Exercice :

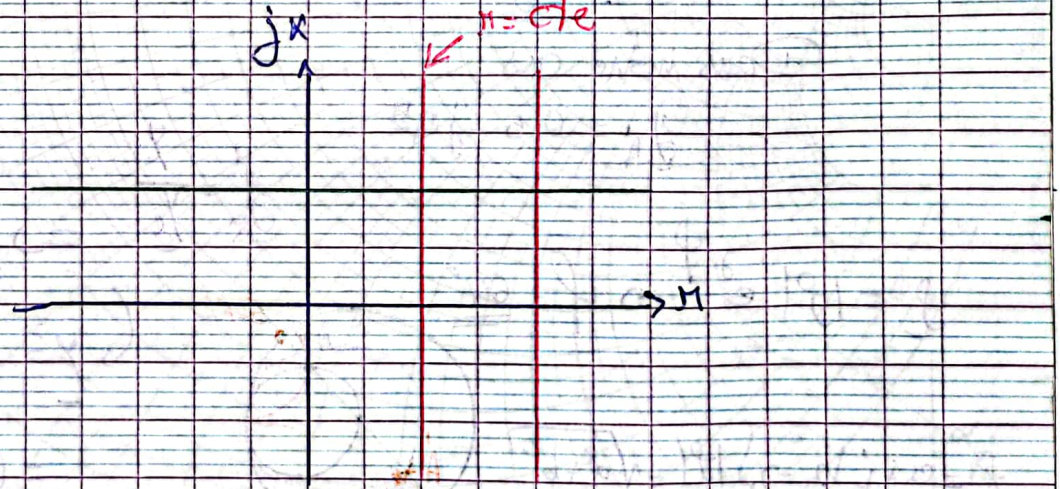
$\underline{f} = a + jb \quad ; \quad \underline{g} = \frac{\underline{Z}(\beta)}{Z_c} = r + jx$

(1) $\left(a - \frac{r}{r+1}\right)^2 + b^2 = \left(\frac{1}{1+r}\right)^2$ et $\left(a - 1\right)^2 + \left(b - \frac{1}{x}\right)^2 = \left(\frac{1}{x}\right)^2$ (2)

Interprétation :

- L'équation (1) montre que le lieu de point transformé de la droite somme de cercle des centres $\left(\frac{r}{r+1}, 0\right)$ et de rayon $\frac{1}{r+1}$ et dans les 2 intersections avec l'axe de réels sont $\left(\frac{r-1}{r+1}, 0\right)$ et $(1, 0)$
- L'équation (2) que le lieu de point transformé de la droite $x =$ cst sont des cercle des centres $\left(1, \frac{1}{x}\right)$ et de rayon $\frac{1}{x}$

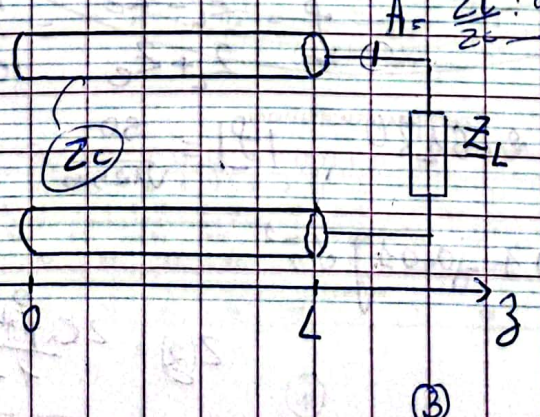
Le cercle $r = 1$ est le cercle le plus important car le point le plus important le centre O



