

$$S = \pi r^2 \text{ donc } r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$S = 2\pi r l$$

Premier principe: $dU + d\epsilon_c = \delta Q + \delta W$

$$U(t+dt) - U(t) = \delta Q = du$$

→ préciser explicitement à quel système vous l'appliquez: ici il s'agit du fil électrique

- Le fil reçoit de la chaleur à cause du courant qui le parcourt.

$$\delta Q = -P dt + RI^2 dt$$

↳ effet Joule.

$$= -kS(\theta - \theta_0) dt + RI^2 dt$$

$$U(t+dt) - U(t) = \rho s l c (\theta(t+dt) - \theta(t))$$

$$= \rho s l c \frac{d\theta}{dt} dt$$

pour une phase condensée (le fil)
 $dU = C dt$
 avec $C = mc = \rho s l c$.

$$\text{D'où } \rho s l c \frac{d\theta}{dt} = -kS(\theta(t) - \theta_0) + RI^2$$

$$\text{donc } \frac{d\theta}{dt} + \frac{kS}{\rho s l c} \theta(t) = \frac{1}{\rho s l c} (kS\theta_0 + RI^2)$$

Résolution:

$$\text{Posons } \tau = \frac{\rho s l c}{kS} = \frac{8000 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1460}{10 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-6}}{\pi}} \cdot 1} = 147 \text{ s}$$

$$\theta_{\text{particulière}}(t) = \theta_0 + \frac{RI^2}{kS}$$

$$\text{équation homogène: } \frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau} \theta(t) = 0$$

$$\text{d'où } \theta(t) = A e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_0 + \frac{RI^2}{kS}$$

$$\text{or } \theta(t=0) = 293,15 \text{ K}$$

$$\text{Donc } A + \theta_0 + \frac{RI^2}{kS} = \theta_0 \Rightarrow A = -\frac{RI^2}{kS}$$

$$\text{Ainsi } \theta(t) = \frac{RI^2}{kS} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + \theta_0$$

$$\theta_{\text{finale}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \theta(t) = \frac{RI^2}{kS} + \theta_0 = 403 \text{ K}$$

remplacer numériquement avant AN.

$\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$				Ni(g) catalyseur	$n_{\text{tot}} \text{ (ans)}$
II	n_0	$4n_0$	0		$5n_0$
inter	$n_0 - \frac{1}{2}$	$4n_0 - 4\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		$5n_0 - 2\frac{1}{2}$
IF	0	0	n_0		$3n_0$

+ réactifs en proportions stoechiométriques.

$$\begin{cases} T = 573 \text{ K} \\ P_{\text{tot}} = 2,1 \text{ bar} \end{cases}$$

$$P_{\text{H}_2} = 0,12 \text{ bar} = \frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{tot}}} \times P_{\text{tot}} = \frac{4(n_0 - \frac{1}{2})}{5n_0 - 2\frac{1}{2}} \times P_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{CH}_4} = \frac{\frac{1}{2}}{5n_0 - 2\frac{1}{2}} \times P_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2\frac{1}{2}}{5n_0 - 2\frac{1}{2}} \times P_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{n_0 - \frac{1}{2}}{5n_0 - 2\frac{1}{2}} \times P_{\text{tot}}$$

On remarque que : $\begin{cases} P_{\text{H}_2} = P_{\text{CO}_2} \times 4 \\ P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 P_{\text{CH}_4} \end{cases}$ (AN) : $P_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{H}_2}}{4} = 0,03 \text{ bar}$

De plus $P_{\text{tot}} = \sum_i P_i = P_{\text{H}_2} + P_{\text{CH}_4} + P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}$

