

A.1  $\frac{1}{Z} = jC_0\omega + \frac{1}{jL\omega + \frac{1}{jC\omega}} \Leftrightarrow Z = j \frac{LC\omega^2 - 1}{[C + C_0(1 - LC\omega^2)]\omega}$

$\Leftrightarrow Z = j \frac{aLC\omega^2 - 1}{(1 + a - aLC\omega^2)C\omega}$  avec  $a = \frac{C}{C_0}$

A.2  $|Z| = Z = \left| \frac{aLC\omega^2 - 1}{(1 + a - aLC\omega^2)C\omega} \right|$

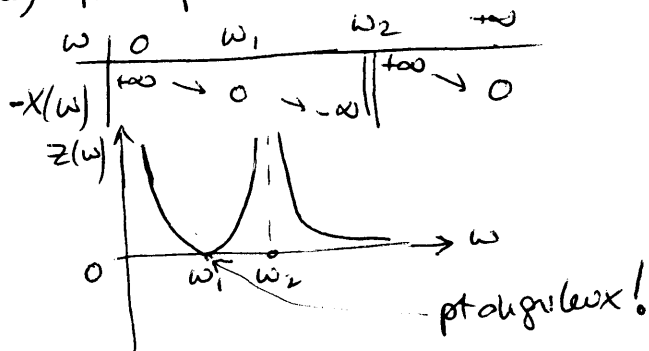
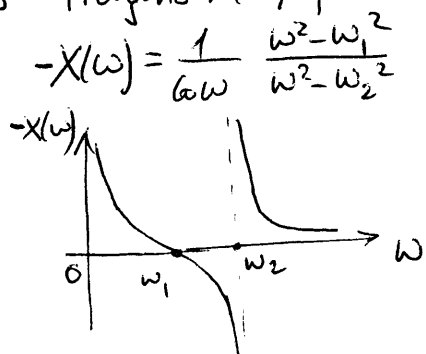
A.3  $Z = Z e^{j\varphi}$  où  $Z$  imaginaire pur  $\rightarrow \varphi = \pm \frac{\pi}{2}$  suivant le signe de  $\frac{aLC\omega^2 - 1}{(1 + a - aLC\omega^2)C\omega} = X(\omega) + j \cdot Y(\omega)$ .  $Z(\omega) = jX(\omega)$

| $\omega$          | 0        | $1/\sqrt{LC}$ | $\sqrt{\frac{1+a}{LC}}$ | $+\infty$ |
|-------------------|----------|---------------|-------------------------|-----------|
| signe $X(\omega)$ | -        | 0             | +                       | $\infty$  |
| $Z$               | $-jZ$    | $jZ$          | $-jZ$                   |           |
| $\varphi [2\pi]$  | $-\pi/2$ |               | $\pi/2$                 | $-\pi/2$  |

A.4.  $Z = 0$  pr  $\omega = \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  et  $Z = +\infty$  pr  $\omega = \omega_2 = \sqrt{\frac{1+a}{LC}}$

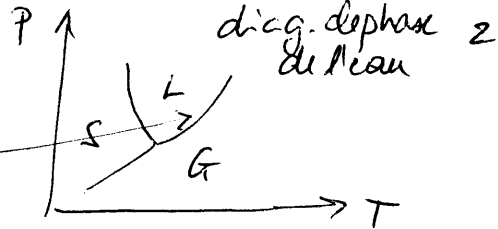
$aLC_0 = \frac{1}{\omega_2^2}$  et  $1+a = \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} \rightarrow Z = \frac{1}{C\omega} \left| \frac{\omega^2 - \omega_1^2}{\omega^2 - \omega_2^2} \right|$

A.5 Traçons  $X(\omega)$  puis  $Z(\omega) = |X(\omega)|$



A.6  $\omega = \omega_1$   $Z = 0 \rightarrow$  interrupteur fermé  
 $\omega = \omega_2$   $Z = +\infty \rightarrow$  ouvert.

