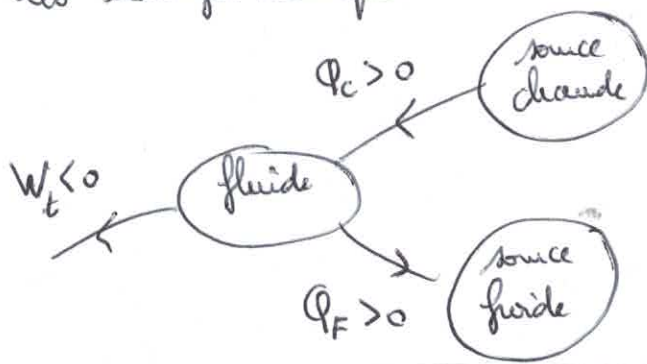


1) Les échanges thermiques dans un moteur thermique se représentent ainsi :



Le fluide prélève de la chaleur à la source chaude et en donne à la source froide ce qui lui permet de fournir du travail au milieu extérieur.

2) Le rendement est égal au rapport de l'énergie valorisée (ici W_t) sur l'énergie consommée (ici Q_c) soit $\eta = -\frac{W_t}{Q_c}$

On applique le 1^{er} principe au fluide sur un cycle :

$$\Delta U_{\text{cycle}} = Q_c + Q_f + W_t = 0$$

On applique le 2nd principe au fluide sur un cycle :

$$\Delta S_{\text{cycle}} = \underbrace{\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f}}_{S_c} = 0 \quad \text{avec } S_c > 0 \text{ pour un cycle irréversible}$$

$S_c = 0$ pour un cycle réversible

soit $\eta = -\frac{W_t}{Q_c} = \frac{Q_c + Q_f}{Q_c} = 1 + \frac{Q_f}{Q_c}$ or $\frac{Q_f}{T_f} = -S_c - \frac{Q_c}{T_c}$

d'où $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} \left(S_c + \frac{Q_c}{T_c} \right)$ soit $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} - \frac{T_f S_c}{Q_c}$

3) Dans la machine de Carnot, le cycle est composé de transformations réversibles donc $S_c = 0$ soit $\eta_c = 1 - \frac{T_f}{T_c}$

$\eta_c = 1 - \frac{273+50}{273+230} = 0,36$

6) On applique le 1^{er} principe industriel à la transformation 2-3 : $q_c = q_{23}$

$\Delta h_{2-3} = w_{u2-3} + q_{2-3}$ avec $w_{u2-3} = 0$ car dans la chaudière il n'y a pas de parties mobiles

soit $q_{2-3} = h_3 - h_2 = 2800 - 200 = 2600 \text{ kJ.kg}^{-1} > 0$: le fluide reçoit de la chaleur (c'est bien q_c car $q_c > 0$)

7) On applique le 1^{er} principe industriel à la transformation 3-4 :

$\Delta h_{3-4} = w_{u3-4} + q_{3-4}$ avec $q_{3-4} = 0$ car la transformation est adiabatique

d'où $w_{u34} = h_4 - h_3 = 2000 - 2800 = -800 \text{ kJ.kg}^{-1} < 0$ le

le fluide cède du travail à la turbine

8) La compression 1-2 dans la pompe est isenthalpique. En supposant que le transfert thermique n'a pas le temps de se faire car la transformation est rapide on a $q_{12} \approx 0$ et donc par application du 1^{er} principe indirect

$w_{u12} = \Delta h_{12} - q_{12} \approx 0 \text{ kJ.kg}^{-1}$: on peut négliger ce travail

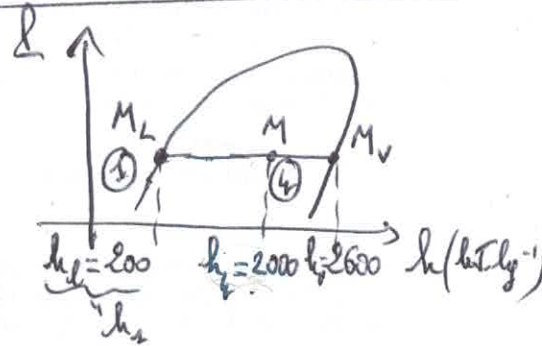
9) La transformation 4-1 est une liquéfaction donc isobare et isotherme.