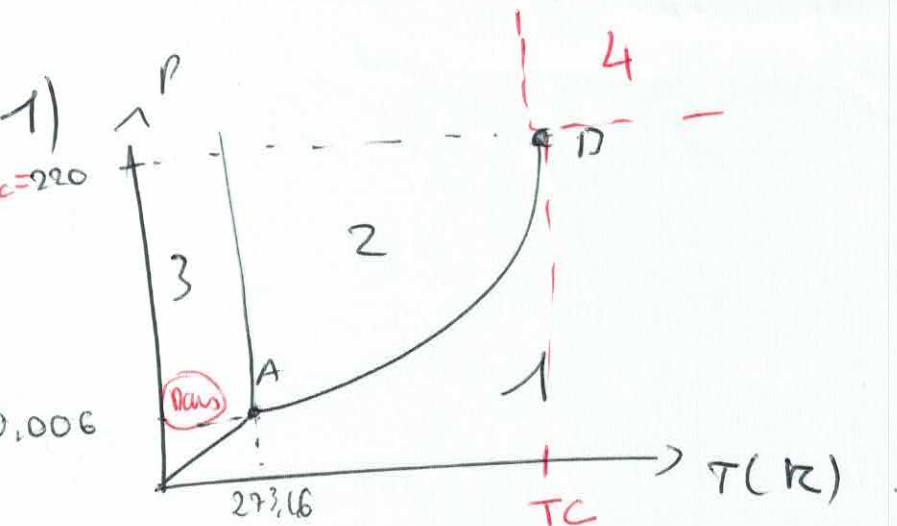
Donc le système suivant $\begin{cases} P_{\text{H}_2} + P_{\text{CO}_2} + P_{\text{CH}_4} + P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{tot}} \\ P_{\text{H}_2} = 4 P_{\text{CO}_2} \\ P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 P_{\text{CH}_4} \end{cases}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} P_{\text{CH}_4} = (P_{\text{tot}} - P_{\text{H}_2} - P_{\text{CO}_2}) / 3 \\ \quad = (P_{\text{tot}} - 5 P_{\text{CO}_2}) / 3 \\ P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 P_{\text{CH}_4} \end{cases}$$

(AN) $P_{\text{CH}_4} = (2,1 \text{ bar} - 0,12 \text{ bar} - 0,03 \text{ bar}) / 3 = 0,65 \text{ bar}$

$P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 0,65 \text{ bar} = 1,3 \text{ bar}$

TD n°8 Gr 9, Exercice III



- 1 - gaseux.
 - 2 - liquide
 - 3 - solide
 - 4 - fluide supercritique
- $T > T_c$
et $P > P_c$.

- 2) A : Point triple ✓
B : Point critique ✓

- 3) D'après le texte l'eau se trouve essentiellement sous forme solide

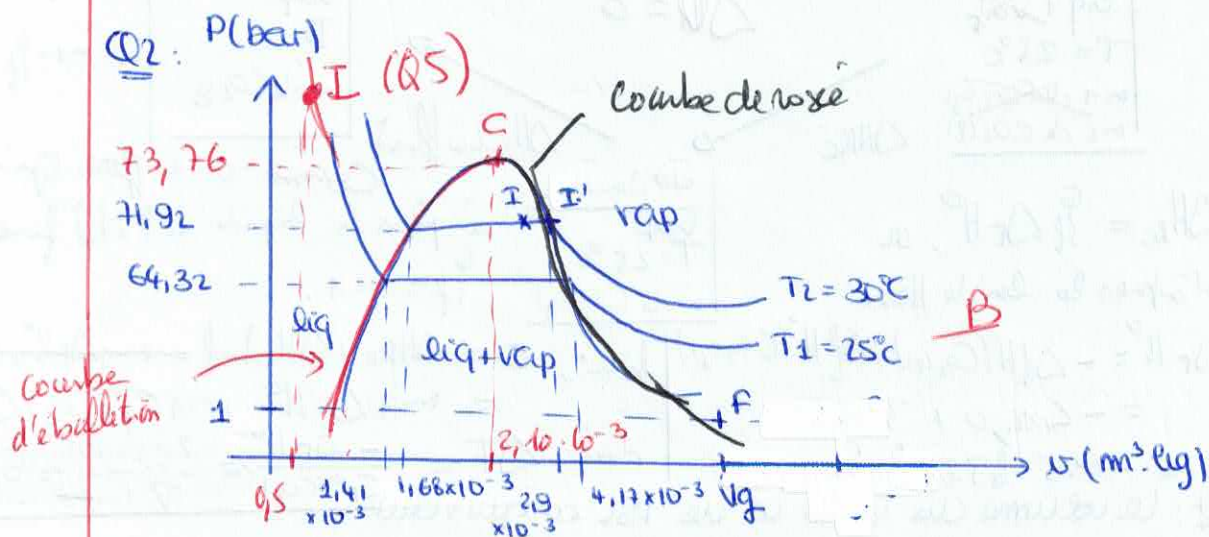
- 4) En effet, la ~~forte~~ pression sur mer et les températures ~~faibles~~ favorisent cette présence solide d'après la figure 1.
- car $-10^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$ et $P \approx 600 \text{ Pa} = 0,06 \text{ B}$. faible!*
- inférieurs $\approx 0^\circ\text{C}$*
- il faut être plus précis dans les justifications.*

Exercice IV :

Q1: les 5 noms manquants sont :

- 1) liquide ✓
- 2) vapeur ✓
- 3) vaporisation $L \rightarrow G$
- 4) liquéfaction $G \rightarrow L$
- 5) Point critique ✓

Q2 :



courbe éballitisme + courbe de cosé = courbe de saturation.

