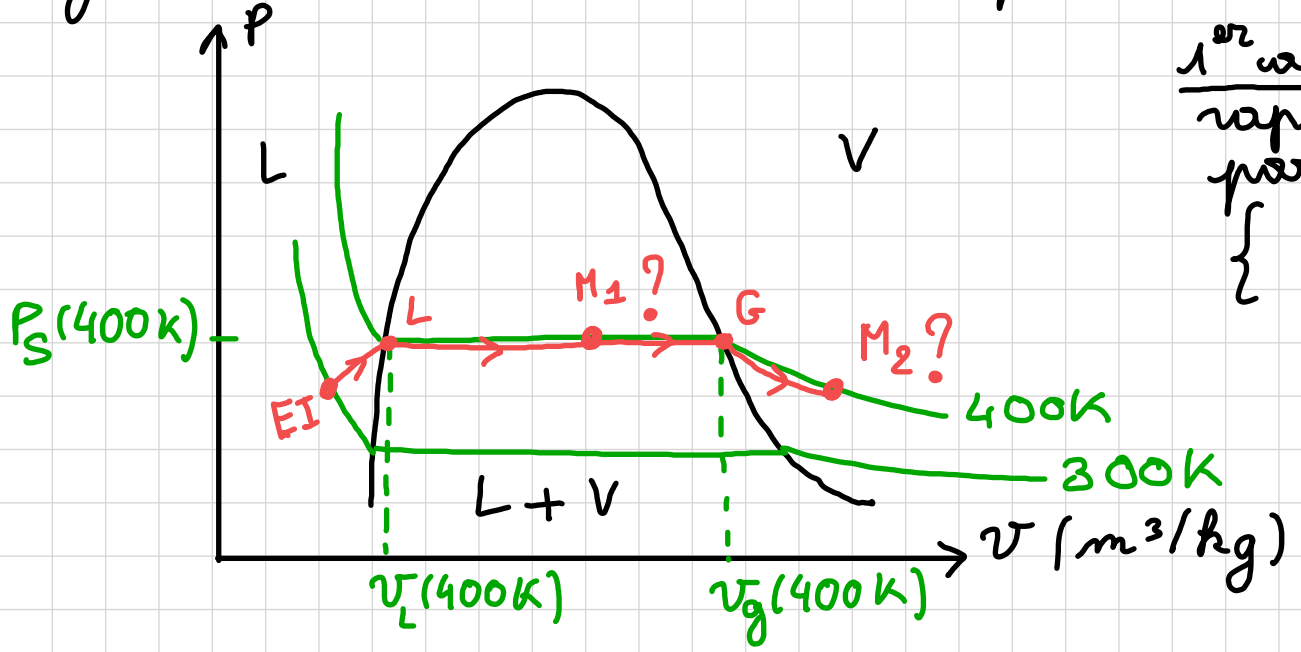
Ex 13

① La goutte d'eau se vaporise en partie ou totalement



1er cas (M_1) vaporisation partielle :
$\begin{cases} P = P_{sat}(400K) \\ v < v_g(400K) \end{cases}$

2ème cas (M_2) vaporisation totale :
$\begin{cases} P < P_{sat}(400K) \\ v > v_g(400K) \end{cases}$

× valeur de v : $v = \frac{V_0}{m} = 0{,}303\ m^3/kg$

$\Rightarrow v < \underbrace{v_G(400k)}_{0{,}722\ m^3/kg} \Rightarrow$ 1er cas (vapeur saturante)

