

### T6.3. Détente isochore d'une vapeur d'eau saturante.

#### 1. Etat d'équilibre final. Bilan entropique.

Caractéristiques de l'état final.

A l'état final  $F$ , l'eau se trouve en équilibre thermodynamique avec le thermostat. On a donc :

$$T_F = T_o$$

Par ailleurs, on fait l'hypothèse pour cet état  $F$  de l'existence d'un équilibre diphasé liquide-vapeur. On a alors :

$$p_F = p_o = 1 \text{ bar}$$

On note  $x_{VF}$  le titre en vapeur dans l'état final. L'énoncé indique la présence d'une vapeur d'eau saturante à l'état initial, on a alors  $x_{VI} = 1$ .

Comme la transformation est isochore, le volume  $V$  occupé par l'eau est constant. D'autre part le système étudié étant fermé, il y a conservation de la masse. Ces deux constatations permettent d'affirmer qu'il y a conservation du volume massique. Soit :

$$v_I = v_F$$

$$x_{VI}v_{VI} + \underbrace{(1-x_{VI})}_{=0}v_{LI} = x_{VF}v_{VF} + (1-x_{VF})v_{LF}$$

$$x_{VF} = \frac{x_{VI}v_{VI} - v_{LF}}{v_{VF} - v_{LF}} \quad x_{VF} = \frac{0,0998 - 1,04 \cdot 10^{-3}}{1,70 - 1,04 \cdot 10^{-3}}$$

$$x_{VF} = 5,81 \cdot 10^{-2}$$

Ce résultat confirme *a posteriori* l'existence d'un équilibre diphasé.

Transfert thermique  $Q$ .

On a  $\Delta U = W + Q$  or  $W = 0$  car la transformation est isochore .

D'autre part:

$$H_I = U_I + p_I V \rightarrow U_I = H_I - p_I V = m h_I - p_I V \text{ avec } h_I = h_{VI}$$

$$H_F = U_F + p_o V \rightarrow U_F = H_F - p_o V = m_{LF} h_{LF} + m_{VF} h_{VF} - p_o V$$

Or  $m_{LF} = (1 - x_{VF})m$  et  $m_{VF} = x_{VF}m$

D'où :  $U_F = m((1 - x_{VF})h_{LF} + x_{VF}h_{VF}) - p_o V$

Le transfert thermique s'écrit alors :

$$Q = m((1 - x_{VF})h_{LF} + x_{VF}h_{VF}) - p_o V - m h_{VI} + p_I V \text{ avec } m = \frac{V}{v_I}$$

$$Q = -20,6 \text{ kJ}$$

Bilan entropique.

Les données de la table permettent de calculer la variation d'entropie :

$$\Delta S = S_F - S_I$$

$$\Delta S = m((1 - x_{VF})s_{LF} + x_{VF}s_{VF}) - m s_{VI}$$

$$\Delta S = -47,0 \text{ JK}^{-1}$$

Comme la température extérieure est constante (transformation monotherme) :

$$S_e = \int \frac{\delta Q}{T_{ext}} = \frac{Q}{T_o}$$

$$S_e = -55,3 \text{ JK}^{-1}$$

Pour l'entropie créée, on obtient :

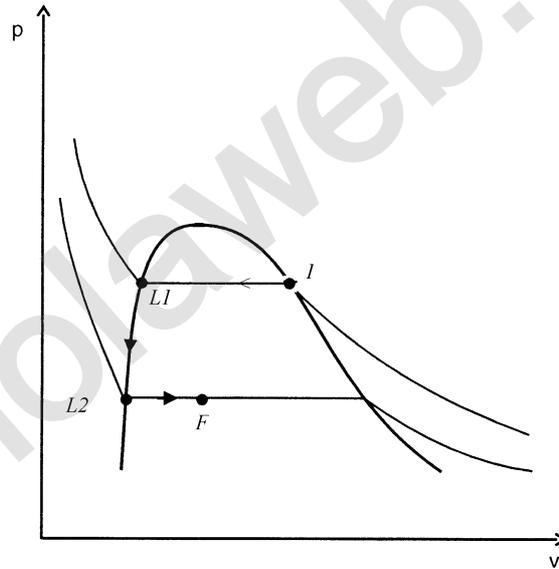
$$S_c = \Delta S - S_e$$

$$S_c = 8,31 \text{ JK}^{-1}$$

Ce dernier résultat caractérise l'irréversibilité de cette transformation.

## 2. Autre méthode.

On étudie l'évolution réversible fictive  $IL_1L_2F$ .



Comme l'entropie est une fonction d'état, on peut écrire que :

$$\Delta S = S_F - S_I = (S_F - S_{L_2}) + (S_{L_2} - S_{L_1}) + (S_{L_1} - S_I)$$

$$\Delta S = m \left( x_{VF} \frac{l_F}{T_F} + c \ln \frac{T_F}{T_I} - \frac{l_I}{T_I} \right)$$

$$\Delta S = \frac{V}{v_{VI}} \left( x_{VF} \frac{l_F}{T_F} + c \ln \frac{T_F}{T_I} - \frac{l_I}{T_I} \right)$$

$$\Delta S = -47,0 \text{ J.K}^{-1}$$