Q3: La quantité de matière de CO_2 dans les cartouches pressurisées est de :

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2 \times M(\text{O})$$
$$= 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\left[n = \frac{m}{M(\text{CO}_2)} = \frac{33}{44} = \frac{3}{4} = 0.75 \text{ mol} \right] \checkmark$$

Q14: On suppose que le CO_2 est un gaz parfait,

donc $PV = n(\text{CO}_2)RT$

$$\Rightarrow P = \frac{n(\text{CO}_2)RT}{V} = \frac{0.75 \times 8.31 \times 300}{15 \times 10^{-6}}$$

$$[P \approx 120 \times 10^6 \text{ Pa}] = 1245 \text{ bar.}$$

Or ceci est erroné car $P > P_{\text{sat}}$, ainsi l'hypothèse des gaz parfaits est fautive. Donc le CO_2 est un mélange liquide-vapeur.

Q5: le volume massique du fluide est de: dans la cartouche

$$\left[v = \frac{V}{m} = \frac{15 \times 10^{-6}}{33 \times 10^{-3}} = 4,55 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{tug}^{-1} \right]$$

ainsi $\cancel{w_{\text{liq}}} < w < \cancel{w_{\text{gaz}}}$ (voir diagramme Q2) donc CO_2 est liquide dans la cartouche

Q6: Etat initial: Transformation isotherme
 isobariques car $\Delta U = 0$
 lig + ~~Vol~~

Etat final: $\text{CO}_2(\text{P}) \longrightarrow \text{CO}_2$
 Vof Fi: m_1 ~~m_2~~
 T_B $\text{EF: } m_1 - \frac{q}{h}$ m
 mole $\text{CO}_2 \text{ g}$

$\Delta H_{rc} = \sum \Delta_f H^\circ$, or
clapmèn lo lèido Hess.

$$\begin{aligned}\Delta_r H^\circ &= -\Delta_f H^\circ(\text{Ca}_2\text{O}) + \Delta_f H^\circ \\ &= -635.0 + 393.5 \\ &= -241.5 \text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

Etat Démolition
Vol
 $T = 25^{\circ}\text{C}$
m de $\text{CO}_2(\text{g})$

Comme on suppose qu'il n'y a plus de liquide à l'état final.

$$\Delta_r H^\circ = -\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) + \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) \quad \text{lim: } 0 = \Delta H_{\text{ref}} + \Delta H_{\text{chauf}} = m_1 \Delta_r H^\circ + m_1 C_p^\circ(\text{CO}_2) \Delta T$$

$$= -414,0 + 39,35 \quad = m \Delta_r H^\circ + m_1 C_p^\circ(\text{CO}_2) \Delta T$$

$$= -20,5 \text{ kJ.mol}^{-1} \quad \text{d'où } \Delta T = \frac{-\Delta_r H^\circ}{C_p^\circ(\text{CO}_2)} \times \frac{m}{m_1} = \frac{-\Delta_r H^\circ}{C_p^\circ(\text{CO}_2)} \times \frac{1}{20} > 0$$

Q7: Le volume du gaz est de 15 l.