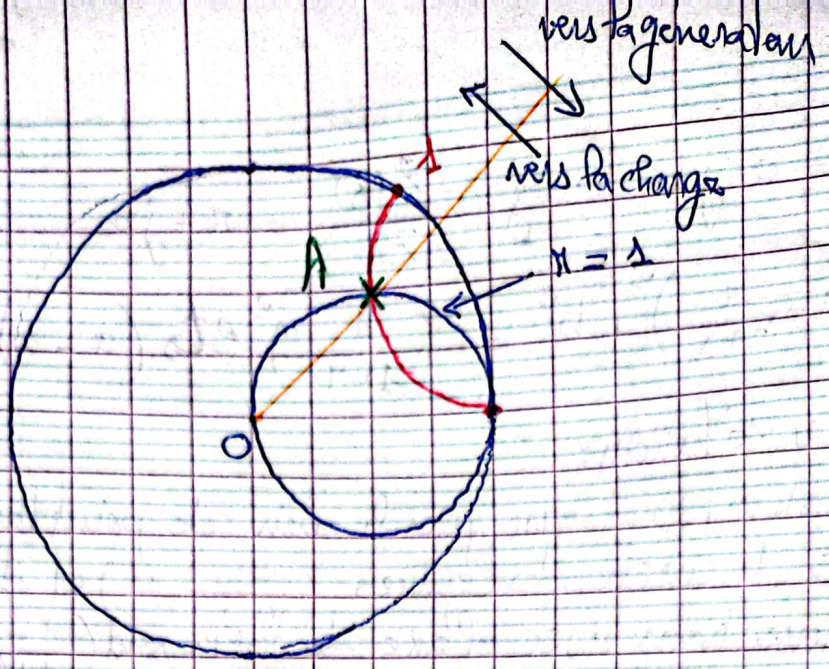
Exemple 1 :

LSP $\Rightarrow Z_c = 50, \quad \underline{Z}_L = (50 + j50)\ \Omega$

$L = 50\ cm \quad d = 20\ cm$



- Plaçons le point A sur l'abaque
1 → Calcule de l'impedance réduite : $\underline{z}_n = \frac{\underline{Z}_L}{Z_c} = \frac{50 + 50j}{50} = 1 + j$



$\underline{\rho}$? s ?

$|\rho| = 0,44$

$s \simeq 2,6$

SWR

$|\underline{\rho}|$

EX:

Montrer $\underline{y} = \frac{1}{3}$ sur l'abaque est le rayon % de $A \Rightarrow A'$

① Dans notre cas

$\underline{y}_A = 0,5 - j0,5$

$\underline{y}_A$: impédance

$\underline{y}_A = \frac{\underline{y}}{\underline{y}_c} \Rightarrow \underline{y} = \underline{y}\, Y_c = \frac{\underline{y}}{Z_c}$

$\Rightarrow \underline{y} = \frac{0,5 - j0,5}{50}$

$= (0,01 - j\,0,01)\ \Omega^{-1}$

$\underline{\rho} = |\rho| e^{j\varphi} \Rightarrow \varphi = 64°$



$\underline{\rho} = a + jb \Rightarrow \begin{cases} |\rho| = \sqrt{a^2+b^2} \\ \varphi = \arctg\left(\frac{b}{a}\right) \end{cases}$

