

2) Pour calculer la variatioⁿ d'entropie correspondante, on utilise le m^em chemin imaginaire:

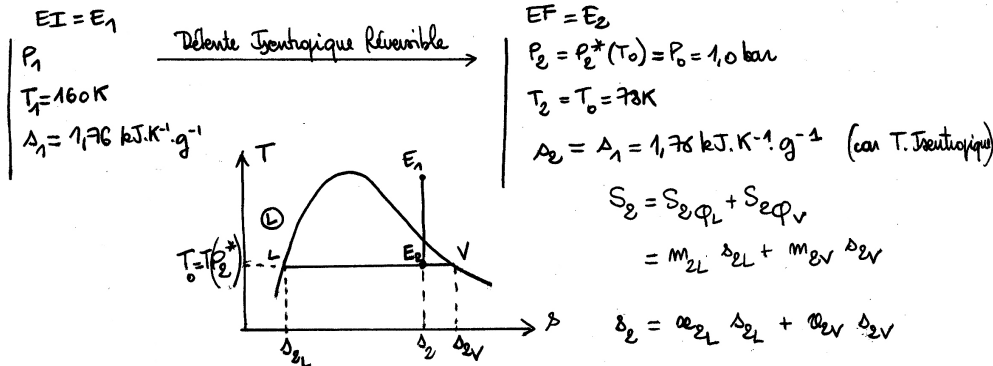
$$\Delta S = \Delta_{T \rightarrow T_f} S + \Delta_{\text{solidification}} S = m c_{p(l)} \ln \frac{T_f}{T} + \frac{m_s L_{\text{sol.}}(T_f)}{T_f}$$

soit $\Delta S = m c_{p(l)} \ln \frac{T_f}{T} - \frac{m_s L_{\text{fus}}(T_f)}{T_f} = 0,256 - 0,251 \approx + 0,004 \text{ J. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

> 0 car il y a réchauffement donc \uparrow du désordre
 < 0 car passage de la phase liquide à la phase solide

Le système (m phosphore) est thermiquement isolé et on vérifie bien le 2^{ème} principe $\Delta S = \frac{C}{T} + \dots = 4 \text{ m J. K}^{-1} > 0$

EXT6-9: Liquéfaction du Diazote par une détente isentropique



d'où $x_{2L} = \frac{\Delta_{2V} - \Delta_{2L}}{\Delta_{2V} - \Delta_{2L}}$

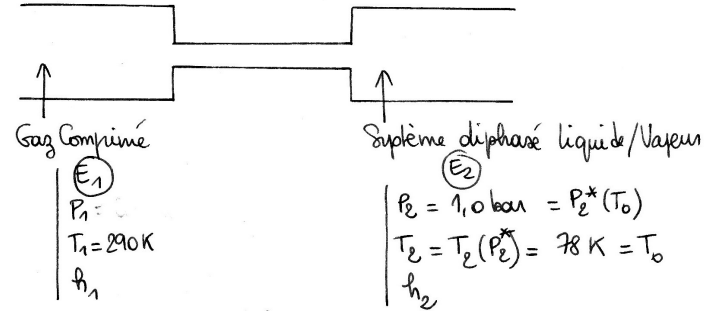
On retrouvait ce résultat en appliquant le "thm ds Montb": $x_{2L} = \frac{E_2 V}{LV}$

d'où $x_{2L} = \frac{\Delta_{2V} - \Delta_{2L}}{\Delta_{2V} - \Delta_{2L}} = \frac{2,96 - 1,76}{2,96 - 0,44} \approx 0,48$

→ si m = 1kg la détente isentropique de la machine de Claude permet d'obtenir $m_L = 480g$ de diazote liquide à 78 K

EXT6-10: Liquéfaction du Diazote par détente de Joule-Kelvin:

On fait passer le diazote gazeux à travers une canalisation contenant un "obstacle" (paroi poreuse ou goulot) qui provoque une détente des gaz, avec baisse de la température → changement d'état (liquéfact^o)



$h_{2V} = 230 \text{ kJ.kg}^{-1}$
 $h_{2L} = 34 \text{ kJ.kg}^{-1}$

$c_p = 1,04 \text{ kJ.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
 $b = -1,51 \text{ kJ.kg}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$
 $k = 150 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Hyp: on adopte le modèle: $h_{(g)} = c_p T + b P + k$ on peut donc calculer, pour la phase vapeur dans l'état 1: $h_1 = c_p T_1 + b P_1 + k$ (si on connaît P_1 !)

Or la détente de Joule-Kelvin est une détente isenthalpique: donc $h_2 = h_1$.

Or $h_2 =$ enthalpie d'1 kg de corps pur diphasé = $\frac{H_2}{m} = x_{2V} h_{2V} + x_{2L} h_{2L}$
 avec $h_{2L} < h_2 < h_{2V}$ pour avoir 2 phases (L)(V)

soit $h_{2L} < c_p T_1 + b P_1 + k < h_{2V}$ soit $\frac{h_{2L} - c_p T_1 - k}{b} > P_1 > \frac{h_{2V} - c_p T_1 - k}{b}$

$P_{1m} < P_1 < P_{1M}$ avec $P_{1\text{min}} = \frac{h_{2L} - c_p T_1 - k}{b} = 147 \text{ bars}$
 $P_{1M} = 277 \text{ bars}$

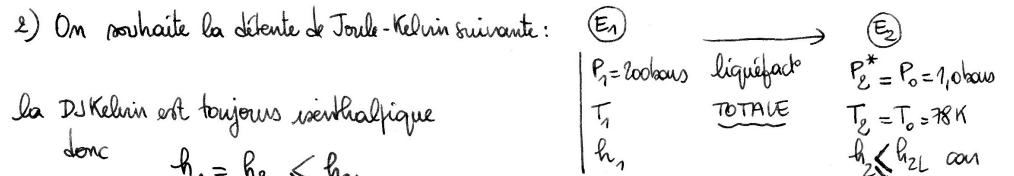
Si $P_1 < P_{1m}$ on n'arrive pas, avec une détente de Joule-Kelvin à obtenir un mélange diphasé.

L'énoncé donne $P_1 = 200 \text{ bars}$ (on vérifie $P_1 \geq P_{1m}$).

le titre en vapeur est $x_{2V} = \frac{h_2 - h_{2L}}{h_{2V} - h_{2L}} = \frac{c_p T_1 + b P_1 + k - h_{2L}}{h_{2V} - h_{2L}} \approx 0,59$

$x_{2V} = 0,59 \rightarrow 41\%$ de gaz a été liquéfié.

2) On souhaite la détente de Joule-Kelvin suivante:



la DJKelvin est toujours isenthalpique

donc $h_1 = h_2 \leq h_{2L}$

d'où $c_p T_1 + b P_1 + k \leq h_{2L}$
 $T_1 \leq T_{1m}$ | $T_{1m} = \frac{h_{2L} - b P_1 - k}{c_p} = 179 \text{ K}$

100% de diazote liquide à la sortie du détendeur