Q7: Le volume du gilet est de 15L.

$$V_g = I_{SL} = 0,015 \text{ m}^3$$

$$p = \frac{nRT}{V_g} = \frac{0,175 \times 8,3 \times 298}{0,015} = 1,24 \times 10^5 \text{ Pa}$$

[p = 1,24 bar]

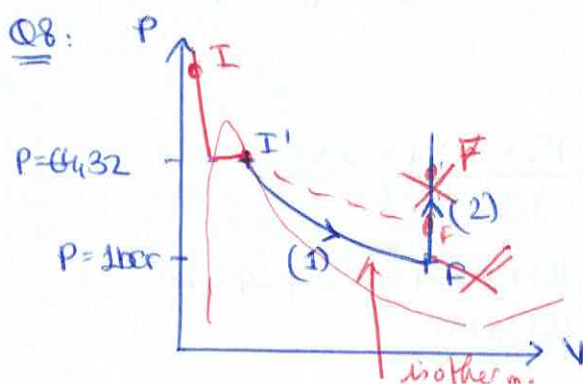
or $P > 1 \text{ bar}$ donc la pression

à l'intérieur du gilet permet un gonflement correct du gilet.

$$\left[w_g = \frac{V_g}{m} = \frac{0.015}{33 \times 10^{-3}} = 0.45 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \right]$$

(voir diagramme Q2)

Q8:



(1) : détente ^{isotherme} adiabatique

(2): eulerian isochore.

coefficiente de saturação.

is other m.

Q6. Lorsque la cartouche est percutee à 25°C CO_2 subit une détente jusqu'à la pression extérieure de 1 bar. On peut supposer que cette détente est rapide donc adiabatique.

A l'état final CO_2 est gazeuse.

→ = 0 adiabatique

On applique le 1^{er} principe à CO_2 : $\Delta U = W + Q$
 $= -P_{\text{ext}}(V_f - V_i)$

où $V_i = 15 \text{ mL}$ $P_{\text{ext}} = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

et $V_f = \frac{nRT_f}{P_{\text{ext}}}$

$\Delta U = -nRT_f + P_{\text{ext}} V_i$

L'énergie interne étant une fonction d'état on l'évalue sur 3 états:

1) $\text{CO}_2(\text{l})$ $\Delta U_1 = m \cdot c \Delta T = 0$ car transformation isotherme à 25°C = T_i

2) Changement d'état $\text{CO}_2(\text{l}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ à 25°C $P_{\text{sat}} = 64,32 \text{ bar}$

$$\Delta U_2 = \Delta H - \Delta(PV) = m[(h'' - h') - P_{\text{sat}}(v'' - v')] \\ = 15 \times 10^{-3} [(198,2 - 78,7) \times 10^3 - 64,32 \times 10^5 \times (0,17 - 1,41) \times 10^{-3}]$$

$\Delta U_2 \approx 15 \cdot 10^{-3} [120 \cdot 10^3 - 90 \times 10^3] \approx 1500 \text{ J}$

3) $\text{CO}_2(\text{g})$ à 25°C = T_i $P_{\text{sat}} \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ à T_f , $P_{\text{ext}} = 1 \text{ bar}$

$\Delta U_3 = C_V (T_f - T_i)$ relation de Mayer $C_p - C_V = Rn$
 $= m \cdot c_V (T_f - T_i)$ avec $c_V = c_p - \frac{R}{n} = 1000 - \frac{8,31}{0,044} = 800 \text{ J.K}^{-1}$

Bilan

$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = -nRT_f + P_{\text{ext}} V_i$
 $0 + \Delta U_2 + m c_V (T_f - T_i) = -nRT_f + P_{\text{ext}} V_i$

$T_f = \frac{P_{\text{ext}} V_i}{m c_p} + \frac{c_V}{c_p} T_i - \frac{\Delta U_2}{m c_p}$

$= \frac{10^5 \times 15 \times 10^{-6}}{15 \times 10^{-3} \times 10^3} + \frac{800}{10^3} \times 298 - \frac{1000 \times 10^3}{10^3}$

$= 0,1 + 240 - 1000 \approx +140 \text{ K}$ $\theta_f = -133^\circ \text{C}$

négligeable

Température très faible.

Q7. On suppose que tout le CO_2 initial se trouve dans le gaz.

En appliquant la loi des gaz parfaits $P_f = n \frac{RT_f}{V_f} = \frac{0,75 \times 8,31 \times 300}{15 \times 10^{-3}}$

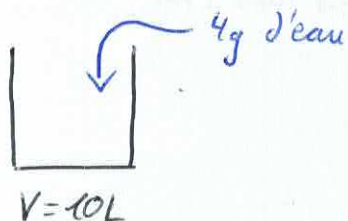
$P_f = 1,245 \text{ bar} > P^0 = 1 \text{ bar}$

Le gaz est donc bien gonflé - $m_f = \frac{15 \times 10^{-3}}{33 \times 10^{-3}} = 0,5 \text{ kg}$

Le point F se trouve sur l'isotherme 25°C à $P = 1,245 \text{ bar}$

Exercice V

Groupe n° 11



On modélise la vapeur d'eau comme un gaz parfait.