refaire cet exercice par le calcul

$\varphi = 63°,4349$

$s = \frac{1+|\rho|}{1-|\rho|} = 2,6180$

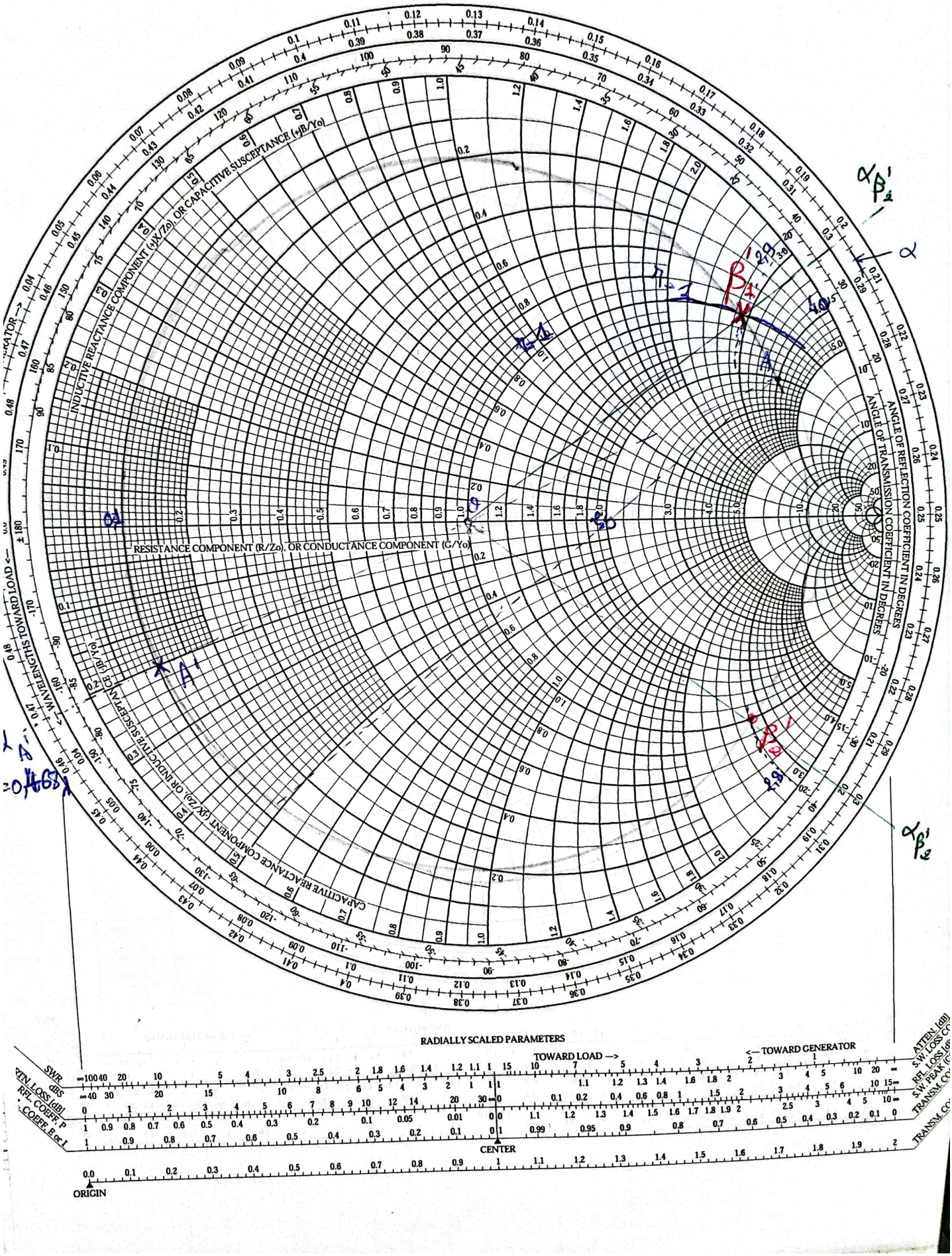
$\underline{\rho} = \frac{Z_L - Z_c}{Z_L + Z_c} = \frac{50j}{100+50j}$

$|\underline{\rho}| = \frac{50}{\sqrt{12500}} = 0,4472$

$\underline{Y}_L = \frac{1}{Z_L} = (0,01 - j0,01)\ \Omega^{-1}$

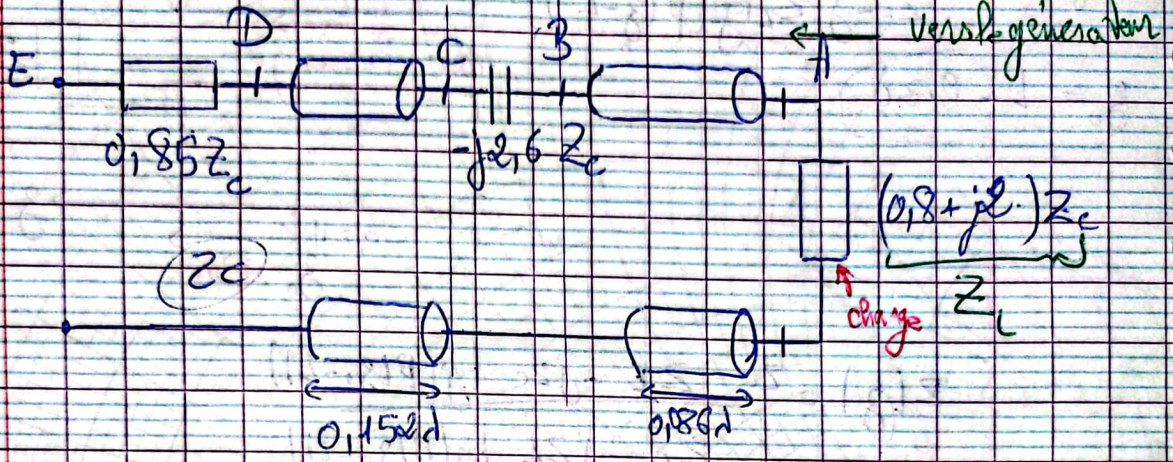
④ $Z(s) = 2 \frac{\rho(s)+1}{1-\rho(s)}$ $\frac{1+|\rho|}{1-|\rho|}$

