



Exercice 01.

$$P_1 = P_4 = 50 \text{ kPa}$$

$$P_2 = P_3 = 3 \text{ MPa}$$

$$T_3 = 300^\circ\text{C} = 573 \text{ K}$$

$$\dot{m} = 35 \text{ kg/s}$$

1. Le rendement du cycle :

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-5)

$$h_1 = h_{f@50 \text{ kPa}} = 340,54 \text{ kJ/kg}$$

$$v_1 = v_{f@50 \text{ kPa}} = 0,001030 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$w_{\text{pompe}} = v_1(P_2 - P_1) = 0,001030 \text{ m}^3/\text{kg}(3000 - 50) \text{ kPa} \left(\frac{1 \text{ kJ}}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3} \right) = 3,04 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h_1 + w_{\text{pompe}} = 340,54 + 3,04 = 343,58 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{@175^\circ\text{C}} = h_f + x h_{fg} = 741,02 + 0,8 \times 2031,7 = 2366,38 \text{ kJ/kg}$$

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-6)

$$\left\{ \begin{array}{l} P_3 = 3 \text{ MPa} \\ T_3 = 300^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h_3 = 2994,3 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 6,5412 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_4 = 50 \text{ kPa} \\ s_3 = s_4 = 6,5412 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6,5412 - 1,0912}{6,5019} = 0,8382 \end{array} \right.$$

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-5)

$$\left\{ \begin{array}{l} P_4 = 50 \text{ kPa} \\ s_3 = s_4 = 6,5412 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6,5412 - 1,0912}{6,5019} = 0,8382 \end{array} \right.$$

$$h_4 = h_f + x_4 h_{fg} = 340,54 + 0,8382 \times 2304,7 = 2272,3 \text{ kJ/kg}$$

$$q_c = (h_3 - h_2) = 2994,3 - 343,58 = 2650,7 \text{ kJ/kg}$$

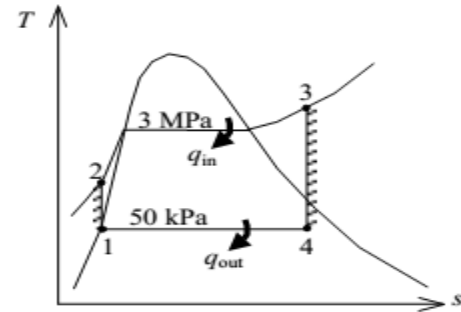
$$q_f = (h_4 - h_1) = 2272,3 - 340,54 = 1931,8 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = q_c - q_f = 2650,7 - 1931,8 = 718,9 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_c} = \frac{q_c - q_f}{q_c} = 1 - \frac{q_f}{q_c} = 1 - \frac{1931,8}{2650,7} = 0,271 = 27,1 \%$$

2. La puissance nette de la centrale :

$$\dot{W}_{\text{net}} = \dot{m} w_{\text{net}} = (35 \text{ kg/s})(718,9 \text{ kJ/kg}) = 25,2 \text{ MW}$$



Exercice 02 :

$$P_1 = P_4 = 50 \text{ kPa}$$

$$P_2 = P_3 = 5 \text{ MPa}$$

$$T_3 = 450^\circ\text{C}$$

$$\dot{W}_{\text{net}} = 300 \text{ MW}$$

$$PC_{\text{charbon}} = 29300 \text{ kJ/kg}$$

1. Le rendement du cycle :

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-5)

$$h_1 = h_{f@25 \text{ kPa}} = 271,96 \text{ kJ/kg}$$



$$v_1 = v_{f@25 \text{ kPa}} = 0,001020 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$w_{\text{pompe}} = v_1(P_2 - P_1) = 0,001020 \text{ m}^3/\text{kg}(5000 - 25)\text{kPa} \left(\frac{1\text{kJ}}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3}\right) = 5,07 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h_1 + w_{\text{pompe}} = 271,96 + 5,07 = 277,03 \text{ kJ/kg}$$

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-6)

$$\begin{cases} P_3 = 5 \text{ MPa} \\ T_3 = 450^\circ\text{C} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_3 = 3317,2 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 6,8210 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{cases}$$

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-5)

$$\begin{cases} P_4 = 25 \text{ kPa} \\ s_3 = s_4 = 6,5412 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6,8210 - 0,8932}{6,9370} = 0,8545 \end{cases}$$

$$h_4 = h_f + x_4 h_{fg} = 271,96 + 0,8545 \times 2345,5 = 2276,2 \text{ kJ/kg}$$

$$q_c = (h_3 - h_2) = 3317,2 - 277,03 = 3040,2 \text{ kJ/kg}$$

$$q_f = (h_4 - h_1) = 2276,2 - 271,96 = 2004,2 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = q_c - q_f = 3040,2 - 2004,2 = 1036 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{th} = \frac{w_{\text{net}}}{q_c} = \frac{q_c - q_f}{q_c} = 1 - \frac{q_f}{q_c} = 1 - \frac{2004,2}{3040,2} = 0,3407 = 34,7 \%$$

$$\eta_{\text{global}} = \eta_{th} \times \eta_{\text{com}} \times \eta_{\text{gen}} = (0,3407)(0,75)(0,96) = 0,2453 = 24,5 \%$$