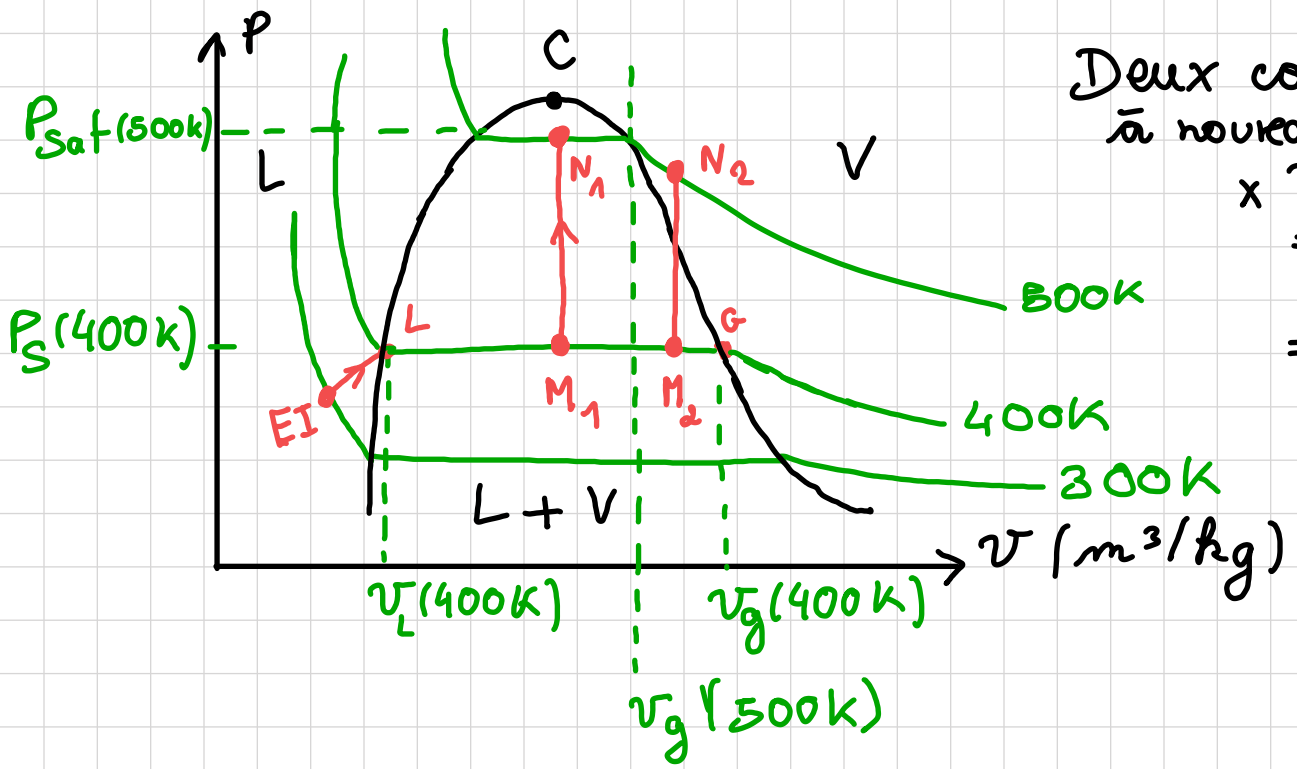
× Autre démo : si toute l'eau est vaporisée alors :

$$P = \frac{mRT_{400}}{MV_0} = 6{,}09\ bar > \underbrace{P_{sat}(400K)}_{2{,}52\ bar}$$

$\Rightarrow$ impossible
$\Rightarrow$ vapeur saturante (M_1)

× Titre vapeur : $x_v = \frac{LM_1}{LG} = \frac{v - v_L(400K)}{v_G(400K) - v_L(400K)} = 0{,}419$

②



Deux cas se présentent à nouveau :