The Complete Smith Chart



Exercice 3

Trouver l'impédance ramenée (équivalence) en E du circuit suivant



$\alpha_A = 0,134\lambda$

$\alpha_B = \alpha_A + 0,086\lambda = 0,220\lambda$

$$\begin{cases} \underline{z}_B = 4 - j3,4 \\ \underline{z}_C = \underline{z}_B - j2,6 = 4 - j6 \end{cases}$$

$z_c = 4 - j6$

$$\begin{cases} \alpha_D = \alpha_C + 0,152\lambda \\ \quad = 0,420\lambda \\ \underline{z}_D = 0,1 - j0,35 \end{cases}$$

avec $\alpha_C = 0,268\lambda$

$$\begin{cases} \underline{z}_E = \underline{z}_D + 0,85 \\ \quad = 0,95 - j0,35 \end{cases}$$

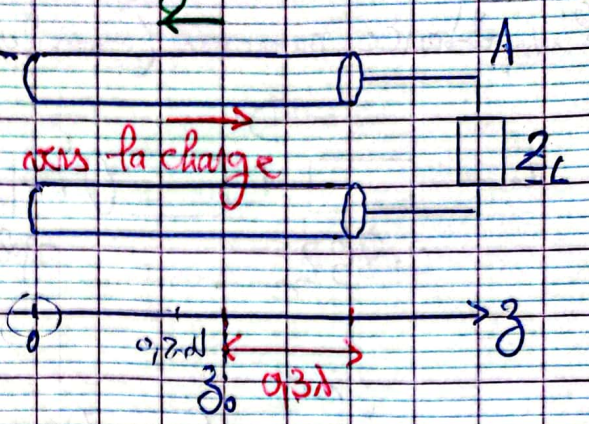
Quelle est l'impédance à 0,3λ de la charge

$$Z(z_0) = Z_c \frac{Z_L - j Z_c \operatorname{tg}(\beta(z_0 - L))}{Z_c - j Z_L \operatorname{tg}(\beta(z_0 - L))}$$