La transformation est isotherme

Pour $T_1 = 80^\circ C$

On suppose que la transformation est totale donc



$$\text{Ainsi } P_{f80} = \frac{n_{\text{eau}} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{n_{\text{eau}} \cdot R \cdot T}{M \cdot V} = \frac{4 \times 8,314 \times (273 + 80)}{18 \times 10^{-2}}$$

$$P_{f80} = 5,96 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$\text{On } P_{s1} = 0,46 \text{ bar} = 4,6 \cdot 10^4 \text{ Pa} < P_{f80}$$

Cela contredit l'hypothèse de la transformation totale

On aura donc $P_{f80} = P_{s1}$. Il y aura donc un mélange de liquide et de gaz.
 $\rightarrow$ il faut déterminer la quantité de gaz et la quantité de liquide

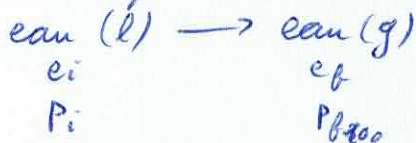
$$\Rightarrow n_{\text{gaz}} = \frac{P_{s1} \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,45 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8,31 \times 373} = 0,157 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{\text{gaz}} = n_{\text{gaz}} \times M_{\text{H}_2\text{O}} = 2,8 \text{ g d'eau (vapeur)} = 1,2 \text{ g}$$

$$x_g = \frac{m_{\text{gaz}}}{m} = \frac{2,8}{4} = 0,7$$

Pour $T_2 = 100^\circ C$:

On suppose que la transformation est totale

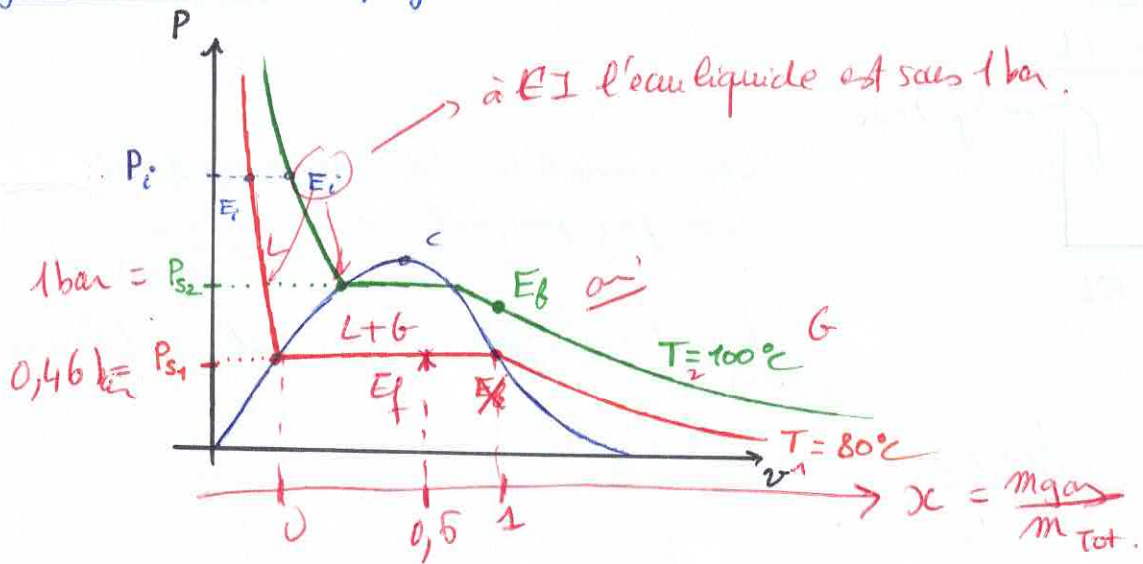


$$\text{Ainsi } P_{f100} = \frac{4 \times 8,314 \times (273 + 100)}{18 \times 10^{-2}} = 6,89 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

