

Solution du la Série 2

Ex N 01.

a. La pression de la vapeur.

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-4)

$$P = T_{sat@220\text{ }^{\circ}\text{C}} = 2320 \text{ kPa}$$

b. La qualité du mélange saturé (le titre).

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-4)

$$v_f = v_{f@220\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,001190 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \text{ et } v_g = v_{g@220\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,08609 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$m_f = \frac{V_f}{v_f} = \frac{\frac{1}{3} \times 1,8 \text{ m}^3}{0,001190} = 504,2 \text{ kg}$$

$$m_g = \frac{V_g}{v_g} = \frac{\frac{2}{3} \times 1,8 \text{ m}^3}{0,08609} = 13,94 \text{ kg}$$

$$m_t = m_f + m_g = 504,2 + 13,94 = 518,1 \text{ kg}$$

$$x = \frac{m_g}{m_t} = \frac{13,94}{518,1} = 0,0269$$

c. La masse volumique

$$v_{mél@220\text{ }^{\circ}\text{C}} = v_f + x(v_g - v_f) = 0,001190 + 0,0269(0,0849) = 0,003474 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\rho_{mél@220\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{v_{mél@220\text{ }^{\circ}\text{C}}} = \frac{1}{0,003474} = 287,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Vapeur

$$V = 1,8 \text{ m}^3$$

$$T = 220 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ex N 02

a. La pression de la vapeur.

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-4) et l'interpolation linéaire :

$$x_a = T_a = 165$$

$$x_2 = T_{P=15} = 168$$

$$x_b = T_b = 170$$

$$y_a = P_a = 700,93 \text{ kPa}$$

$$y_2 = P_{@168} = ?$$

$$y_b = P_b = 792,18 \text{ kPa}$$

$$P_{@168} = P_a + (P_b - P_a) \times \frac{T_{@168} - T_a}{T_b - T_a} = 700,93 + (792,18 - 700,93) \times \frac{168 - 165}{170 - 165} = 755,68 \text{ kPa}$$

b. La chaleur latente h_{fg} .

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-4)

$$h_{f@168\text{ }^{\circ}\text{C}} = 709,3 \text{ kJ/kg}$$

$$v_{f@168\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,00112 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_{g@168\text{ }^{\circ}\text{C}} = 2765,8 \text{ kJ/kg}$$

$$v_{g@168\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,2556 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Et l'interpolation linéaire :

$$h_{fg@168\text{ }^{\circ}\text{C}} = h_{g@168\text{ }^{\circ}\text{C}} - h_{f@168\text{ }^{\circ}\text{C}} = 2765,8 - 709,3 = 2056,5 \text{ kJ/kg}$$

c. Le titre

$$\begin{aligned}
 h_{mél@168^{\circ}\text{C}} &= (1-x)h_f + xh_g = h_f - xh_f + xh_g = h_f + x(h_g - h_f) = h_f + xh_{fg} \Rightarrow x \\
 &= \frac{h_{mél@168^{\circ}\text{C}} - h_f}{h_g - h_f} = \frac{v_{mél@168^{\circ}\text{C}} - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0,1666 - 0,00112}{0,2556 - 0,00112} = 0,65 \\
 v_{mél@168^{\circ}\text{C}} &= \frac{V_{mél}}{m_{mél}} = \frac{0,5}{3} = 0,1666 \text{ m}^3/\text{kg}
 \end{aligned}$$

d. La masse de vapeur m_g , et la masse de liquide m_f .

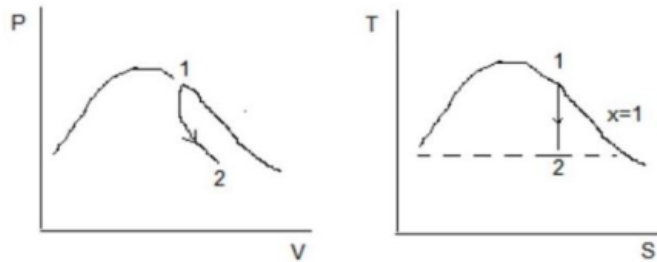
$$\begin{aligned}
 m_g &= xm_{mél} = 0,65 \times 3 = 1,95 \text{ kg} \\
 m_f &= (1-x)m_{mél} = (1-0,65) \times 3 = 1,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Le volume de vapeur V_g , et le volume de liquide V_f .