$z_0 = L - 0{,}3\lambda$

vers le générateur

vers la charge

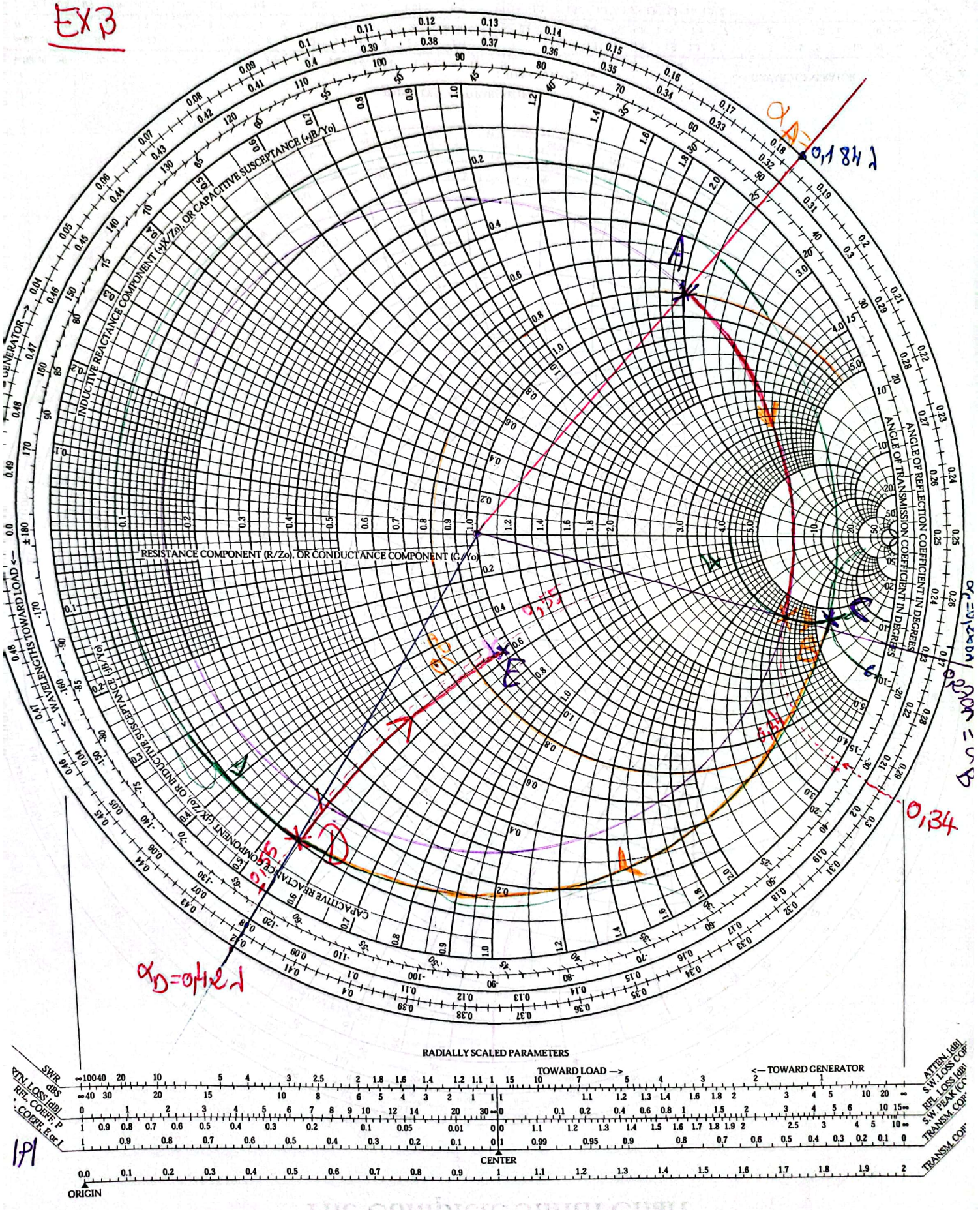


$$Z(z) = Z_c \frac{Z_L - j Z_c \operatorname{tg}(\beta(z_0 - L))}{Z_c - j Z_L \operatorname{tg}(\beta(z_0 - L))}$$

$$Z(z) = Z_c \frac{Z_L - j Z_c \operatorname{tg}(\omega(z - L))}{Z_c - Z_L \operatorname{tg}(\omega(z - L))}$$

The Complete Smith Chart

EX3



RADIALLY SCALED PARAMETERS

TOWARD LOAD —>

<— TOWARD GENERATOR

SWR

ATTEN. (dB)

ORIGIN

CENTER

TRANSM. COEFF. P

Ex4 : Adaptation par une ligne $\frac{\lambda}{4}$

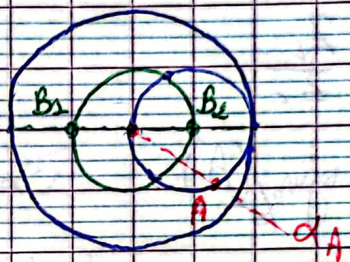
$\underline{Z_L} = (150 - j150)\,\Omega$

$Z_c = 100\,\Omega$ $\quad f = 600\,MHz$

cas à air $\Rightarrow \varepsilon_r = 1 \Rightarrow v = c \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$

$\underline{z}_A = \frac{\underline{Z}_L}{Z_c} = 1,5 - j1,5, \quad r_2 = 3,4, \quad r_3 = 0,3$

$\alpha_A = 0,306\,\lambda$



1ère solution

$\underline{Z} = R + jX \qquad \underline{z} = \frac{\underline{Z}}{Z_c} = r + jx$

