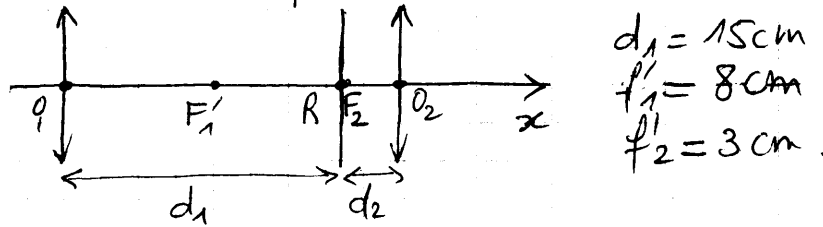


Partie A: Utilisation d'un viseur

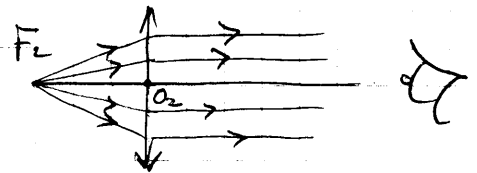
I. Caractéristiques du viseur



I.1. Un œil normal verra l'image du réticule R à travers L_2 sans accommoder si celle-ci est à l'infini

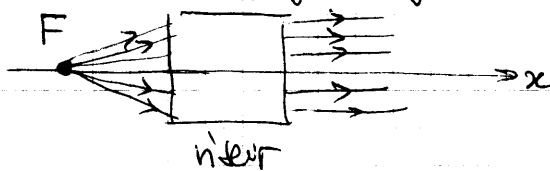
⇒ R doit être dans le plan focal objet de L_2 : $R \equiv F_2$

⇒ $\boxed{d_2 = \overline{RO_2} = \overline{F_2O_2} = f_2'} = \underline{\underline{3 \text{ cm}}}$

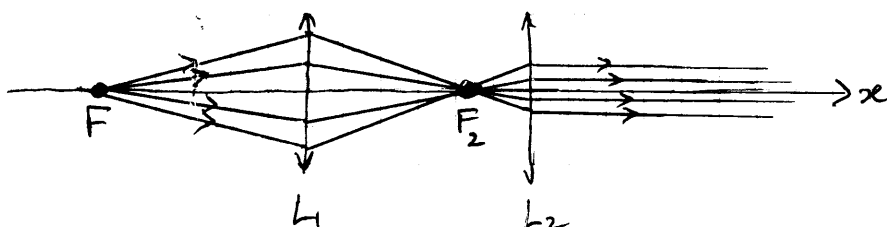


[un œil normal voit un objet sans accommoder (c'est sans se fatiguer) si celui-ci est placé à l'infini or ici, l'objet pour l'œil, c'est l'image à la sortie du viseur!]

I.2. Les rayons passant par le foyer objet F du viseur ressortent tous à l'infini, parallèlement à l'axe optique [c'est la définition du foyer objet!]



I.3. Les rayons issus de F ressortent à l'infini, ils sont passés par le foyer objet F_2 de L_2 (cf I.1.)



I.4. Donc l'image de F à travers L₁ est F₂

⇒ d'après formule (2): $\overline{F_1 F} \cdot \overline{F_1' F_2} = -f_1'^2$
 or $\overline{F_1' F_2} = d_1 - f_1'$

⇒ $\overline{F_1 F} = -\frac{f_1'^2}{d_1 - f_1'}$ $= -\frac{8^2}{15 - 8} = -\frac{64}{7} \approx -9,1 \text{ cm}$

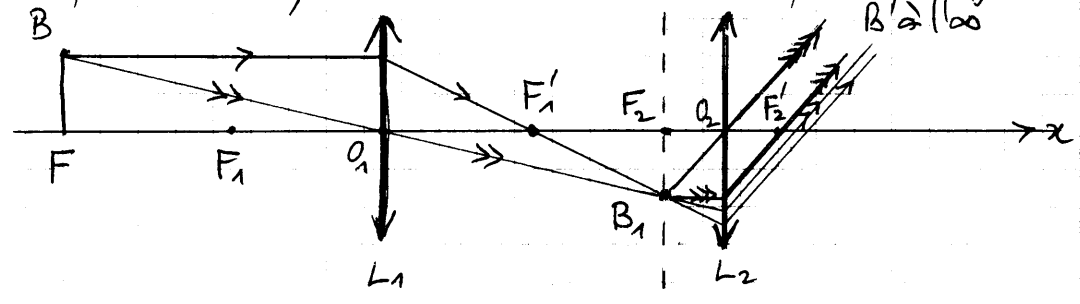
II Utilisation du viseur

II.1.a) On "vise" un objet lorsqu'on le voit à travers le viseur sans accommoder ⇒ son image à travers le viseur doit être à l'infini ⇒ l'objet doit être dans le plan focal objet du viseur ⇒ le plan de front du viseur est le plan focal objet du viseur