$$\begin{aligned}
 V_f &= v_f \times m_f = 0,00112 \times 1,05 = 0,001176 \text{ m}^3 \\
 V_g &= v_g \times m_g = 0,2556 \times 1,95 = 0,4984 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Exercice 3

a. Représentation graphique de la détente isentropique de la vapeur d'eau saturée



b. Le titre à la fin de détente

T(°C)	P (kPa)	$v_f(\text{m}^3/\text{kg})$	$v_g(\text{m}^3/\text{kg})$	$h_f(\text{kJ}/\text{kg})$	$h_g(\text{kJ}/\text{kg})$	$s_f(\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K})$	$s_g(\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K})$
175°C	892,6	0,001121	0,21659	741,02	2772,7	2,0906	6,6242
60°C	19,947	0,001017	7,6670	251,18	2608,8	0,8313	7,9082

Détente isentropique, donc $s_1 = s_{g1} = s_2$

$$x = \frac{s_{g1} - s_{f2}}{s_{g2} - s_{f2}} = \frac{6,6242 - 0,8313}{7,9082 - 0,8313} = 0,8186$$

c. La chute d'enthalpie

$$\begin{aligned}
 h_2 &= (1-x_2)h_{f2} + x_2h_{g2} = (1-0,8186)251,18 + 0,8186 \times 2608,8 \\
 &= 2181,128 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \Delta h = h_{g1} - h_2 = 2772,7 - 2181,128 = 591,57 \text{ kJ/kg}$$

d. Les pressions et les volumes des points (1 et 2).

$$V_1 = m \times v_1 = 1 \times 0,21659 = 0,21659 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 v_2 &= (1 - x_2)v_{f2} + x_2v_{g2} = (1 - 0,8186)0,001017 + 0,8186 \times 7,6670 \\
 &= \mathbf{6,2764 \, m^3/kg} \\
 V_2 &= m \times v_2 = 1 \times 6,2764 = \mathbf{6,2764 \, m^3}
 \end{aligned}$$

Exercice 04

Déterminer la quantité de chaleur nécessaire pour produire 1 kg de vapeur

Puisque l'eau est à une température de 25 °C, la chaleur est déjà dans l'eau

$$h_{1@25^\circ\text{C}} = C_p T_1 = 4,2 \times 25 = 105 \, \text{kJ/kg}$$

a. Lorsque la vapeur est humide, ayant un titre de vapeur de 0,9.

A partir du Tableau de vapeur saturée (A-4)

$$T_{\text{sat}@6 \, \text{bar}} = 158,83 \, ^\circ\text{C}, h_{f@6 \, \text{bar}} = 670,38 \, \text{kJ/kg}, h_{fg@6 \, \text{bar}} = 2085,8 \, \text{kJ/kg}$$

$$h_2 = (1 - x)h_f + xh_g = h_f + xh_{fg} = 670,38 + 0,9(2085,8) = 2547,6 \, \text{kJ/kg}$$

$$Q = m(h_2 - h_1) = 1 \times (2547,6 - 105) = \mathbf{2442,6 \, kJ}$$

b. Lorsque la vapeur est saturée sèche.

$$h_2 = h_g = h_f + h_{fg} = 670,38 + 2085,8 = 2756,18 \, \text{kJ/kg}$$

$$Q = m(h_2 - h_1) = 1 \times (2756,18 - 105) = \mathbf{2651,18 \, kJ}$$

c. Lorsqu'elle est surchauffée à une pression constante à 250 °C.

$$\begin{aligned}
 h_2 = h_{\text{sur}} &= h_g + C_p (T_{\text{sur}} - t) = h_g + C_p (T_{\text{sur}} - t) = 2756,18 + 2,3(250 - 158,83) \\
 &= 2965,87 \, \text{kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$Q = m(h_2 - h_1) = 1 \times (2965,87 - 105) = \mathbf{2860,87 \, kJ}$$