

## TD de thermodynamique appliquée Série N° 1

### Exercice 1

Un récipient de  $0.4 \text{ m}^3$  de volume contient  $2 \text{ kg}$  d'un mélange d'eau liquide et d'eau à l'état de vapeur en équilibre à la pression de  $600 \text{ kPa}$ .

Calculez le volume et la masse du liquide et de la vapeur.

### Exercice 2

Un récipient ayant un volume de  $5 \text{ m}^3$  contient  $0,05 \text{ m}^3$  d'eau sous forme de liquide saturé et  $4,95 \text{ m}^3$  de vapeur d'eau saturée à  $0,1 \text{ MPa}$ . On fournit de la chaleur jusqu'à ce que le récipient soit rempli de vapeur saturée.

Calculez la quantité de chaleur fournie au cours de cette évolution en fonction de la masse du mélange d'eau liquide et d'eau à l'état de vapeur.

### Exercice 3

Une quantité de vapeur ( $150 \text{ bar}$ ,  $500^\circ\text{C}$ ) subit une détente isentropique jusqu'à  $0,05 \text{ bar}$ .

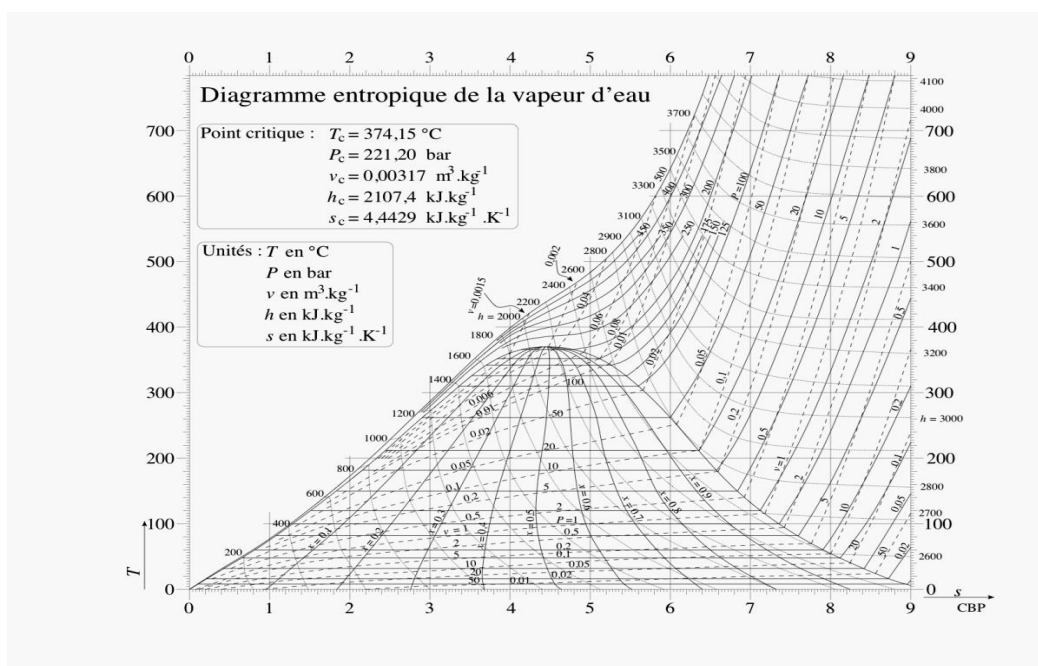
1- Déterminez à quelle pression et quelle température la vapeur commencera à se condenser.

2- Identifiez l'état 3, en fin de détente : déterminez sa température, son titre, son volume massique approximatif.

3- Relever l'enthalpie massique approximative en fin de détente.

Sachant que le débit de vapeur en entrée de la turbine est de  $\dot{m} = 10 \text{ Kg/s}$ , calculez la puissance mécanique cédée par l'eau à la turbine.

4- Calculez le rapport des volumes massiques en entrée et sortie de turbine : que dire des sections d'écoulement si on souhaite avoir les mêmes vitesses de fluide ?



# Séno 1

## EX 1

on a que  $V_t = 0,4 \text{ m}^3$  volume total (liquide + vapeur)

$m_t = 2 \text{ kg}$  masse total (l)

### • masse de la vapeur

on a que  $v = \frac{V_t}{m_t} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$

on sait que

$$\begin{cases} v = v_f + x v_g \\ \text{par } p = 600 \text{ kPa} \end{cases} \Rightarrow x = \frac{v - v_f}{v_g}$$

et d'après les tables de la vapeur d'eau on a que

$$\text{par } p = 0,6 \text{ MPa}, T = 158,85^\circ\text{C} \quad \begin{array}{l} v_f = 0,0011 \text{ m}^3/\text{kg} \\ v_g = 0,3157 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array}$$

$$\Rightarrow x = \frac{v - v_f}{v_g} = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0,2 - 0,0011}{0,3157 - 0,0011} = 0,6392$$

$$\text{et on a } x = \frac{m_v}{m_t} \Rightarrow m_v = x m_t = 1,2644 \text{ kg}$$

### • masse du liquide

$$\text{on a que } m_t = m_v + m_l \Rightarrow m_l = m_t - m_v = 2 - 1,2644 = 0,7356 \text{ kg}$$

### • volume de la vapeur

$$V_v = m_v v_g = 1,2644 \times 0,3157 = 0,3991 \text{ m}^3$$

### • volume du liquide

$$V_t = V_v + V_l \Rightarrow V_l = V_t - V_v = 0,4 - 0,3991 = 9,10^{-4} \text{ m}^3$$

①



EX 2

on a un mélange liquide de vapeur t.q.

$$V_t = 9 \text{ m}^3$$

$$V_l = 0,09 \text{ m}^3$$

$$V_v = 4,95 \text{ m}^3$$

on fournit de la chaleur jusqu'à vapeur saturée.

→ calculons  $q_{\text{fournit}}$  ?

à  $p = 0,1 \text{ MPa}$  (regardez les tables thermodynamiques)

$$\begin{cases} v_f = 0,001043 \text{ m}^3/\text{kg} \\ v_g = 1,6940 \text{ m}^3/\text{kg} \end{cases} \text{ et}$$

$$\begin{cases} u_f = 417,36 \text{ kJ/kg} \\ u_{fg} = 2088,7 \text{ kJ/kg} \\ u_g = 2506,1 \text{ kJ/kg} \end{cases}$$

Selon le premier principe de la thermodynamique:

$$\Delta U = \Delta W + \Delta Q$$

$$\left( u_2 - \frac{v_2^{2/0}}{2} + g z_2^{/0} \right) - \left( u_1 + \frac{v_1^2}{2} + g z_1^{/0} \right) = \Delta q$$

$$(u_2 - u_1) = \Delta q \quad \begin{cases} u_2 \rightarrow \text{état vapeur} \\ u_1 \rightarrow \text{état mélange liquide+vapeur} \end{cases}$$

donc  $u_2 = u_g$ .

$$u_1 = u_f + x u_{fg}$$

$$u_1 = u_f + \frac{m_v}{m_t} u_{fg} = u_f + \frac{\frac{V_v}{v_g}}{\frac{V_l}{v_f} + \frac{V_v}{v_g}} \cdot u_{fg}$$

$$\text{AN: } u_1 = 537,36 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{12} = m_T q_{1 \rightarrow 2} \rightarrow q_{\text{fournit}} = m_T \Delta q \text{ et } \begin{cases} u_1 = 537,36 \text{ kJ/kg} \\ u_2 = 2506,1 \text{ kJ/kg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta q = 1968,74 \text{ kJ/kg}$$