10) On applique le théorème des moments

à l'état 4 : $x_{v4} = \frac{M_L}{M_L + M_V}$

(vérification de l'expression pr : $M = M_V = x_{v4} = 1$)

soit $x_{v4} = \frac{h_4 - h_l}{h_v - h_l} = \frac{h_4 - h_l}{L_{\text{vap}}(T_f)} = 0,75$



11) On lit : $s_1 \approx s_2 \approx 0,750 \text{ kJ.k}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

$s_4 = s_3 \approx 6,250 \text{ kJ.k}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

$\Delta s_{41} = s_1 - s_4 = -5,50 \text{ kJ.k}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

On applique le 2nd principe à la transformation 41 : $\Delta s_{41} = s_{e41} + s_{c41}$

avec $s_{e41} = \frac{q_{41}}{T_f}$ avec d'après le 1^{er} principe indirect :

$\Delta h_{41} = w_{e41} + q_{41} = h_1 - h_4$

pas de parties molles dans le condenseur

soit $s_{e41} = \frac{h_1 - h_4}{T_f} = \frac{200 - 2000}{273 + 50} = -5,57 \text{ kJ.k}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

d'où $s_{c41} = \Delta s_{41} - s_{e41} = 70 \text{ J.k}^{-1}.\text{kg}^{-1} > 0$: la transformation 41 est irréversible car elle met en jeu des transferts thermiques qui ne se font que du chaud vers le froid.

12) On a $\dot{Q}_t = \dot{Q}_{u34}$ ce que reçoit la turbine c'est l'opposé de ce que donne le fluide à la turbine

$$|\dot{Q}_t = - \dot{D}_m w_{u3k}| = + 800 \text{ kW}$$

4) a - $l_{\text{vap}}(u^{\circ}\text{C}) = \Delta h_{\text{vap}}(u^{\circ}\text{C}) = \underbrace{h_v(u^{\circ}\text{C})}_{\substack{\text{enthalpie m\u00e9canique de} \\ \text{la vapeur saturante} \\ \text{(courbe de saturation)}}} - \underbrace{h_f(u^{\circ}\text{C})}_{\substack{\text{enthalpie m\u00e9canique} \\ \text{du liquide saturant} \\ \text{(courbe d'\u00e9bullition)}}$

$l_{\text{vap}}(u^{\circ}\text{C}) = 2700 - 450 = 2250 \text{ kJ.kg}^{-1} > 0$ il faut ap\u00f4tre de la chaleur au fluide pour le vaporiser

4) b - Une transformation adiabatique r\u00e9versible est isentropique. Sur le diagramme on part de l'et \u00e0 l'ef par une isentropique ou soit $T_f = 516^{\circ}\text{C}$

Hypoth\u00e8ses : gaz parfait en transformation adiabatique r\u00e9versible : on peut appliquer les lois de Laplace : $P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma$ avec $PV = nRT$

soit $P_i \left(\frac{nRT_i}{P_i} \right)^\gamma = P_f \left(\frac{nRT_f}{P_f} \right)^\gamma$

$P_i^{1-\gamma} T_i^\gamma = P_f^{1-\gamma} T_f^\gamma$

soit $T_f = T_i \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

AN: $T_f = 463 \left(\frac{0,1}{1} \right)^{-0,3/1,3} = 787 \text{ K}$

soit 514°C

c'est coh\u00e9rent avec le diagramme.

13) Le condenseur est refroidi donc le transfert thermique que le fluide c\u00e8de \u00e0 l'eau de chauffage est \u00e9gal au transfert thermique reçu par l'eau de chauffage soit $|\dot{Q}_d = - \dot{Q}_{h_{k1}} = - \dot{D}_m \times q_{k1}| = - 1 \times (h_1 - h_4) = 1800 \text{ kW}$

$\Delta h_{k1} = \frac{w_{k1}}{\rho} + q_{k1}$

pas de parties molles

14) On applique le 1^{er} principe \u00e0 l'eau de chauffage dans le condenseur : $\dot{D}_d (\Delta h + \Delta e_c + \Delta e_p) = \dot{Q}_m + \dot{Q}_d$

pas de parties molles

$$\text{avec } \Delta h = G_p (T_s - T_e)$$

$$\text{d'où } \boxed{D_d = \frac{P_d}{G_p (T_s - T_e)}} = \frac{1800}{4,18 \times (50 - 5)} = \underline{9,6 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}}$$

15) d'efficacité et : $e = \frac{\text{Énergie valorisée}}{\text{Énergie consommée}}$