$R_1 = r_1 \times Z_c$

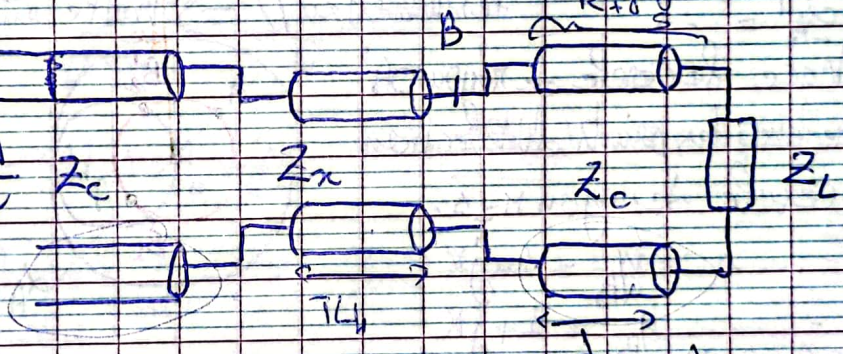
$= 0,3 \times 100 = 30\,\Omega$

$d_1 = \alpha_{B_1} - \alpha_A + n\frac{\lambda}{2}$

$= 0,5\lambda - 0,306\lambda + n\frac{\lambda}{2}$

$= 0,444\lambda + n\frac{\lambda}{2}$

$= 22,2\,cm + n\,25\,cm$



$Z_{x_1} = \sqrt{R_1 \times Z_c} = \sqrt{30 \times 100} = 54,8\,\Omega$

$30\,\Omega$ $\quad R_x = \sqrt{Z_L Z_c}$

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{6.10^8} = 0,5\,m = 50\,cm$

2ème solution

$R_2 = r_2 \times Z_c = 100 \times 3,4 = 340$

$d_2 = \alpha_{B_2} - \alpha_A + n\frac{\lambda}{2} = 0,25\lambda + 0,5\lambda - 0,306\lambda + n\frac{\lambda}{2}$ (négatif)

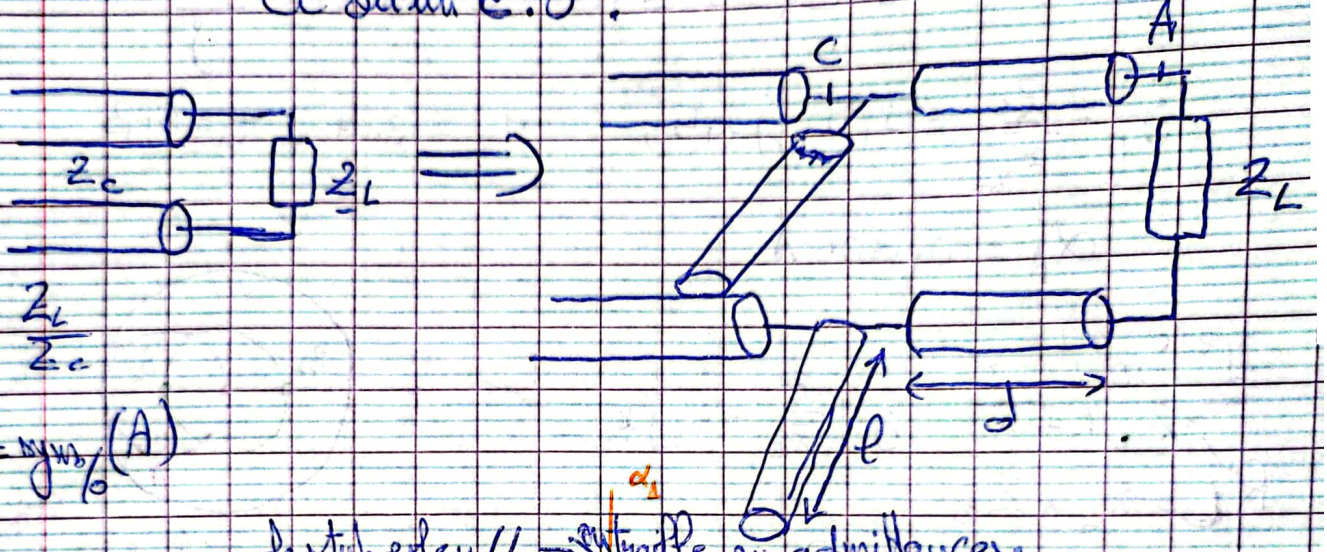
$= 0,444\,\lambda + n\frac{\lambda}{2}$

$= 22,2\,cm + n\,25\,cm$

$Z_{x_2} = \sqrt{R_L \times Z_L} = \sqrt{340 \times 100} = 184\,\Omega$

V-4- Adaptation simple Stub:

Stub: longueur de ligne variable qui est terminée par CC ou un C.O.