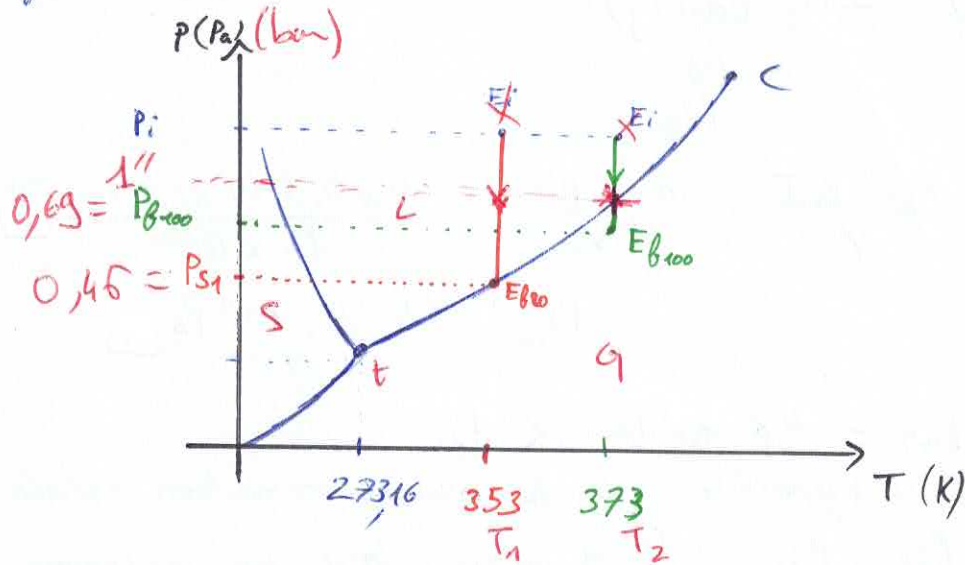
et $P_{s2} = 10^5 \text{ Pa} > P_{f100}$. À l'état final, il n'y aura que du gaz

B

• Diagramme de Clapeyron

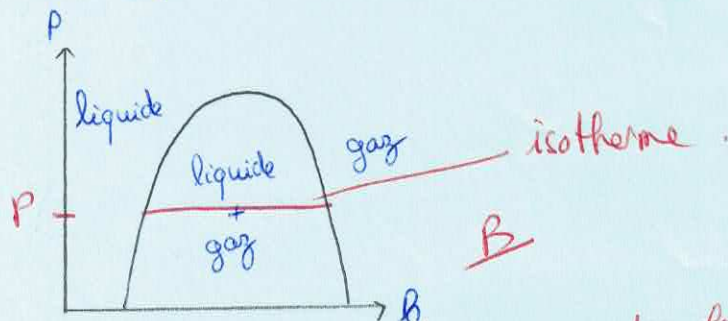


• Diagramme P, T :



$$L_v = h_{\text{gaz}} - h_{\text{liq}}$$

Comme la vaporisation est une réaction endothermique, $L_v > 0$ donc $h_{\text{gaz}} > h_{\text{liq}}$.



3. Ce sont des asymptotes horizontales ^{segments de droite} dans le domaine liquide vapeur si $P = \text{const}$ alors $T = \text{const}$.

4. Pour un gaz parfait : $h = c_p T$ ^{droite}.
 $h = \text{constante}$ donc les isothermes sont des asymptotes verticales.

D'après l'allure du diagramme réel l'assimilation en gaz parfait peut être faite à basse pression et haute enthalpie.

5. Ce sont des asymptotes verticales ^{qui ça? droite}.

D'après le diagramme, à -90°C $h_{\text{liq}, N_2} = 0,00 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ et $h_{\text{gaz}} = 230 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

$P_1 \approx 72 \text{ bar}$ le diazote est sous état fluide supercritique.
 car $P > P_c = 35 \text{ bar}$ et $T > T_c = 135^\circ\text{C}$.

La réaction est adiabatique et isentropique donc $\Delta S = 0$ donc $s_2 = s_1 = 1,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Le diazote est en mélange liquide-gaz. B

6. - Par lecture graphique, $x_{\text{gaz}} = 0,75$ ^{lecture} sur l'isotherme noir.

$$h = x_{\text{gaz}} h_{\text{gaz}} + (1 - x_{\text{gaz}}) h_{\text{liq}}$$

→ faites l'AN.