2. Le débit de charbon pour fonctionner la centrale

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{Q}_{\text{in}}} \Rightarrow \dot{Q}_{\text{in}} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\eta_{th}} = \frac{300\,000 \text{ kJ/s}}{0,2453} = 1222992 \text{ kJ/s}$$

$$\dot{m}_{\text{charbon}} = \frac{\dot{Q}_{\text{in}}}{PC_{\text{charbon}}} = \frac{1222992 \text{ kJ/s}}{29300 \text{ kJ/s}} = 41,74 \text{ kg/s}$$

Exercice 03 :

1. Le rendement de la centrale.

Travail de la pompe :

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-5) et l'interpolation :

$$v_1 = v_{f@9 \text{ kPa}} = 0,001009 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\begin{aligned} w_{\text{actuel,pompe}} &= \frac{w_{\text{isen,pompe}}}{\eta_{\text{isen,pompe}}} = \frac{v_1(P_2 - P_1)}{\eta_{\text{isen,pompe}}} \\ &= \frac{0,001009 \text{ m}^3/\text{kg}(16000 - 9)\text{kPa}}{0,85} \left(\frac{1\text{kJ}}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3}\right) = 19,0 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Travail de la turbine :

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-6):

$$h_5 = h_{\text{vapeur,surchauffée}@15 \text{ MPa et } 600^\circ\text{C}} = 3583,1 \text{ kJ/kg}$$

$$s_5 = s_{\text{vapeur,surchauffée}@15 \text{ MPa et } 600^\circ\text{C}} = 6,6796 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$



A partir du Tableau de vapeur saturée (A-5)

$$\begin{cases} P_6 = 10 \text{ kPa} \\ s_5 = s_6 = 6,6796 \text{ kJ/kg.K} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_s = \frac{s_6 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6,6796 - 0,6492}{7,4996} = 0,8041 \end{cases}$$

$$h_{6s} = h_f + x_s h_{fg} = 271,96 + 0,8545 \times 2345,5 = 2115,3 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} w_{\text{actuel,turbine}} &= \eta_{\text{isen,turb}} w_{\text{isen,turbine}} = \eta_{\text{isen,turb}} (h_5 - h_{6s}) \\ &= 0,87(3583,1 - 2115,3) \text{ kJ/kg} = 1277,0 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

La chaleur d'évaporateur :

A partir du Tableau de liquide comprimé (A-7):

$$h_3 = h_{\text{liq, comprimé@15,9 MPa et } 35^\circ \text{C}} = ?$$

Et l'interpolation linéaire :

A la pression= 15 MPa

$$x_a = T_a = 20$$

$$x_2 = T_{P=15} = 35$$

$$x_b = T_b = 40$$

$$y_a = h_a = 97,93 \text{ kJ/kg}$$

$$y_2 = h_{P=15} = ?$$

$$y_b = h_b = 180,77 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{P=15} = h_a + (h_b - h_a) \times \frac{T_{P=15} - T_a}{T_b - T_a} = 97,93 + (180,77 - 97,93) \times \frac{35 - 20}{40 - 20} = 160,06 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{P=15} = 160,06 \text{ kJ/kg}$$

A la pression= 20 MPa

$$x_a = T_a = 20$$

$$x_2 = T_{P=20} = 35$$

$$x_b = T_b = 40$$

$$y_a = h_a = 102,57 \text{ kJ/kg}$$

$$y_2 = h_{P=20} = ?$$

$$y_b = h_b = 185,16 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{P=20} = h_a + (h_b - h_a) \times \frac{T_{P=20} - T_a}{T_b - T_a} = 102,57 + (185,16 - 102,57) \times \frac{35 - 20}{40 - 20} = 160,06 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{P=20} = 164,51 \text{ kJ/kg}$$

A la pression= 15,9 MPa

$$x_a = P_a = 15$$

$$x_2 = P_3 = 15,9$$

$$x_b = P_b = 20$$

$$y_a = h_a = 160,06 \text{ kJ/kg}$$

$$y_2 = h_3 = ?$$

$$y_b = h_b = 164,51 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_a + (h_b - h_a) \times \frac{P_3 - P_a}{P_b - P_a} = 160,06 + (164,51 - 160,06) \times \frac{15,9 - 15}{20 - 15} = 160,86 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 160,86 \text{ kJ/kg}$$

A partir du Tableau de liquide comprimé (A-6):

$$h_4 = h_{\text{vapeur, surchauffée@15,2 MPa et } 625^\circ \text{C}} = 3647,6 \text{ kJ/kg (meme méthode que } h_3)$$

$$q_c = (h_4 - h_3) = 3647,6 - 160,86 = 3486,7 \text{ kJ/kg}$$

Le travail net de la centrale :



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Jijel

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Mécanique

3^{ème} Année Génie Mécanique : Energétique

A.U 2020/2021, Semestre 1

TD N 04 : Cycle de Rankine

Module : **Conversion d'énergie**

Responsable du module : **T.E. BOUKELIA**

$$w_{net} = w_{actuel,turbine} - w_{actuel,pompe} = 1277 - 19 = 1258 \text{ kJ/kg}$$

Le rendement du cycle

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_c} = \frac{1258}{3486,7} = 0,3608 = 36,08 \%$$

2. La puissance produite par la centrale pour un débit massique de 15 kg/s

$$\dot{W}_{nette} = \dot{m}w_{net} = 15 \text{ kg/s} \times 1258 \text{ kJ/kg} = 18,87 \text{ MW}$$