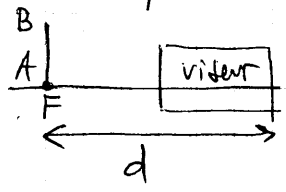
II.1.b) B de le plan de front du viseur

$B \xrightarrow{L_1} B_1 \xrightarrow{L_2} B' \text{ à l' } \infty$

d'après I.3, B₁ est dans le plan focal objet de L₂

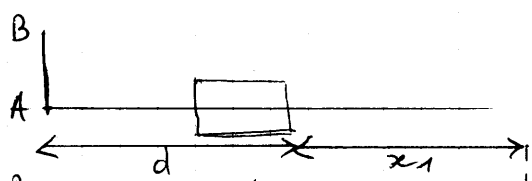


II.2.a) On vise un objet AB lorsque celui-ci est dans le plan focal objet du viseur



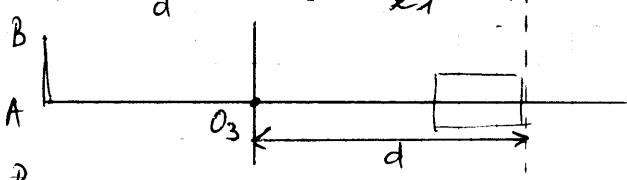
appelons d la distance de visée

étape 1



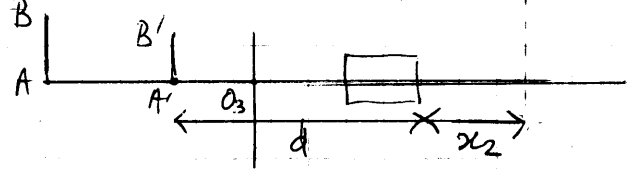
on vise AB

étape 2



on vise O₃ → x₁ = 15 cm

étape 3



on vise A'B' → x₂ = 10 cm

On a donc : $d + x_1 = \overline{AO_3} + d \Leftrightarrow \overline{AO_3} = x_1$
 $d + x_2 = \overline{A'O_3} + d \Leftrightarrow \overline{A'O_3} = x_2$

soit $\begin{cases} \overline{O_3A} = -x_1 = \underline{\underline{-15 \text{ cm}}} \\ \overline{O_3A'} = -x_2 = \underline{\underline{-10 \text{ cm}}} \end{cases}$

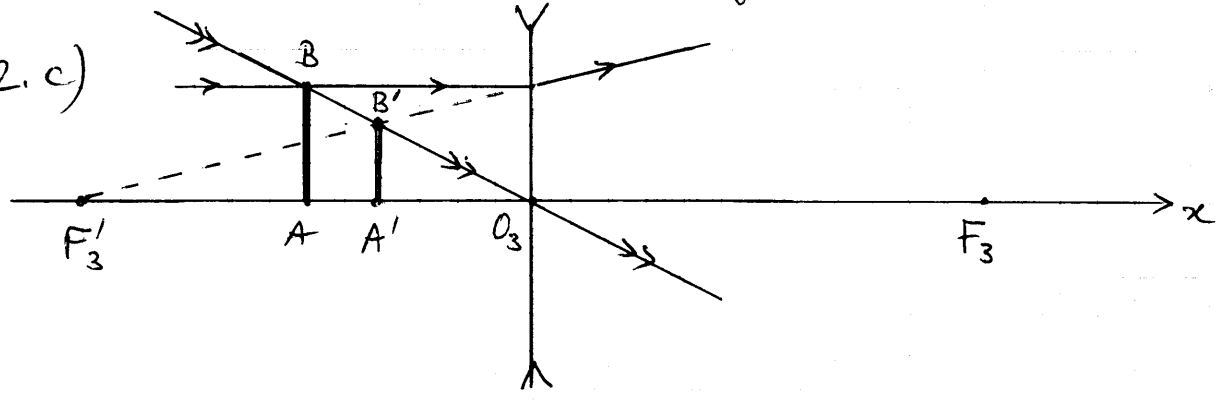
II.2.b) On a $A \xrightarrow{(L_3)} A'$

Donc d'après formule (1) : $\frac{1}{\overline{O_3A'}} - \frac{1}{\overline{O_3A}} = \frac{1}{f'_3}$

$\Leftrightarrow -\frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f'_3} \Leftrightarrow \boxed{f'_3 = \frac{x_1 x_2}{x_2 - x_1}} = \frac{10 \times 15}{10 - 15} = \underline{\underline{-30 \text{ cm}}}$

$f'_3 < 0 \Rightarrow L_3$ est une lentille divergente

II.2.c)



Partie B: Mesure de conductivité thermique

I. Généralités

I.1. • \vec{j}_{th} = vecteur densité de courant de chaleur
 = chaleur échangée / m. de surface et / m. de temps

