
 notation rapide $\rightarrow$ les échanges de chaleur n'ont pas le temps de se faire
 conception compacte $\rightarrow$ faible surface d'échange thermique

Second principe industriel : $\Delta S = \underbrace{\Delta S_{\text{échange}}}_{=0} + \Delta S_{\text{création}} \Rightarrow \Delta S = \Delta S_{\text{création}} \geq 0$
 (adiabatique)

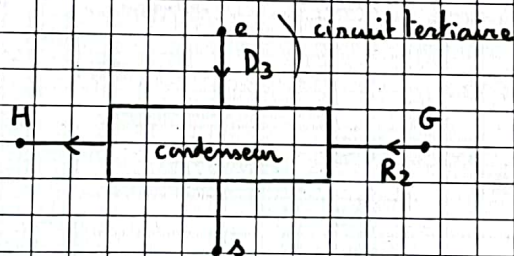
Turbine HP : $\Delta S = s_B - s_A > 0$ d'après la position des points A et B sur le diagramme

Turbine BP : $\Delta S = s_G - s_F > 0$ idem

Dans les deux cas : $\Delta S_{\text{création}} > 0 \Rightarrow$ c'est irréversible

Les causes de l'irréversibilité sont les frottements entre le fluide et les parties mobiles.

Q34



Dans le circuit tertiaire (entrée e, sortie s)
 circule de l'eau liquide de capacité thermique
 massique $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

Généralisation de la question 25 : $D_3 h_s + R_2 h_H - D_3 h_e - R_2 h_G = 0$

$D_3 (h_s - h_e) + R_2 (h_H - h_G) = 0$

$D_3 c \Delta T = R_2 (h_G - h_H) \Rightarrow \Delta T = \frac{R_2 (h_G - h_H)}{D_3 c}$

On veut : $\Delta T < \Delta T_{\text{max}} = 5^\circ \text{C} \Rightarrow \frac{R_2 (h_G - h_H)}{D_3 c} < \Delta T_{\text{max}} \Rightarrow D_3 > \frac{R_2 (h_G - h_H)}{c \Delta T_{\text{max}}}$

A.N : $D_3 > \frac{509 \cdot (2270 \cdot 10^3 - 137,8 \cdot 10^3)}{4,18 \cdot 10^3 \cdot 5} = 5,2 \cdot 10^4 \text{ kg s}^{-1}$

Cela correspond à un volume de 52 m^3 par seconde (pour le Doubs $176 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

Il faut limiter l'élévation de température de la rivière pour des raisons écologiques

III - C Rendement du cycleQ35. Grandeur utile: puissance mécanique récupérée dans les turbines

$$P_u = P_{uHP} + P_{uBP}$$

$$= R_1(h_B - h_A) + R_2(h_C - h_F)$$

Grandeur coûteuse: puissance thermique provenant du réacteur et fournie au fluide dans G-V

$$P_{th} = R_0(h_A - h_D)$$

Le rendement est donc: $\eta = \frac{P_u}{P_{th}} \Rightarrow \eta = \frac{R_1(h_B - h_A) + R_2(h_C - h_F)}{R_0(h_A - h_D)}$

A.N: $\eta = \frac{1566(2580 - 2772) + 509(2270 - 3000)}{640(2772 - 3000)} \Rightarrow \underline{\eta = 0,3}$

C'est comparable au rendement d'un moteur thermique.

Q36. Les modifications en l'absence du surchauffeur sont:

• $R_3 = 0 \Rightarrow R_1 = R_0 = 640 \text{ kg s}^{-1}$

$R_2 = x_0 R_0$

• L'état F est le même que l'état E $\Rightarrow h_F = h_E = 2781 \text{ kJ kg}^{-1}$

En reprenant le calcul de Q35:

$$\eta' = \frac{1640 \cdot (2580 - 2772) + 0,8 \cdot 640(2270 - 2781)}{640 \cdot (2772 - 3000)} \Rightarrow \underline{\eta' = 0,26}$$

Le rendement est un peu plus faible en l'absence de surchauffeur, ce qui fait son intérêt.

Ne rien écrire

dans la partie barrée

P019-DR/20190321 MKIV

