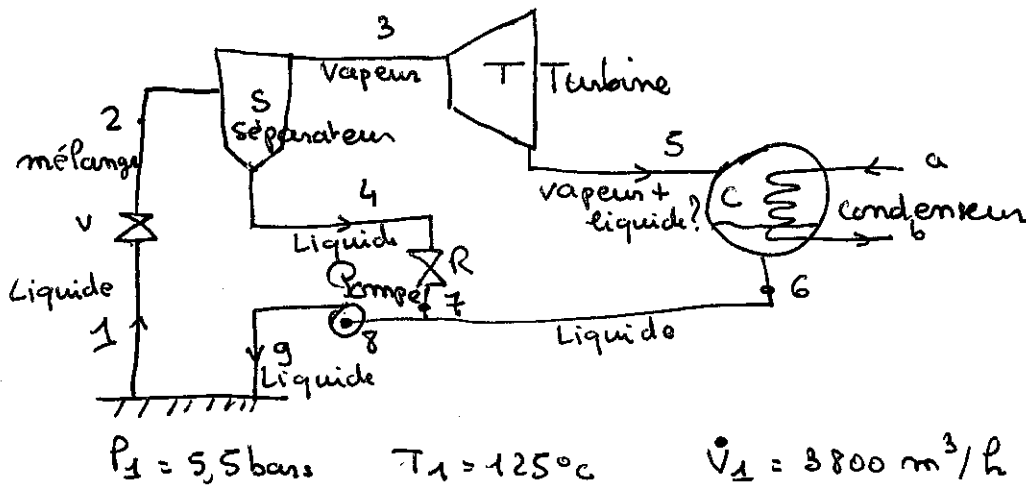


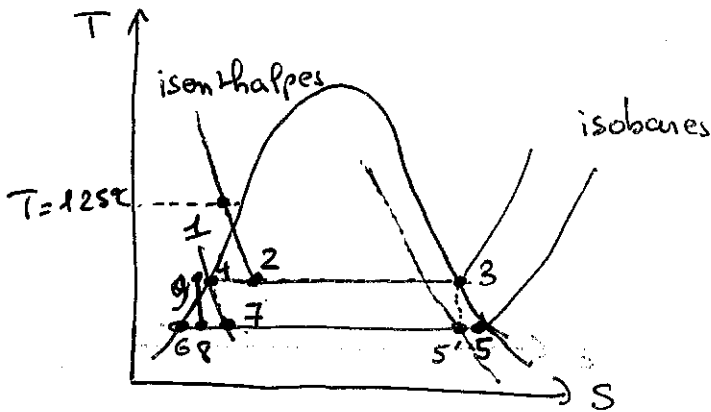
TD n° 7 Gisement géothermique

Schéma de l'installation



1) Questions générales

a) Allure du cycle dans le diagramme (T, S)



1 → 2 détente isenthalpique Joule Thomson jusqu'à une pression P_2

Dans (S) → équilibre entre phases à T° et $P = \text{cte}$

Dans (R) → évolution isenthalpique de $P_4 \rightarrow P_7$, avec $P_7 = P_6$

Dans la turbine (T), le travail pour une détente isentropique

$$W_u = h_3 - h_5$$

Travail réel avec un rendement isentropique de 0,85

$$W_u = 0,85 (h_3 - h'_5) = h_3 - h_5$$

Dans le condenseur C → équilibre entre phases 6 (liquide saturé)

8 → 9 compression isentropique dans la pompe

b) Etat des fluides

n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Etat	Liq	Vap humide	Vap saturée	Liq saturé	Vap humide	Liquide saturé	Vap hum?	Liq?	Liq

selon le taux de détente dans (D, R) on peut avoir différents états

en 5 = vapeur ou vapeur humide

en 7 = liquide au lieu de vapeur humide ?

En 8 : Liquide si en 6 et 7 on a du liquide.

c) Influence du taux de détente dans D

$$\bar{G} = \frac{P_1}{P_2}$$

si $\bar{G} = 1$, On ne produit pas de vapeur, la turbine ne fonctionne pas.

Plus \bar{G} est important, plus on produit de vapeur.

Si \bar{G} est trop grand, la pression entrée de turbine risque d'être trop faible pour assurer un bon rendement.

Il faut que l'écart entre P_3 et P_5 reste suffisamment important.

2) Optimisation de la détente dans V

a) déterminer h_1, h_6, P_5, P_6 et $L_v(T_1)$ et $L_v(T_6)$

à $P = 5,5 \text{ bar}$ et $T_1 = 125^\circ\text{C}$

à 125°C $P_{05} = 2,32 \text{ bar}$ en 1, on est en liquide saturé

sur le diagramme courbes très serrées

$$h_1 \approx h_2(T_1) = 525 \text{ kJ/kg}$$

Enthalpie à la température T_6

$$h_2(25) = 104,77$$

$$h_2(28,98) = 121,41$$

$$h_2(28) = h_2(25) + \frac{28-25}{28,98-25} \times (121,41 - 104,77) = 117,31 \text{ kJ/kg}$$