$\Rightarrow [j_{th}] = \frac{\text{énergie}}{\text{temps}} \times \frac{1}{\text{surface}} = \frac{\text{puissance}}{\text{surface}}$

\Rightarrow USI de j_{th} : $W \cdot m^{-2}$

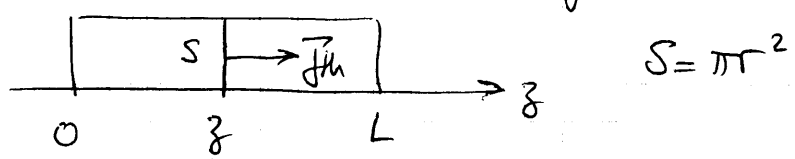
• d'après la loi de Fourier : $\vec{j}_{th} = -d \text{ grad } T$

$\Rightarrow [d] = \frac{[j_{th}]}{[\frac{\partial T}{\partial x}]} = \frac{[j_{th}]}{\theta L^{-1}} = \text{puissance} \times L^{-1} \theta^{-1}$

\Rightarrow USI de d : $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

I.2. On a $\Phi_{th} = \int_S \vec{j}_{th} \cdot d\vec{S}$

or la conduction se fait le long de l'axe Oz



$\Rightarrow \vec{j}_{th} = j_{th}(z) \vec{e}_z$ et $d\vec{S} = dS \vec{e}_z$

soit $\boxed{\Phi_{th}(z) = j_{th}(z) S = j_{th}(z) \pi r^2}$

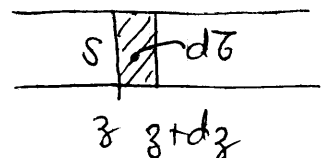
I.3. La puissance électrique reçue par le résistor $\boxed{P_{el} = EI = \frac{E^2}{R_{el}}}$

I.4. Cette puissance est fournie par effet Joule et transmise au barreau.

$\Rightarrow P_{el} = \Phi_{th}(z=0) = j_{th}(z=0) \pi r^2$

$\Rightarrow \boxed{j_{th}(z=0) = \frac{P_{el}}{\pi r^2} = \frac{E^2}{\pi r^2 R_{el}}}$

I.5. En régime permanent, il n'y a pas d'accumulation d'énergie
Considérons volume $d\tau = S dz$ du barreau



\Rightarrow l'énergie reçue par $d\tau$ pendant intervalle de temps dt

\Rightarrow chaleur entrant à z pendant dt = chaleur sortant à $z+dz$ pendant dt

soit $\Phi_{th}(z) dt = \Phi_{th}(z+dz) dt$

$\Leftrightarrow j_{th}(z) S dt = j_{th}(z+dz) S dt$

$\Leftrightarrow j_{th}(z) = j_{th}(z+dz) \quad \forall z \in [0, L]$

$\Leftrightarrow j_{th}(z) = \text{cte}$ dans le barreau

or d'après la loi de Fourier : $j_{th}(z) = -\lambda \frac{dT}{dz}$

$\Rightarrow \frac{dT}{dz} = \text{cte} = a \Rightarrow \boxed{T(z) = az + b}$ dans le barreau ($0 \leq z \leq L$)

I.6. D'après ce qui précède, on a dans le barreau:

$$\boxed{\vec{j}_h(z) = \text{cte} = \vec{j}_h(0) = \frac{E^2}{\pi^2 R_{el}} \vec{e}_z}$$

et

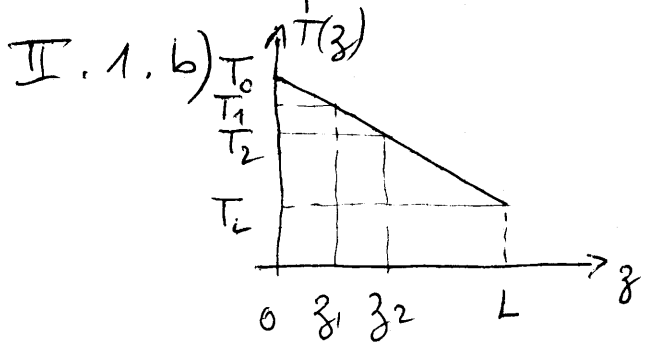
$$\boxed{\vec{g}_{rad} T = -\frac{1}{\lambda} \vec{j}_h = -\frac{E^2}{\lambda \pi^2 R_{el}} \vec{e}_z}$$

bien cste ds le barreau

II Mesures de la conductivité thermique

II.1.a) Comme $\vec{g}_{rad} T = \text{cte} \Rightarrow \vec{g}_{rad} T = \frac{dT}{dz} \vec{e}_z = \frac{\Delta T}{\Delta z} \vec{e}_z$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{g}_{rad} T = \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} \vec{e}_z}$$