1°) $\underline{z}_A = \frac{Z_L}{Z_c}$

2°) $\underline{y}_{A'} = sym_{(O)}(A)$

3°) $\alpha_{A'} = \ldots$

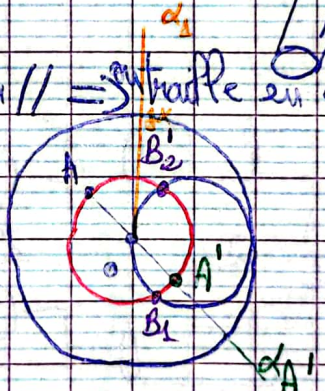
on trace le cercle de rayon OA'

4°) on relève les points d'intersection avec le cercle de rayon r = 1.

$\alpha_{B_1} = \ldots \quad \underline{y}_{B_1} = 1 - jx$

$\alpha_{B_2} = \ldots \quad \underline{y}_{B_2} = 1 + jx$

le stub est en // ⇒ on travaille en admittances:



5°) Calcul de d

1ère solution $d_1 = \alpha_{B_1'} - \alpha_{A'} + n\frac{\lambda}{2}$

2ème solution $d_2 = \alpha_{B_2'} - \alpha_{A'} + n\frac{\lambda}{2}$

6°) longueur du Stub:

le stub est équivalent à une susceptance variable. + réactance

si Z_c' du stub est égale à Z_c de la LSP

⇒ la longueur l correspond à

$+jx$ pour la première solution

et $-jx$ pour la deuxième solution

cas où le stub est en C.C.: $l_1 = \alpha_1 - \alpha_{cc} + n\frac{\lambda}{2}$

$l_2 = \alpha_2 - \alpha_{cc} + n\frac{\lambda}{2}$

Exemple 5

Soit une LSP (coax à air) de $Z_c = 50\Omega$

Terminée par Z_L qui est composée d'une résistance $R = 40\Omega$ Le stub est en // $\Rightarrow$ on travaille en admittance avec une capacité de réactance $-j100\Omega$

Sachant que $f = 600\,MHz$ Adapter au moyen d'une stub CC

$$\underline{Z_L} = (40 - j100)\,\Omega$$

$$\underline{z_A} = \frac{\underline{Z_L}}{Z_c} = \frac{40 - j100}{50} = 0{,}8 - j2$$

$$\alpha_A' = 0{,}066\lambda$$

$$\alpha_{B_1}' = 0{,}193\lambda \qquad \underline{y}_{B_1}' = 1 + j2{,}25$$

$$\alpha_{B_2}' = 0{,}307\lambda \qquad \underline{y}_{B_2}' = 1 - j2{,}25$$

$$d_1 = \alpha_{B_1}' - \alpha_A' + n\frac{\lambda}{2} = 0{,}193\lambda - 0{,}066\lambda + n\frac{\lambda}{2}$$

$$d_1 = 0{,}127\lambda + n\frac{\lambda}{2} = 6{,}35\,cm + n\,25\,cm$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = 50\,cm$$