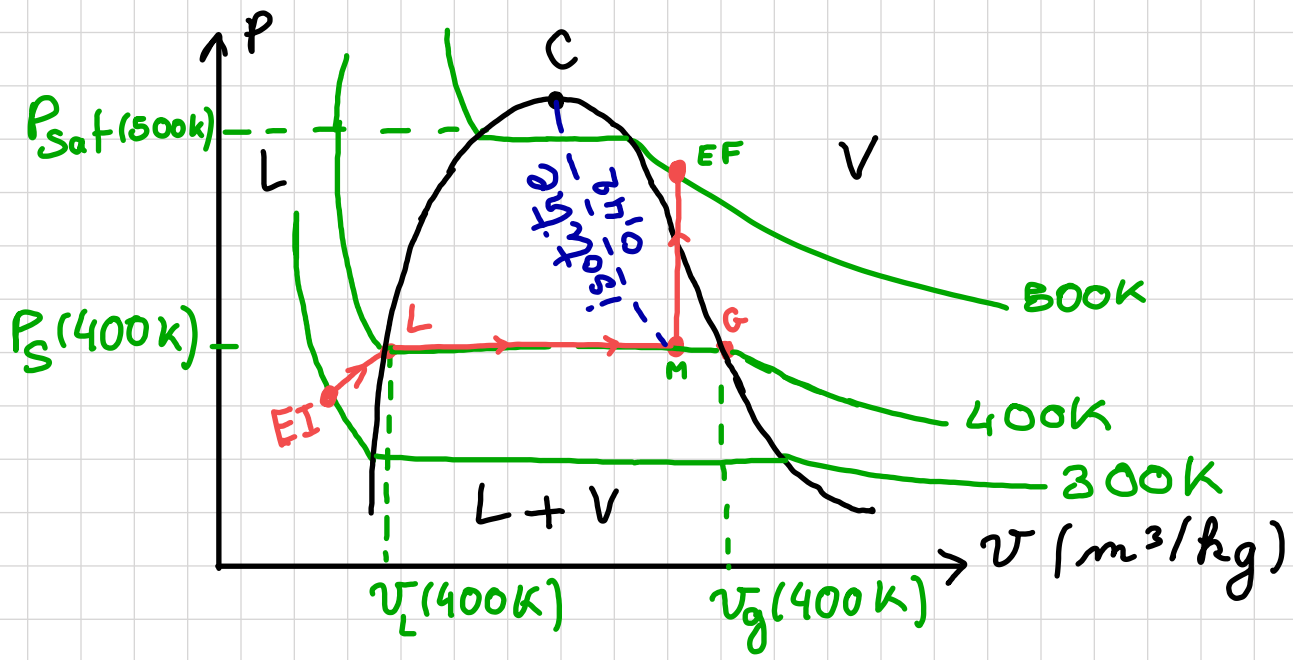
× $v < v_g(500K)$
$\Rightarrow$ vapeur saturante après chauffage
$\Rightarrow$ pts (M_2, N_2)

× $v > v_g(500K)$
$\Rightarrow$ vapeur sèche après chauffage
$\Rightarrow$ pts (M_2, N_2)

Ici $v = \frac{V_0}{m} = 0{,}303\ kg/m^3 > \underbrace{v_G(500K)}_{0{,}076\ m^3/kg}$

$\Rightarrow$ on est donc dans le 2ème cas : à l'état final, on a de la vapeur sèche ($P < P_{sat}(500K)$)

Conclusion :



③ (S) = masse m d'eau

- 1ère étape : EI → M que l'on décompose :

$$EI \xrightarrow[\text{Echauffement goutte d'eau}]{(e)} L \xrightarrow[\text{vaporisation}]{(v)} M$$

ΔU_e ΔU_v

$$\Delta U_e = m c_\ell (T_{400} - T_{300})$$

$$\Delta U_v = \Delta(H - PV) = \underbrace{\Delta H_v}_{m x_v (h_v(400K) - h_L(400K))} - P_S(400K)\Delta V$$

avec $\Delta V = m_G v_G(400K) + m_L v_L(400K)$

$= m [x_G v_G(400K) + (1 - x_G) v_L(400K)]$

(égal aussi à $mv - m v_L(400K)$, $v = \frac{V_0}{m}$)

$$\boxed{\Delta U_1 = \Delta U_e + \Delta U_v = m c_\ell (T_{400} - T_{300}) + m P_{sat}(400k)\,(v - v_L(400k))}$$