II.2.a) En égalant les 2 expressions du $\vec{g}_{rad} T$: $\boxed{\lambda = \frac{-E^2}{\pi^2 R_{el}} \frac{z_2 - z_1}{T_2 - T_1}}$

AN: $\underline{\lambda} = -\frac{6^2 (0,2 - 0,1)}{\pi \times 10^{-4} \times 10 \times (320 - 330)} = \frac{36 \cdot 10^{-1}}{\pi \cdot 10^{-4} \times 10^2} = \frac{360}{\pi} \approx \underline{\underline{114,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}}$

II.2.b) $\frac{dT}{dz} = \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} \Rightarrow \boxed{T(z) = T_0 + \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} z}$

or $T_1 = T(z_1) = T_0 + \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} z_1 \Leftrightarrow \boxed{T_0 = T_1 - \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} z_1}$

et $\boxed{T_L = T(L) = T_0 + \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} L}$

AN: $\underline{T_0} = 330 + \frac{10}{0,1} \times 0,1 = \underline{\underline{340 \text{ K}}}$
 $\underline{T_L} = 340 - \frac{10}{0,1} \times 0,4 = \underline{\underline{300 \text{ K}}}$

II.2.c) $\Phi_h = \text{cte} = \Phi_h(z=0) = P_{el}$ (régime permanent)

\Rightarrow puissance thermique évacuée par l'eau de refroidissement en $z=L$

$$\boxed{P_{evacuée} = P_{el} = \frac{E^2}{R_{el}} = \frac{6^2}{10} = \underline{\underline{3,6 \text{ W}}}$$

II-2.d) $R_{th} = \frac{T_0 - T_L}{\Phi_{th}} = \frac{T_0 - T_L}{P_{el}}$

et $\Gamma_{th} = \frac{R_{th}}{L} = \frac{T_0 - T_L}{L P_{el}} = \frac{340 - 300}{0,4 \times 3,6} = \frac{100}{3,6} \approx \underline{\underline{27,8 \text{ K.W}^{-1}.m^{-1}}}$

Partie C : Détente isotherme d'un mélange de deux corps purs

I Corps pur eau (sans diégoth)

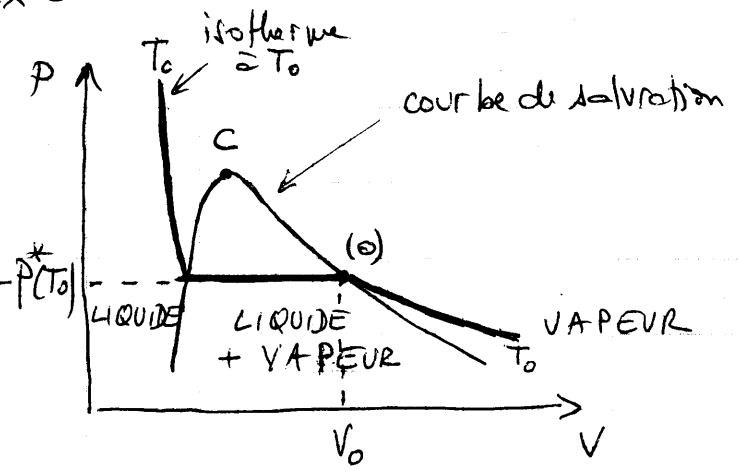
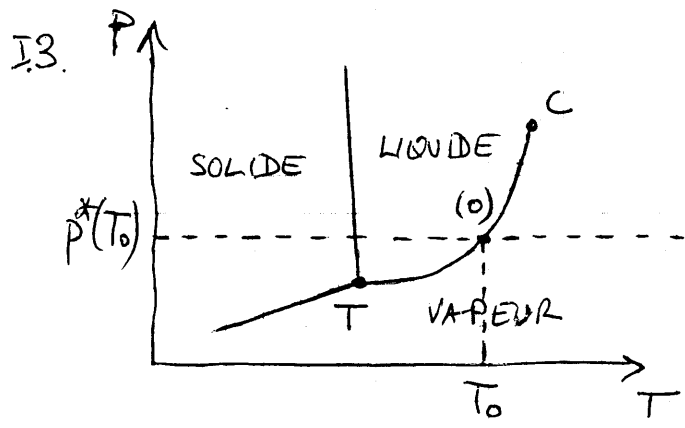
I.1. Etat (0) : l'eau est dans un état de vapeur saturée (mélange vapeur-liquide) à $T_0 = 333 \text{ K}$

$\rightarrow P_{E,0} = P^*(H_2O, T_0) = \text{p. de vapeur saturée de l'eau à } T_0 = \underline{\underline{2 \cdot 10^4 \text{ Pa.}}}$

I.2. L'état (0) correspond au point de rosée (apparition de la 1^{ère} goutte de rosée)

\Rightarrow on n'a que de la vapeur d'eau (n_E mols) dans l'état (0) et on considère que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait $\Rightarrow P_{E,0} V_0 = n_E R T_0$

soit $V_0 = \frac{n_E R T_0}{P^*(T_0)} = \frac{0,3 \times 8,31 \times 333}{2 \times 10^4} \approx \underline{\underline{41,5 \text{ l}}}$



T = pt triple où les 3 phases coexistent

C = pt critique au-delà duquel on ne peut distinguer les 2 phases liq. et gaz.

