

I Turbine à vapeur

11) On utilise les valeurs de T et P pour les 2 points. Pour
 Eon peut utiliser le fait que $x = 1,00$ (vapeur saturée)

Relier les points est hasardeux car si $A \rightarrow C$ et à $P = \text{cte}$
 pour le reste on dessin a des les turbines de transfoog
 adiabatiques mais rien de plus.

Vo la qustia suivante $A \rightarrow B$ et à $s = \text{cte}$.

Pour le reste ?

12) Sur le graphe on a $s_A = s_B = 6,6 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

G.P et isentropique $\rightarrow$ Laplace $PV^\gamma = \text{cte}$ $\rightarrow$ $P^{1-\gamma} T^\gamma = \text{cte}$

$$T'_B = T_A \left(\frac{P_A}{P_B} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 583 \text{ K} \quad \text{soit } 310^\circ \text{C}$$

à comparer à $T_B = 330^\circ \text{C}$ a priori le modèle

des gaz parfait n'est pas vraiment adapté (en effet
 la pression est un peu forte)

13) On utilise $\dot{D}_m = \text{cte} = \rho v B = \rho_A v_A S_A$

on a $\rho_A = 33 \text{ kg/m}^3$ pour S_A on utilise la doc à la fin

$$\dot{D}_m = 534 \cdot 10^3 \text{ kg/h} = \frac{534}{3,6} \text{ kg/s} \quad \text{de l'énoncé}$$

$$S_A = \pi [(R_0 + a)^2 - R_0^2] \quad \text{avec } R_0 = 0,496 \text{ m} \quad \text{et } a = 4,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{on obtient } v_A = \frac{\dot{D}_m}{\rho_A S_A} = 55 \text{ m/s}$$

$\dot{D}_{mA} = \dot{D}_{mB}$ car régime stationnaire

$$\rho_B = 11 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow v_B = \frac{\dot{D}_m}{\rho_B S_B} = \frac{\dot{D}_m}{\rho_B S_A} = 165 \text{ m/s}$$

Si on applique le 1° principe entre A et B

$$\left(h_B + \frac{v_B^2}{2} \right) - \left(h_A + \frac{v_A^2}{2} \right) = w_0$$

or $v_A' \gg v_B'$ et c'est autant d'énergie qui ne sera pas récupérée par w_v . si $v_A' - v_B' = 0$ c'est le mieux

Sur le m graph on voit que $S_B = \pi [(R_0 + a')^2 - R_0^2] > S_A$

et donc $Dm = \rho_A v_A S_A = \rho_B v_B S_B$, on essaie d'avoir $\rho_S = \rho_{\text{ati}}$

14) On demande la puissance

pour le 1^{er} principe ou premier $Dm \Delta h = P_{th} + P_u$

Pour THB $\rightarrow$ de A à B $Dm (h_B - h_A) = P_u$ car $P_{th} = 0$

$h_B = 3050 \text{ kJ/kg}$ et $h_A = 3500 \text{ kJ/kg}$ d'où $P_u = -67 \text{ MW}$

15) Surchauffeur $Dm (h_C - h_B) = P_{th}$

or $h_C = 3625 \text{ kJ/kg}$ d'où $P_{th} = 85 \text{ MW}$

15) Si on avait une seule turbine avec une évolution isentropique on part de A pour arriver où ?? L'énoncé n'est pas très clair mais on peut supposer qu'on ne jette jusqu'à la saturation soit à B_1 $h_{B_1} = 2775 \text{ kJ/kg}$

d'où $P_u = Dm (h_{B_1} - h_A) = -115 \text{ MW}$

16) la suite $P_{u \text{ total}} = P_{u A \rightarrow B} + P_{u CE}$

or $P_{u CE} = Dm (h_E - h_C)$ et $h_E = 2575 \text{ kJ/kg}$
 $= -156 \text{ MW}$

d'où $P_{u \text{ total}} = -223 \text{ MW}$

$|P_{u \text{ total}}| > P_u$ pour une seule turbine

ou $|P_{u CE}| > P_{th}$ donné ds le surchauffeur, donc on finit on y gagne.

17) Si s'agit de C à D' on a sur la fig 4

$h_{D'} = 310^3 \text{ kJ/kg}$ car $P_{D'} = 4 \text{ bar}$

$$P_{UTM_{rev}} = Dm (h_{D'} - h_c) = -93 \text{ MW}$$

$$\text{or } P_{UTM_{reel}} = Dm (h_D - h_c) = -78 \text{ MW} \quad h_D = 3,1 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}$$

$$P_{pert} = |P_{UTM_{rev}}| - |P_{UTM_{reel}}| = 15 \text{ MW}$$

18) 1^o principe pour l'eau de mer

$$Dm (h_s - h_e) = P_{th \text{ reçu}}$$

$$\text{ici } Dm = \rho_{eau} Q \quad \text{et } h_s - h_e = c_{eau} (\theta_s - \theta_e)$$