(B) B.1  $p_v(T) = p. \text{ vap. saturante de l'eau } \hat{=} T$   
 $= p. \text{ de l'eq. liq-vap. d'eau } \hat{=} T$   
 $= \text{ pente de cette courbe}$



éq. liq-vap:  $\hat{m}$  quantité de matière qui s'évaporent que de matière qui se condense par unité de temps.

évaporation: lorsque le gaz (de l'air le souvent) au-dessus de l'eau n'est pas saturé en vap. d'eau c'est lorsque

$$p_{\text{vap. eau}} = p. \text{ partielle vap. eau contenue ds le gaz} < p_v(T)$$

$\hookrightarrow = N_{\text{vap. eau}} \frac{kT}{V}$  si assimilée à gaz parfait

$\rightarrow$  l'évaporation marche d'autant mieux que l'air au-dessus est ventilé (c'est  $p_{\text{vap. eau}} \uparrow$  moins vite)

évaporation peut se faire  $\hat{=} t$   $t^{\circ}$  sous latent car il suffit  $p. \text{ partielle vap. eau} < p_v(t) \rightarrow$  ex: linge qui sèche, floque qui s'évapore...

B.2.a. Ébullition: formation de bulles de vap. d'eau ds l'eau liq.

les bulles contiennent vap. eau  $\hat{=} p_v(T_1) \hat{=} T_1$   
 elles ne seront pas évacuées si  $p_v(T_1) \geq p_{\text{ext}} = p. \text{ exercée par eau liq sur la bulle.}$

ici:  $\hat{=} T_1$  et  $p_{\text{ext}} = p_v(T_1) \rightarrow$  les bulles pourront se former  $\hat{=} t_1 = 20^{\circ}\text{C}$   
 sous  $p_{\text{ext}} = 0,023 \text{ atm}$

Rq: si  $p_{\text{ext}} = 1 \text{ atm}$ , alors les bulles ne pourront se former que  $\hat{=} 100^{\circ}\text{C}$ !  
 alors qu'il y a évaporation  $\hat{=} t$   $t^{\circ}$   $1 \text{ atm}$ .

[Pour + de détails, voir "Introduction à l'thermo" C. Lhuillier, J. Roux éd. Dunod, p. 192]

B.2. b chgt d'état sous  $p_{\text{ext}} = p_v(T_1)$  et  $\hat{=} T_1$

$$\boxed{Q = m L_v(T_1)} = 1,24 \cdot 10^6 \text{ J}$$

B.2. c.  $W = - \int p_{\text{ext}} dV = -p_v(T_1) [V_{\text{vap}} - V_{\text{liq}}] \approx -p_v(T_1) V_{\text{vap}}$  car  $V_{\text{liq}} \ll V_{\text{vap}}$

vap. eau assimilée à g.p:  $p_v(T_1) V_{\text{vap}} = nRT_1$  avec  $n = \frac{m}{M}$

$$\rightarrow \boxed{W = -nRT_1 = -\frac{mRT_1}{M}} = -6,77 \cdot 10^4 \text{ J}$$

B.2. d.  $\boxed{\Delta U = W + Q} = 117,2 \cdot 10^4 \text{ J}$

B.2. e.  $H = U + p_v(T_1)V \rightarrow \boxed{\Delta H = \Delta U + p_v(T_1)(V_{\text{vap}} - V_{\text{liq}})} = \boxed{Q} = 1,24 \cdot 10^6 \text{ J}$

B. 2.f  $\Delta S = \int \frac{\delta Q^{rev}}{T}$  calculée sur chemin rev. isotherme

$$\boxed{\Delta S = \frac{Q}{T_1}} = 4232,1 \text{ J K}^{-1}$$

B. 2.g 2<sup>d</sup> principe  $\Delta S_{\text{masse} + \text{ext}} \geq 0$  can l'eau. masse m d'eau + ext. et adiabatique

or  $\Delta S_{\text{ext}} = \frac{Q_{\text{ext}}}{T_{\text{ext}}} = -\frac{Q}{T_{\text{ext}}}$  (l'ext joue le rôle d'une source)

$\rightarrow \Delta S \geq \frac{Q}{T_{\text{ext}}}$  soit  $\frac{Q^{rev}}{T_1} \geq \frac{Q}{T_{\text{ext}}}$

on a égalité ds cas rev si  $T_{\text{ext}} = T_1$

B.3 Formule de Clapeyron :  $\boxed{L_v(T) = T (u_v - u_l) \frac{dP_v(T)}{dT}}$

avec  $u_v, u_l$  volumes massiques de masse m vap eau et de masse m eau liq. respectivement.