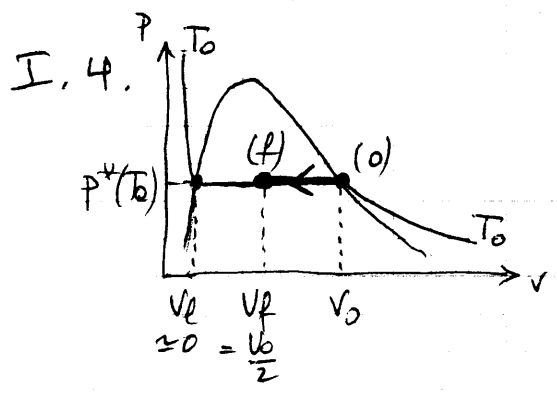
courbe de saturation :

à gauche de C : courbe d'ébullition (apparition de la 1^{ère} bulle de vapeur)

à droite de C : courbe de rosée (apparition de la 1^{ère} goutte de rosée)

[Rq: on a représenté le diag (p, V) avec uniquement les phases liq. et vap → cf diag. complet en annexe]

état (o) : | pt sur la courbe d'équilibre liquide-vapeur du diag. (p, T)
 | pt ————— de rosée du diag. (p, V)



le volume de la phase liquide étant négligeable devant le volume de la phase vapeur, on a $V_l \approx 0$.

(o) $\xrightarrow[\substack{\text{réversible} \\ \hat{=} T_0, p^*(T_0)}]{}$ (f)
 $V_0 \qquad \qquad \qquad V_f = \frac{V_0}{2}$

(can réversible → $P_{ext} = P_{syst} = p^*(T_0)$)

$$W = - \int_{(o)}^{(f)} P_{ext} dV = - p^*(T_0) \int_{V_0}^{V_f} dV$$

$$= - p^*(T_0) (V_f - V_0)$$

$$= \frac{p^*(T_0) V_0}{2} = \frac{n_E R T_0}{2}$$

$$= \frac{0,3 \times 8,31 \times 333}{2} \approx \underline{\underline{415,1 \text{ J}}}$$

[Rq: on peut même calculer la composition liq-vap en (f):
 soit n_v = nbre de mols d'eau vap en (f) tq $n_E = n_v + n_l$
 $n_l = \frac{\text{volume liq}}{V_m}$]

la phase vapeur étant un gaz p : $p^*(T_0) V_f = n_v R T_0$

donc $n_v = \frac{p^*(T_0) V_0}{2 R T_0} = \frac{n_E}{2}$ et $n_l = n_E - n_v = \frac{n_E}{2}$

⇒ en (f) on a un mélange liq-vap avec $n_v = n_l = \frac{n_E}{2}$]

II. Transformation d'un mélange diéote-eau

II. 1. Etat (i) : mélange de n_E mols d'eau + n_N mols de N_2
 à P_{tot1} , V_1 et T_0 (un thermostat maintient la température = T_0)

N_2 reste à l'état gazeux

[Complément nr le mélange idéal de g.p et les pressions partielles: 8

- on considère que la phase vapeur du mélange eau - N₂ se comporte comme un mélange idéal de gaz parfait:

↳ les molécules de gaz du mélange sont supposées ponctuelles et sans interaction

⇒ la phase vapeur du mélange est assimilée à un g.p.

- supposons que dans le mélange eau - N₂ on ait:

$$\left. \begin{array}{l} n_{E\text{vap}} \text{ mol d'eau vapeur} \\ n_{E\text{liq}} \text{ } \end{array} \right\} \text{ avec } n_E = n_{E\text{vap}} + n_{E\text{liq}}$$

+ n_N — N₂ à l'état gazeux

⇒ la phase vapeur du mélange eau - N₂ contient: $n_{\text{vap}} = n_{E\text{vap}} + n_N \text{ mol}$

- la phase vapeur est assimilée à un g.p ⇒ $P_{\text{tot1}} V_1 = n_{\text{vap}} R T_0$

- on définit les pressions partielles par:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{E1} = \frac{n_{E\text{vap}}}{n_{\text{vap}}} P_{\text{tot1}} \text{ pr la vap. d'eau} \\ P_{N1} = \frac{n_N}{n_{\text{vap}}} P_{\text{tot1}} \text{ pr N}_2 \text{ gazeux} \end{array} \right.$$

or $\frac{P_{\text{tot1}}}{n_{\text{vap}}} = \frac{R T_0}{V_1} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_{E1} V_1 = n_{E\text{vap}} R T_0 \\ P_{N1} V_1 = n_N R T_0 \end{array} \right.$