$P_{th \text{ reçu}}$ correspond à l'énergie libérée par le vapeur qui se liquéfie

$$\text{or pour le vapeur} \quad dH_{vap} = dm(-l_{vap}) \rightarrow \frac{dH_{vap}}{dt} = Dm_{vapeur} (-l_{vap})$$

or le condenseur est calorifuge d'où $P_{th \text{ reçu}} = - \frac{dH_{vap}}{dt}$
car l'énergie perdue par le vapeur $\frac{dH_{vap}}{dt} < 0$ et récupérée par l'eau de mer.

$$\text{d'où } \rho_{eau} Q c_{eau} (\theta_s - \theta_e) = Dm l_{vap}$$

$$\theta_s = \theta_e + \frac{Dm l_{vap}}{Q c_{eau}} = 24^\circ \text{C}$$

c'est bon $\theta_s < 30^\circ \text{C}$

II Canon

$$\begin{aligned} 7) \quad dS_m &= \frac{1}{T} dU_m + \frac{p}{T} dV_m \quad \text{et } U_m(T) \Rightarrow dU_m = \left(\frac{dU_m}{dT} \right) dT \\ &= \frac{1}{T} \left(\frac{dU_m}{dT} \right) dT + \frac{p}{T} dV_m \end{aligned}$$

$$3) \rightarrow dS_m = \left(\frac{\partial S_m}{\partial T} \right)_{V_m} dT + \left(\frac{\partial S_m}{\partial V_m} \right) dV_m \quad S_m = S_0 + \frac{R}{\gamma-1} \ln T$$

$$\text{d'où } \frac{dU_m}{dT} = T \left(\frac{\partial S_m}{\partial T} \right)_{V_m} = T \times \frac{R}{\gamma-1} \times \frac{1}{T} = \frac{R}{\gamma-1}$$

$$\text{d'où } U_m(t) = \frac{RT}{\gamma-1} + uti$$

$$\text{on a aussi } \frac{P}{V} = \left(\frac{\partial S_m}{\partial V_m} \right)_T = \frac{R}{V_m - b} \rightarrow P(V_m - b) = RT$$

$$\text{or } V_m = \frac{V}{n} \rightarrow P(V - nb) = nRT$$

$$\text{gaz parfait si } nb \ll V \text{ et } U_m = \frac{3}{2}RT = \frac{RT}{\gamma-1}$$

$$\gamma - 1 = 2/3 \rightarrow \gamma = 5/3$$

$$8) C_{V_m} = \left(\frac{\partial U_m}{\partial T} \right)_{V_m} = \frac{R}{\gamma-1} \text{ et } C_{P_m} = \left(\frac{\partial H_m}{\partial T} \right)_P$$

$$\text{or } H_m = U_m + PV_m \rightarrow C_{P_m} = \underline{R}$$

$$= \frac{RT}{\gamma-1} + RT + Pb \rightarrow C_{P_m} = \frac{R}{\gamma-1} + R = \frac{\gamma}{\gamma-1} R$$

on retrouve la relation de Mayer $C_P - C_V = nR$

$$C_{P_m} - C_{V_m} = R$$

9) adiabatique et réversible $\Rightarrow$ isentropique
 $\Rightarrow S_m = uti$

$$\text{d'où } T^{\frac{1}{\gamma-1}} (V_m - b) = uti \quad \text{or } P(V_m - b) = RT$$

$$\text{d'où } T = \frac{P(V_m - b)}{R} \rightarrow P^{\frac{1}{\gamma-1}} (V_m - b)^{\frac{1}{\gamma-1}} (V_m - b) = uti'$$

$$P(V_m - b)^{\gamma} (V_m - b)^{\gamma-1} = P(V_m - b)^{\gamma} = uti''$$

10) Le gaz subit une détente $\rightarrow V \nearrow$ or $\delta W = -P dV$

donc $\delta W < 0$ (le gaz pousse la balle et donne du travail)

De même, c'est non adiabatique, on perd de l'énergie

$$\text{d'où } \delta Q < 0 \Rightarrow \kappa > 0$$

$$dU_m = \delta W + \delta Q = (1 + \kappa) \delta W = (1 + \kappa) (-P dV_m)$$

$$= \frac{R}{\gamma-1} dT$$

$$\text{or } P = \frac{RT}{V_m - b} \quad \frac{R}{\gamma-1} dT = -(1 + \kappa) \frac{RT}{V_m - b} dV_m$$

$$\frac{dT}{T} \frac{1}{\gamma-1} = - (1+k) \frac{dV_m}{(V_m-b)} \rightarrow \frac{dT}{T} = - (1+k)(\gamma-1) \frac{dV_m}{(V_m-b)}$$

on intègre $\ln T = - (1+k)(\gamma-1) \ln(V_m-b) + \text{cte}$

$$T = (V_m-b)^{-\frac{(1+k)(\gamma-1)}{1}} \times \text{cte}'$$

or $T = \frac{P(V_m-b)}{R} \rightarrow P(V_m-b) (V_m-b)^{\frac{(1+k)(\gamma-1)}{1}} = \text{cte}''$
 $P(V_m-b)^{1+\frac{(1+k)(\gamma-1)}{1}} = \text{cte}'$

$$q = 1 - \frac{1+k}{1-\gamma} = \frac{-\gamma-k}{1-\gamma} = \frac{\gamma+k}{\gamma-1} \quad q = 1 + (1+k)(\gamma-1) = k\gamma + \gamma - k$$