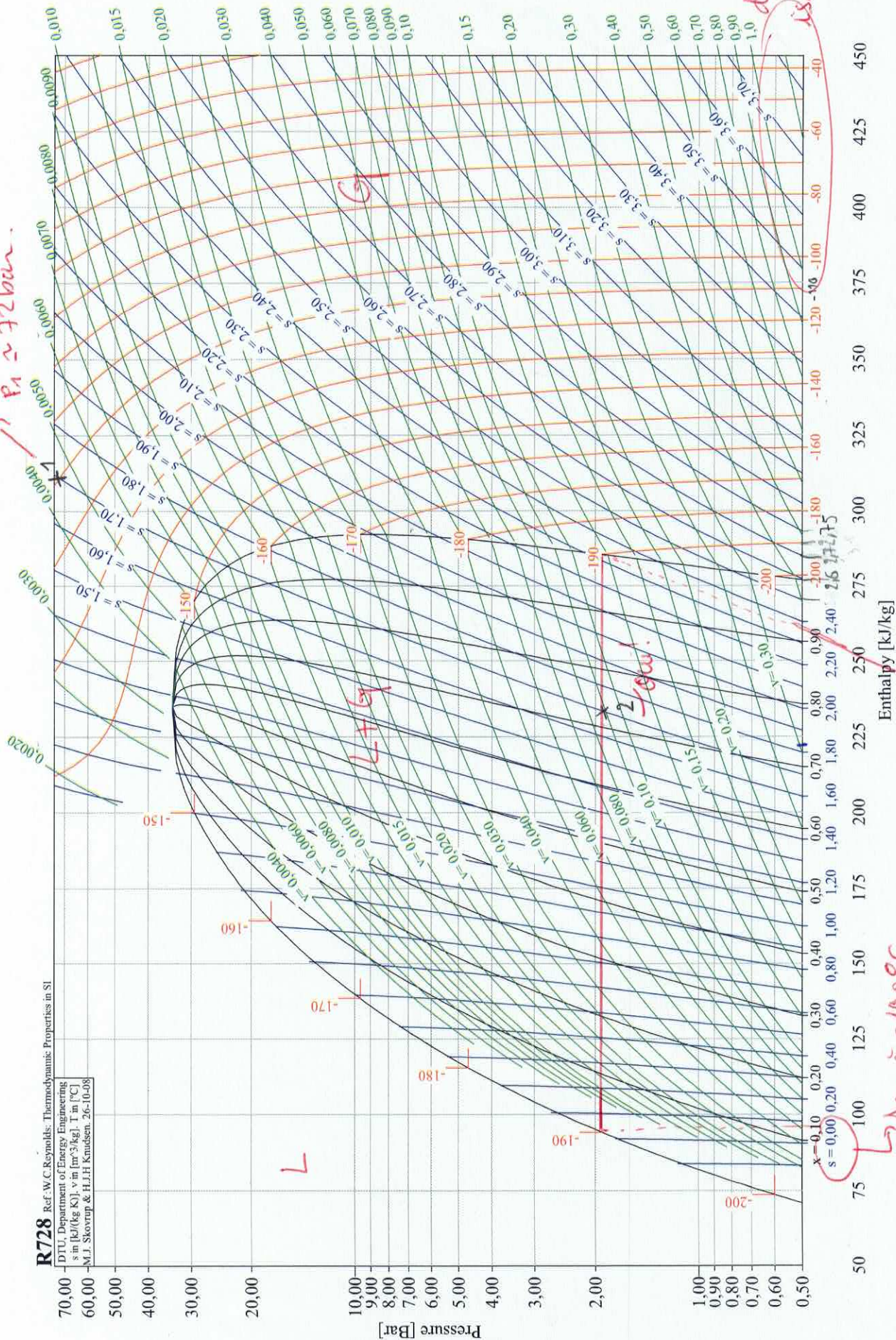
$$x_{\text{gaz}} = \frac{s_2 - s_{\text{liq}}}{s_{\text{gaz}} - s_{\text{liq}}} = \frac{1,7 - 0}{230 - 0}$$

$$x_{\text{gaz}} = 0,74 \rightarrow \text{cohérent}$$

il faut noter davantage d'information sur le diagramme (P, h)

$\Delta A = 1,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $T_1 = -110^\circ\text{C}$
 $P_1 = 72 \text{ bar}$

↑



domare ca
 isoterme

$\Delta q_{\text{g}} \approx -190^\circ\text{C}$

$2,30 = \Delta q_{\text{g}} \approx -190^\circ\text{C} \rightarrow$ les isentropiques sont en bleu.