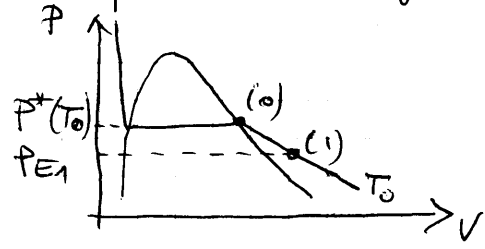
↳ la pression partielle est la pression qu'aurait la vap. d'eau ou le gaz N₂ s'il occupait seul tout le volume V₁ à T₀

- $\boxed{P_{E1} + P_{N1} = \frac{n_{E\text{vap}} + n_N}{n_{\text{vap}}} P_{\text{tot1}} = P_{\text{tot1}}}$ (loi de Dalton)

II. 1. a) Supposons que dans l'état (1), l'eau soit sous forme de vapeur sèche à T_0 :

⇒ l'eau ne contiendrait pas une seule goutte de liq : $n_E = n_{E, \text{vap}}$

→ sur le diag. (p, V)



on aurait dans ce cas : $p_{E1} < p^*(T_0)$ (*)

or on aurait alors :

$$p_{\text{tot}1} V_1 = n R T_0 \quad \text{avec } n = n_{E, \text{vap}} + n_N = n_E + n_N = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ mol}$$

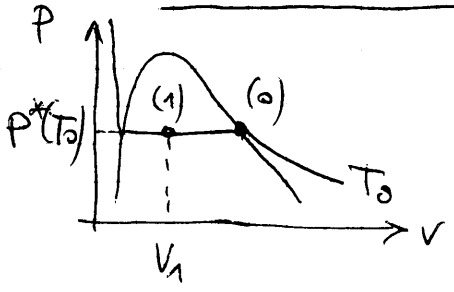
et $p_{E1} V_1 = n_E R T_0$

$$\Rightarrow p_{E1} = \frac{n_E}{n} p_{\text{tot}1} = \frac{0,3}{0,4} \times 3 \times 10^4 \approx 2,25 \times 10^4 \text{ Pa}$$

soit $p_{E1} > p^*(T_0) = 2 \times 10^4 \text{ Pa}$ en contradiction avec (*)

donc : l'eau contient un mélange liq-vap dans l'état (1)

↳ l'eau est sous forme de vapeur saturée à T_0 dans l'état (1)



$$\Rightarrow \boxed{p_{E1} = p^*(T_0)}$$

II. 1. b) On a : $p_{\text{tot}1} = p_{E1} + p_{N1} = p^*(T_0) + p_{N1}$

$$\Leftrightarrow \boxed{p_{N1} = p_{\text{tot}1} - p^*(T_0)} = 3 \times 10^4 - 2 \times 10^4 = \underline{10^4 \text{ Pa}}$$

II. 1. c) On a : $p_{N1} V_1 = n_N R T_0$

$$\text{soit } \boxed{V_1 = \frac{n_N R T_0}{p_{N1}}} = \frac{0,1 \times 8,31 \times 333}{10^4} \approx \underline{27,7 \text{ l}}$$

[V_1 bien $< V_0$: cohérent avec le fait que (1) soit sur la courbe de saturation à $p^*(T_0)$]

II. 1. d) Dans l'état (1) : $n_E = n_{Evap,1} + n_{Elig,1}$

et $P_{E1} V_1 = n_{Evap,1} R T_0$

soit $n_{Evap,1} = \frac{P^*(T_0) V_1}{R T_0} = n_N \frac{P^*(T_0)}{P_{N1}}$ d'après II. 1. c)

$= 0,1 \frac{2 \times 10^4}{10^4} = 0,2 \text{ mol}$

et $n_{Elig,1} = n_E - n_{Evap,1} = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ mol}$

[on a bien un mélange liq-vap d'eau dans l'état (1)
 \rightarrow cohérent avec II. 1. a) !]

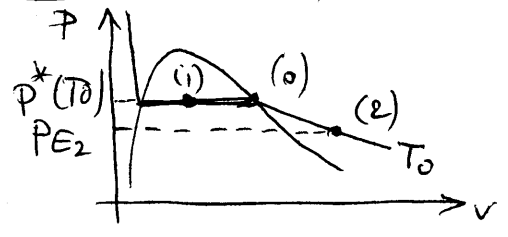
II. 2. Etat (2) : mélange eau-N₂ de $n = n_E + n_N$ mols
 à P_{tot2}, V_2, T_0 avec $P_{tot2} = P^*(T_0)$!
 N₂ reste à l'état gazeux