11)

$$\vec{F}_p = \iint P d\vec{S} = P \times \pi a' \vec{e}_x$$

$$P = \frac{\text{cte}}{(V_m-b)^q}$$

$$\text{et } \text{cte} = P_i \left(\frac{V_c}{n} - b \right)^q$$

$$\text{et } V_m = V_c + \pi a' x(t)$$

$$\vec{F}_p = P_i \frac{\left(\frac{V_c}{n} - b \right)^q}{\left[(V_c + \pi a' x(t)) - b \right]^q} \vec{e}_x$$

12)

Force conservative si $\vec{F} = - \text{grad } E_p = - \frac{dE_p}{dx} \vec{e}_x$

$$-dE_p = P_i \left(\frac{V_c}{n} - b \right)^q \frac{dx}{\left[(V_c + \pi a' x) - b \right]^q}$$

a priori ça s'intègre $\rightarrow$ conservatif.

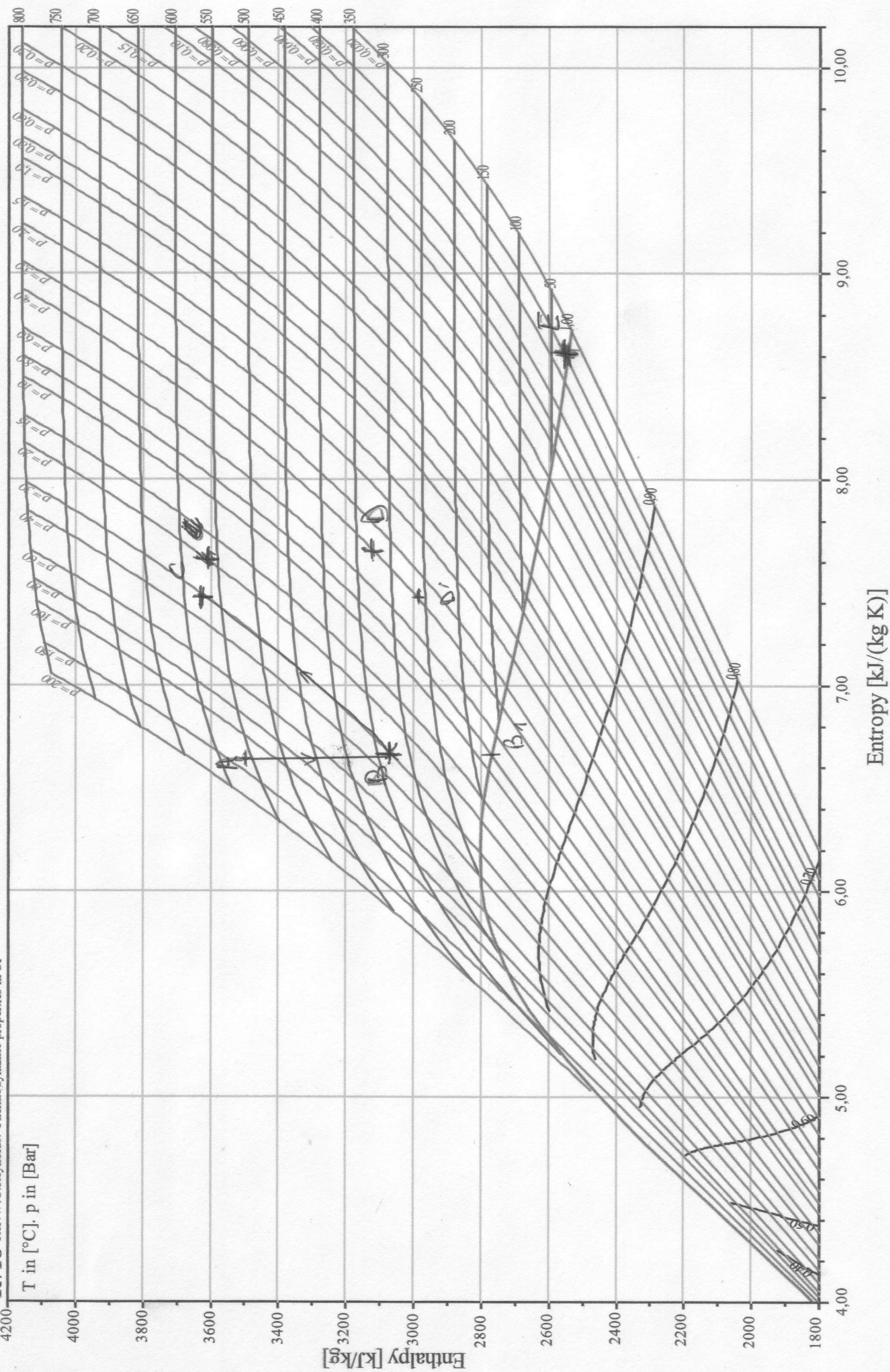


FIGURE 1 – Diagramme de Mollier de l'eau