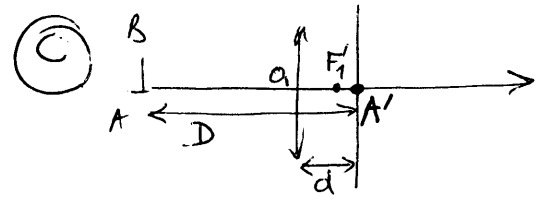
[Rq :  $u_v \gg u_l \rightarrow \frac{dP_v(T)}{dT} \gg 0$  : en accord avec courbe  $P_v(T)$  du diag. de phase de l'eau.]

B.4  $L_v(T) = L_v$   
 $u_v \gg u_l$   
 $u_v = \frac{V_v}{m} = \frac{RT}{M P_v(T)}$  }  $L_v = \frac{RT^2}{M P_v(T)} \frac{dP_v(T)}{dT} \Leftrightarrow \frac{dP_v(T)}{P_v(T)} = \frac{M L_v}{R} \frac{dT}{T^2}$

on intègre entre  $T_1$  et  $T_2$  :  $\ln \frac{P_v(T_2)}{P_v(T_1)} = -\frac{M L_v}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$

soit  $\boxed{P_v(T_2) = P_v(T_1) e^{-\frac{M L_v}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}} = 12600 \text{ Pa}$

[ $P_v(T)$  fct  $\uparrow$  d'après diag. de p :  $T_2 > T_1$  et on a bien  $P_v(T_2) > P_v(T_1)$   
 en fait  $t_1 = 20^\circ\text{C} < t_2 = 50^\circ\text{C} < 100^\circ\text{C}$  et  $P_v(T_1) < P_v(T_2) < P_{\text{atm}}$   
 0,023 atm 0,126 atm 1 atm.]



c.1  $\frac{1}{O_1 A'} - \frac{1}{O_1 A} = \frac{1}{f_1}$  avec  $O_1 A = d - D (< 0)$  et  $O_1 A' = d$  (image nr négatif)  
 $\Leftrightarrow \frac{1}{d} - \frac{1}{d-D} = \frac{1}{f_1} \Leftrightarrow \boxed{d^2 - Dd + Df_1 = 0}$

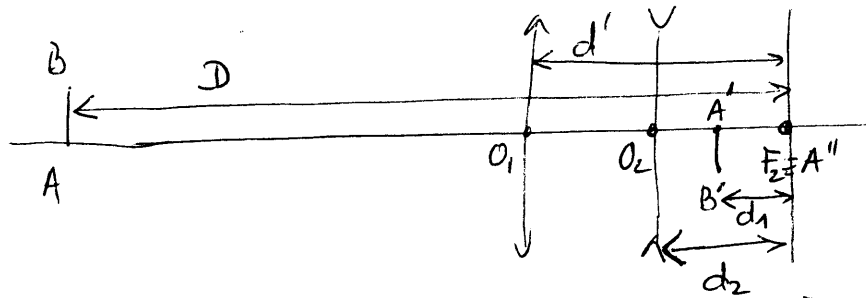
c.2  $\Delta = D^2 - 4Df_1 = 2490$   
 $d = \frac{D \pm \sqrt{\Delta}}{2} = 49,9 \text{ m}$  ou  $0,05 \text{ m}$

contrainte  $d < d_{\text{max}} = 100 \text{ mm} \rightarrow$  seule solution acceptable  $d = 50,05 \text{ mm}$   
 $\rightarrow$  image pratiquement ds plan focal image : normal, objet AB pratiquement à l'oo

C.3  $\gamma_1 = \frac{A'B'}{AB} = \frac{O_1A'}{O_1A} = \frac{d}{d-D} \rightarrow \frac{h'}{h} = \left| \frac{d}{d-D} \right| = \frac{d}{D-d}$  4.