$$h_6 = h_2(T_6) \approx 117,31 \text{ kJ/kg}$$

valeur interpolée

$T_6 = 28^\circ\text{C}$ donc $P_6 = P_{05}(28^\circ\text{C}) = P_5 = 0,038 \text{ bar}$

chaleurs latentes $L_v(T_1) = 2188 \text{ kJ/kg}$

$$L_v(T_6) = 2435,4 \text{ kJ/kg}$$

b) Détente isenthalpe du fluide entre 1 et 2 sur l'isenthalpie

$$h_1 = h_2 = 525 \text{ kJ/kg}$$

c) Travail produit dans la turbine \bar{w}

$$\dot{w} = \dot{m}_3 (h_5 - h_3)$$

Bilan d'enthalpie dans (S) séparateur statique et adiabatique

$$\dot{m} h_2 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_4 h_4 \quad \dot{m}_3 + \dot{m}_4 = \dot{m} =$$

Titre au point 2 $x_2 = \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}}$

$$h_2 = x_2 h_3 + (1 - x_2) h_4$$

$$\dot{w} = \dot{m} x_2 (h_5 - h_3) = \dot{m} x_2 h_5 - \dot{m} (h_2 - (1 - x_2) h_4)$$

$$\frac{\dot{w}}{\dot{m}} = x_2 (h_5 - h_4) + h_4 - h_2$$

d) Pour $P_2 = 0,5 \text{ bars}$

$$x_2 = \frac{h_2 - h_4}{h_3 - h_4} \quad \text{avec } h_2 = 525 \text{ kJ/kg}$$

P_1/P_2	P_2	x_2	$h_4 \text{ (kJ/kg)}$	h_3	h'_5	h_5	$\dot{w} \text{ (kJ/kg)}$
5,5	1	0,047	417,51	2675,4	2209	2279	-20
11	0,5	0,08	340,56	2646	2282	2336	-25
27,5	0,2	0,116	251,45	2609,9	2368	2404	-24
55	0,1	0,139	191,83	2584,8	2436	2458	-18

Calcul Table Table Diag.

$$h_5 = h_3 + m_{is} (h'_5 - h_3)$$

NB: si $P_2 = 2,32 \text{ b}$ alors $x_2 = 0 \Rightarrow h_2 = h_4$ et $\dot{w} = 0$

si $P_2 = 0,038$ $h_5 = h_3 \Rightarrow \dot{w} = 0$

On a un travail maximum pour $P \in [0,2, 0,5 \text{ b}]$

On choisit $P_2 = 0,5 \text{ b}$ pour la suite

f) Tableau récapitulatif

n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T °C	125	81,3	81,3	81,3	28	28	28	77,31	
P (bar)	5,5	0,5	0,5	0,5	0,038	0,038	0,038	0,425	5,5
x	Liq	0,08	vap	Liq	0,911	Liq	0,092	Liq	Liq
h kJ/kg	525	525	2646	340,8	2336	117,31	340,50	322,6	

$$x_5 = \frac{h_5 - h_6}{h_{vap} - h_6} = \frac{2336 - 117,31}{2552,7 - 117,31} = 0,911 \quad h_7 = h_4$$

$$x_7 = \frac{h_7 - h_6}{h_{vap} - h_6} = 0,092$$

$$\dot{m}_8 h_8 = \dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_6 h_6$$

$$\dot{m} h_8 = \dot{m}_4 h_7 + \dot{m}_3 h_6 \Rightarrow h_8 = (1 - x_2) h_7 + x_2 h_6 = 322,7$$

→ Condition pour que 8 soit à l'état liquide $P_8 > P_{0,5} = 0,425$

ça évitera que la pompe cavite.

$$T_8 = 77,31^\circ\text{C}$$

→ En réalité $P_8 = 0,038$ bar et $T_8 = 28^\circ\text{C}$

correspondant à $h_8 = 322,7$ kJ/kg

g) Travail de la pompe

$$\dot{w} = \dot{m} \int v dp = \dot{m} v_L (P_9 - P_8)$$

$$\frac{\dot{w}_p}{\dot{m}} = v_L (P_9 - P_8) = 10^{-3} \left(5,5 - 0,425 \right) \cdot 10^5 = 0,536 \text{ kJ/kg}$$

$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

h) puissance nette développée

$$|\dot{W}_T| - \dot{w}_p = 25 - 0,536 = 24,46 \text{ kJ/kg}$$

i) Calculer le débit d'eau du condenseur

Bilan d'enthalpie sur le condenseur

$$\dot{m}_s h_s + \dot{m}_a h_a = \dot{m}_e h_e + \dot{m}_a h_b$$

$$\dot{m}_a (h_b - h_e) = \dot{m} x_2 (h_s - h_e) \quad \dot{m} = \frac{3800/3600}{1,065 \cdot 10^{-3}} = 991,3 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m} x_2 (h_s - h_e)}{c_{pL} (28 - 18)} = \frac{991,3 \times 0,08 (2336 - 117,31)}{4,18 (10)}$$

$$\dot{m}_a = 420,9 \text{ kg/s} = 15154 \text{ m}^3/\text{h}$$