II. 2. a) La phase vapeur du mélange eau-N₂ étant considérée
 c' un mélange idéal de g.p, on a :

$P_{tot2} = P_{E2} + P_{N2}$

$\Rightarrow P_{E2} = P_{tot2} - P_{N2} = P^*(T_0) - P_{N2} < P^*(T_0)$

\Rightarrow l'eau est sous forme de vapeur sèche dans l'état (2)



II. 2. b) On a : $P_{tot2} = P_{E2} + P_{N2}$

et $P_{N2} V_2 = n_N R T_0$

$P_{E2} V_2 = n_E R T_0$ (car l'eau est vapeur)

$\Rightarrow P_{E2} = \frac{n_E}{n_N} P_{N2}$

$\Rightarrow P_{tot2} = \left(1 + \frac{n_E}{n_N}\right) P_{N2} \Leftrightarrow P_{N2} = \frac{n_N}{n} P_{tot2} = \frac{0,1}{0,4} \times 2 \times 10^4 = 5 \times 10^3 \text{ Pa}$

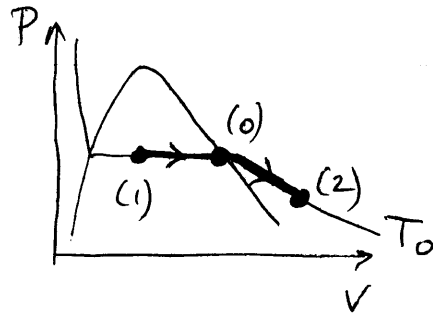
II. 2. c) $P_{tot2} V_2 = n R T_0$ (car le mélange eau-N₂ est gazeux)¹¹
 $\hookrightarrow n_{vap} = n$

$$\Leftrightarrow \boxed{V_2 = \frac{n R T_0}{P_{tot2}}} = \frac{0,4 \times 8,31 \times 333}{2 \times 10^4} \approx \underline{55,3 \text{ l}}$$

[on aurait pu aussi écrire $V_2 = \frac{n_N R T_0}{P_{N_2}}$]

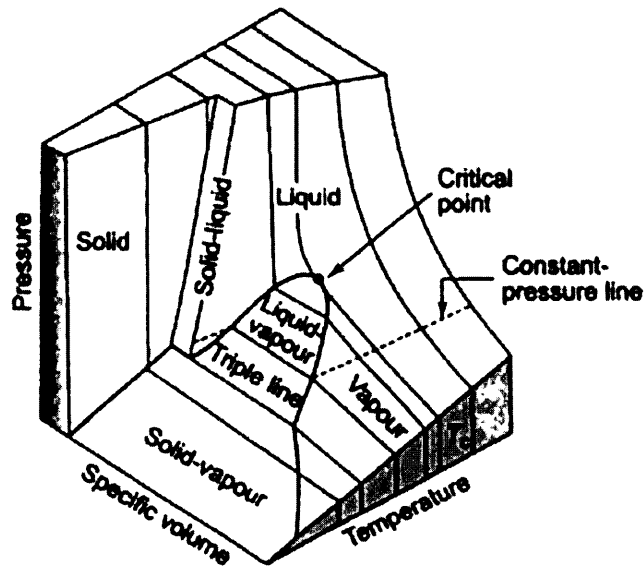
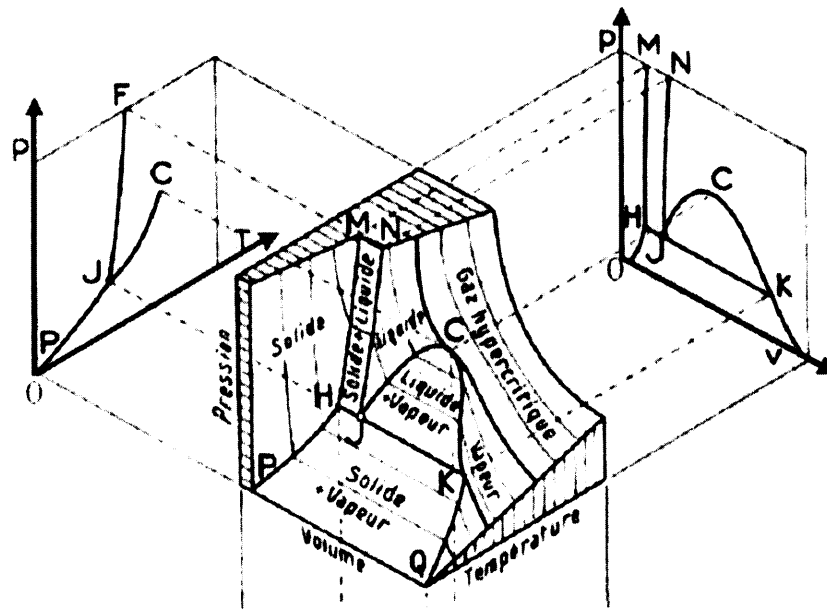
II. 2. d) D'après II. 2. a) on a : $\boxed{\begin{array}{l} n_{Eliq2} = 0 \\ n_{Evap2} = n_E = \underline{0,3 \text{ mol}} \end{array}}$