$\rightarrow \boxed{h' = \frac{d}{D-d} h} = \underline{2,0 \text{ mm}}$

C.4.  $AB \xrightarrow{L_1} A'B' \xrightarrow{L_2} A''B''$



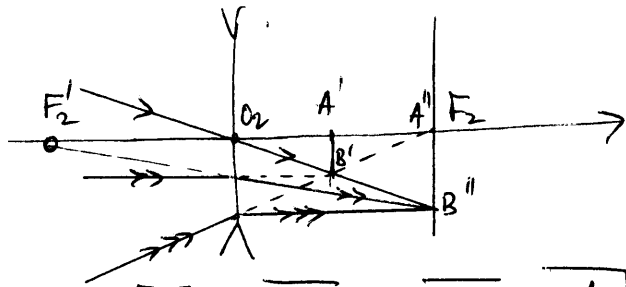
$\frac{1}{O_2A''} - \frac{1}{O_2A'} = \frac{1}{f_2'}$  avec  $O_2A'' = d_2$

$\Rightarrow O_2A' = \frac{f_2' d_2}{f_2' - d_2} = 20 \text{ mm}$

et  $\boxed{d_1 = d_2 - O_2A'} = \frac{d_2}{\frac{d_2 - f_2'}{f_2'}}} = \underline{20 \text{ mm}}$

ou  $F_2A' \quad F_2A'' = -\frac{f_2'^2}{f_2' - d_2}$  avec  $A'' = F_2 \rightarrow F_2A' = -\frac{f_2'^2}{F_2A''} = -\frac{f_2'^2}{-\frac{f_2'^2}{f_2' - d_2}} = \frac{f_2'}{2} (< 0)$

$\rightarrow \boxed{d_1 = A'F_2 = -\frac{f_2'}{2}} = \underline{20 \text{ mm}}$



C.5  $\boxed{\gamma_2 = \frac{A''B''}{A'B'}} = \frac{O_2A''}{O_2A'} = \frac{d_2}{d_1} = \underline{2}$ . (ok avec schéma précédent)

C.6 Astuce : l'objet  $AB$  est très loin de l'objectif  $\rightarrow A'B'$  de plan focal image de l'objectif (cf C.2)

$\rightarrow O_1A' = f_1' = 50 \text{ mm}$

$\rightarrow \boxed{d' = f_1' + d_1} = \underline{70 \text{ mm}}$

[Rq : l'objet n'est pas à une distance de l'objectif ici et en C.2 en C.2  $AO_1 = D - d = 49,95 \text{ m}$  et  $AO_1 = D - d' = 49,93 \text{ m}$  ici mais dans les cas  $AO_1 \gg f_1'$ ]

C.7  $\gamma_2 = 2 = \frac{h''}{h'}$  avec  $h' = 0,002 \text{ m}$  d'après C.3  $\rightarrow \underline{h'' = 4 \text{ mm}}$

C.8. Doubleur de focale : a doublé la taille de l'image ( $h'' = 2h'$ ) avec un gain d'encombrement

Si on avait doublé la focale de la lentille CV (fig. C1)  $f' = 2f_1'$  :  
 comme  $D \gg d$ , l'image  $A'B'$  est sur le plan focal image de la lentille  
 $\rightarrow O_1A' \approx f_1'$  et  $\gamma = \frac{O_1A'}{OA} \approx \frac{f_1'}{D} \rightarrow$  m effet : taille de l'image  $\times 2$   
 mais l'encombrement  $d = O_1A' \approx f_1'$  est donc de  $2 \times 50 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$   
 au lieu des  $70 \text{ mm}$  de le cas du doubleur de focale.