AN : $\begin{cases} \Delta U_e = 1379\,J \\ \Delta U_v = 2766\,J \\ \Delta U_1 = 4145\,J \end{cases} \Rightarrow$ à 3 c.s $\boxed{\Delta U_1 = 4{,}15\ kJ.}$

- 2ème étape : M → EF que l'on décompose :

$$M \xrightarrow[\text{fin de la vaporisation}]{} G \xrightarrow[\text{Echauffement vapeur}]{} EF \quad \} \text{ HYP : GP}$$

$\Delta U_v'$ $\Delta U_e'$

$$\Delta U_v' = \Delta H_v' - P_{sat}(400k)\,\Delta V$$

où $\begin{cases} \Delta H_v' = m(1 - x_v)[h_v(400k) - h_L(400k)] \\ \Delta V = m\,(v_G(400k) - v) \end{cases}$

$$\Delta U_e' = m c_v (T_{500} - T_{400})$$

où $\quad C_p - C_v = nR$ (Mayer extensif)

$$c_p - c_v = \frac{R}{M} \quad \text{(massique)}$$

$$\Rightarrow c_v = c_p - \frac{R}{M}$$

D'où $\boxed{\begin{aligned} \Delta U_2 &= \Delta U_v' + \Delta U_e' \\ &= m(1 - x_v)[h_v(400k) - h_L(400k)] \\ &\quad - P_{sat}\, m\,(v_G(400k) - v) \\ &\quad + m\left(c_p - \frac{R}{M}\right)(T_{500} - T_{400}) \end{aligned}}$

AN : $\Delta U_v' = 3835\,J$; $\Delta U_e' = 441{,}7\,J$, $\Delta U_2 = 4277\,J$

$\Rightarrow$ à 3c.s : $\boxed{\Delta U_2 = 4{,}28 \text{ kJ}}$

Comme toute les transformations sont isochores, on a :

$$\boxed{\begin{aligned} Q_1 &= \Delta U_1 = 4{,}15 \text{ kJ} \\ Q_2 &= \Delta U_2 = 4{,}28 \text{ kJ} \end{aligned}} \quad \text{(même odg)}$$

(4) on calcule l'entropie créé dans les 2 étapes en partant du 2ème principe : $S^c = \Delta S - S^r$
(système = masse m)

<u>1ère étape</u>

x $T_{ext} = T_{400} \Rightarrow S^{r1} = \dfrac{Q_1}{T_{400}}$

$= \underline{\underline{\text{cte}}}$

x $\Delta S^1 = \Delta S^e + \Delta S^v$

$$\Delta S^1 = mc_e \ln \frac{T_{400}}{T_{300}} + \frac{m x_v [h_G(400k) - h_2(400k)]}{T_1}$$

AN $\Delta S^1 = 11{,}51$ J/K

$S^{r,1} = 10{,}31$ J/K

$S^{c1} = \Delta S^1 - S^{r,1} = \underline{1{,}20 \text{ J/K (3 c.s)}}$

$\underline{\underline{(>0)}}$

<u>2ème étape</u>

x $T_{ext} = T_{500} \Rightarrow S^{r,2} = \dfrac{Q_2}{T_{500}}$

x $\Delta S^2 = \Delta S^{v'} + \Delta S^{e'}$

$$= \frac{m(1-x_v)[h_v(400k) - h_2(400k)]}{T_{400}}$$

$$\boxed{+ m\left[\frac{C_v}{M}\ln\frac{T_{500}}{T_{400}} + R\ln\frac{v}{v_G(1400k)}\right]}$$

AN

- x $S^{r,2} = 8{,}554\ J/k$
- x $\Delta S^2 = 11{,}44\ J/k$
- x $S^{c,2} = \Delta S^2 - S^{r,2} = \underline{2{,}89\ J/k}$ (3 c.s)

(>0)