Dans la machine il y a production de travail dans la turbine et de chaleur dans le condenseur. la puissance valorisée est donc $P_t + P_d$. La puissance consommée est celle qui permet de faire fonctionner la centrale et donc de faire fonctionner la chaudière c'est $P_{\text{chaudière}} = D_m \times q_c = \underline{2600 \text{ kW}}$

$$\text{d'où } \boxed{e = \frac{800 + 1800}{2600} = 1}$$
 : ce qui est cohérent car :

$$P_t = D_m w_u$$

$$P_d = -D_m q_F$$

$$P_{\text{chaudière}} = D_m q_c$$

$$\text{par 1 cycle : } w_u + q_c + q_F = 0$$

$$\text{soit } -(w_u + q_F) = q_c$$

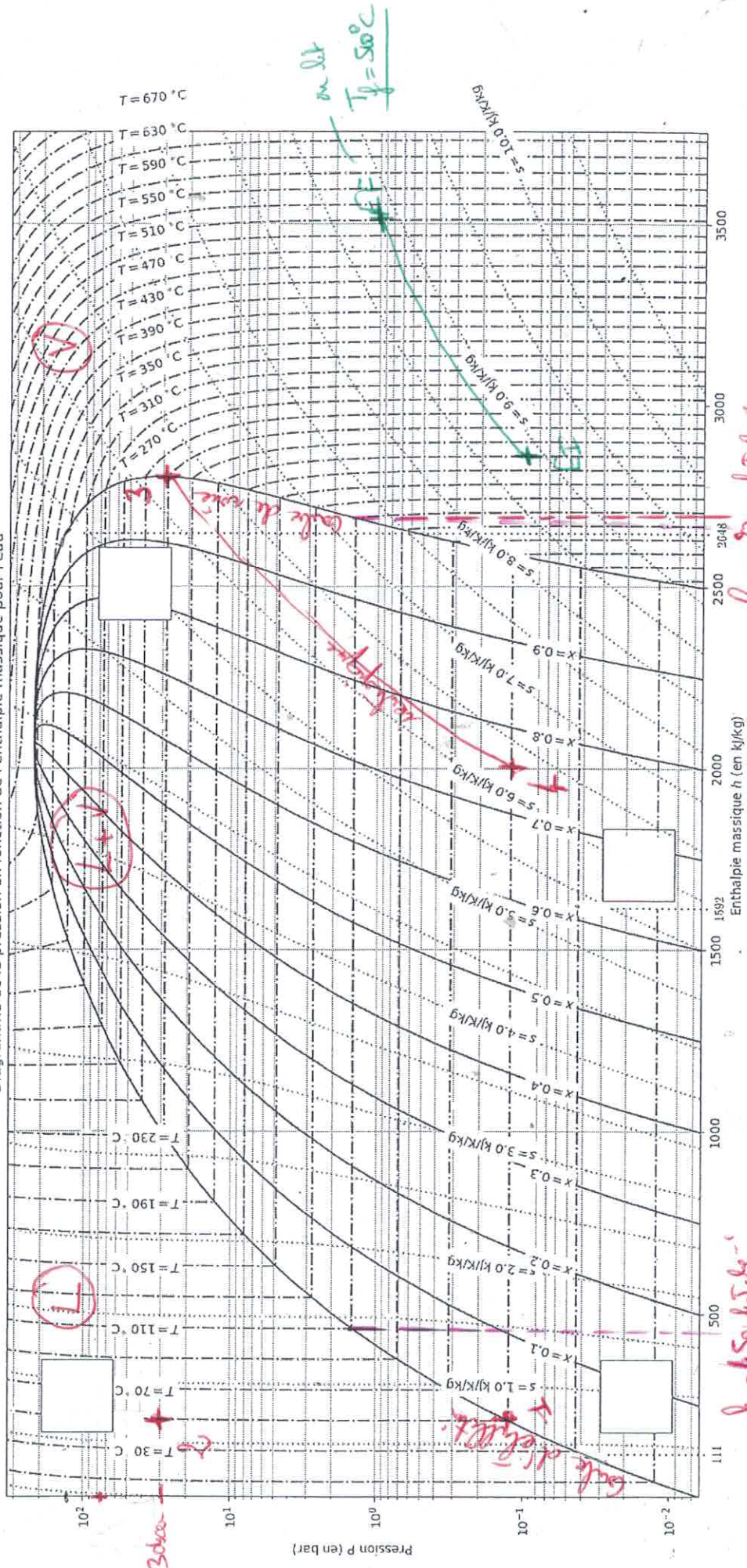
S/S

$h_1 = h_2 = 200 \text{ kJ/kg}$
 $h_3 = 2800 \text{ kJ/kg}$
 $h_4 = 2000 \text{ kJ/kg}$

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
 Numéro d'inscription:
 Signature:
 Nom:
 Prénom:

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC
 Épreuve : Physique-chimie TSI
 Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête
 Feuille /

Diagramme de la pression en fonction de l'enthalpie massique pour l'eau



$h_3 = 2800 \text{ kJ/kg}$

$h_4 = 2000 \text{ kJ/kg}$

$h_1 = 450 \text{ kJ/kg}$

Figure A