II. 3. (1) $\xrightarrow{\text{isotherme réversible}}$ (2)
 \Rightarrow avec isotherme T_0

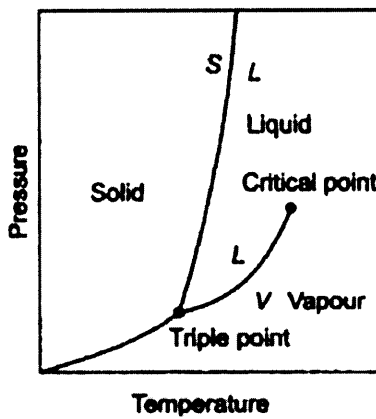


\Rightarrow la vap. d'eau cesse d'être saturante au pt (0)
 de volume $\boxed{V_s = V_0 \approx 41,5 \text{ l}}$ d'après I. 2

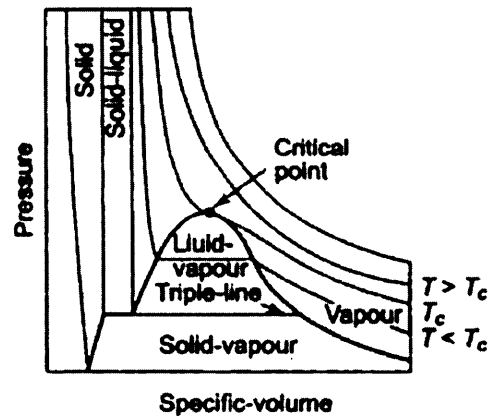
Diagrammes de phase des corps purs



(a)

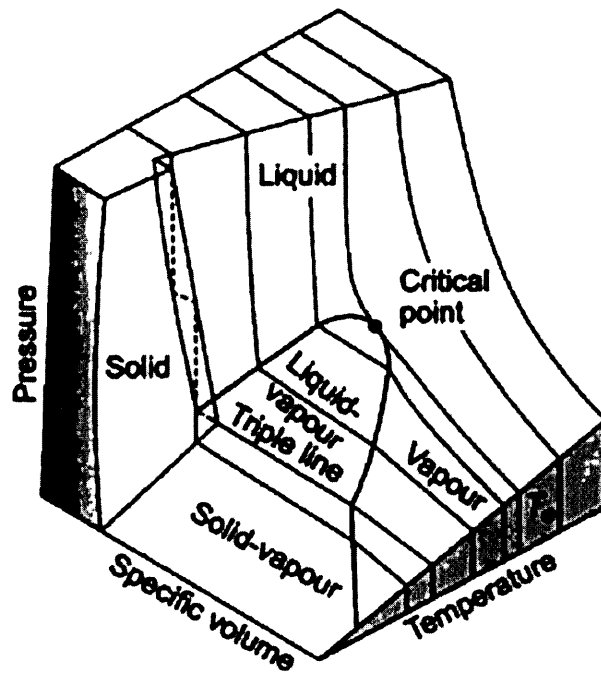


(b)

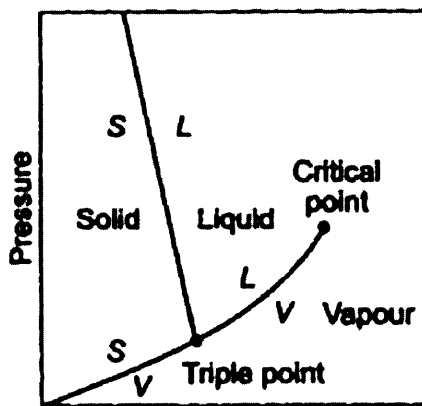


(c)

Diagramme (P,V,T) et projections dans les plans (p,T) et (p,V) pour la plupart des corps purs

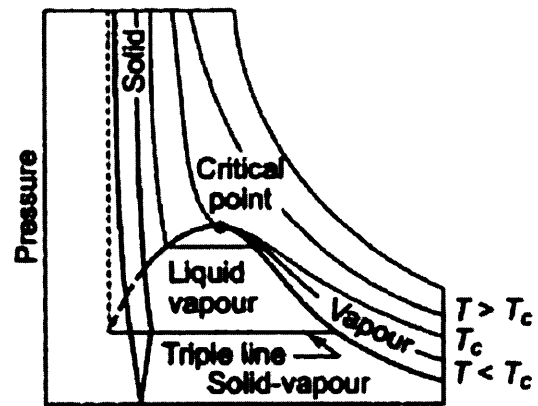


(a)



Temperature

(b)



Specific volume

(c)

Diagramme (P,V,T) et projections dans les plans (p,T) et (p,V) de l'eau pour lequel la courbe d'équilibre solide-liquide a une pente négative