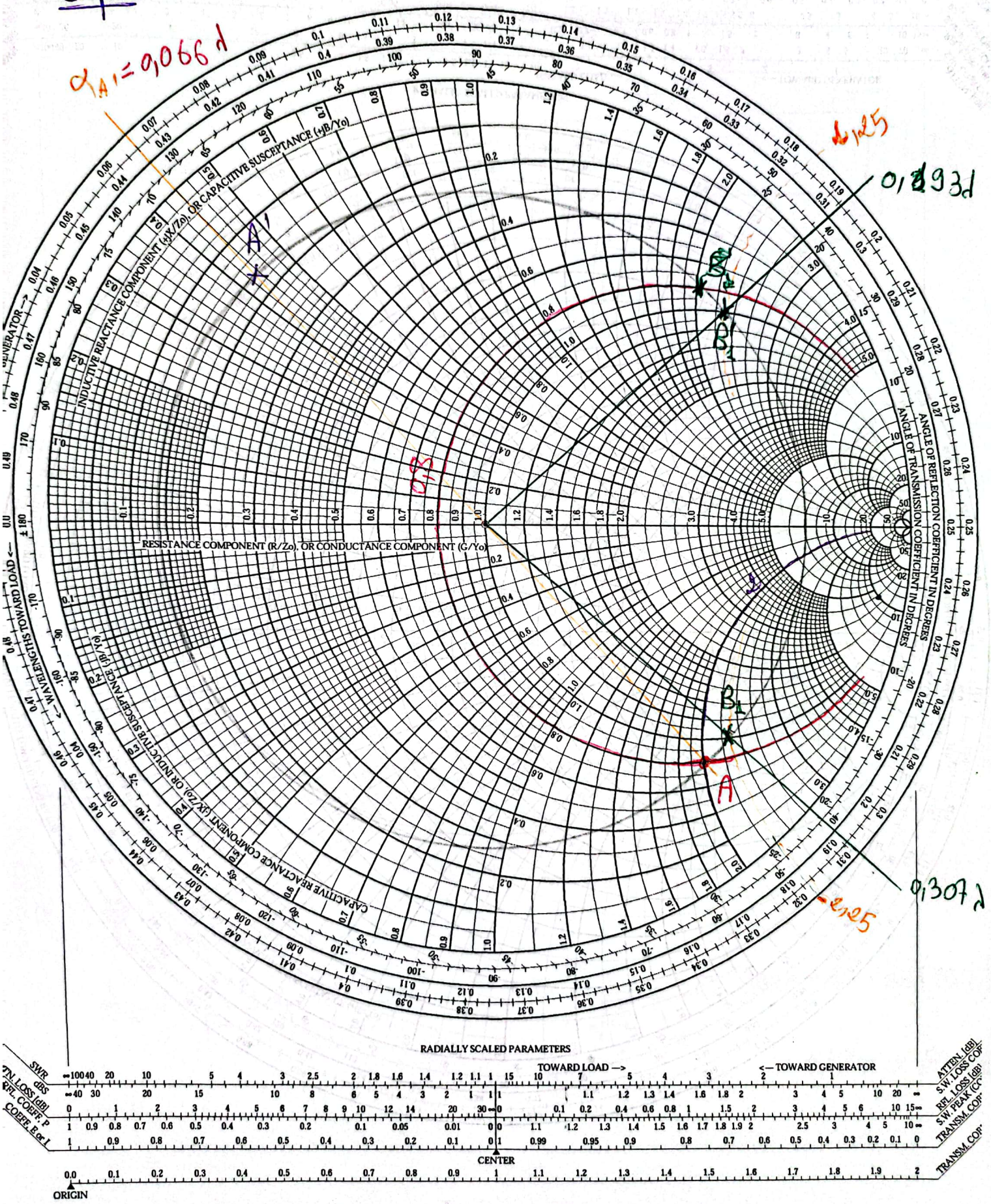
$$d_2 = \alpha_{B_2}' - \alpha_A' + n\frac{\lambda}{2} = 0{,}307\lambda - 0{,}066\lambda + n\frac{\lambda}{2}$$

$$= 0{,}241\lambda + n\frac{\lambda}{2} = 12{,}05\,cm + n\,25\,cm$$

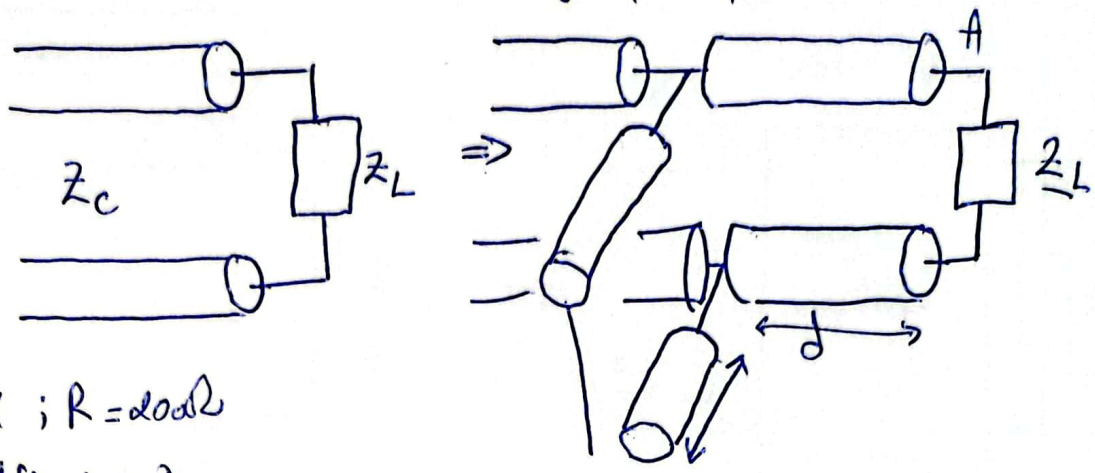
Longueurs des stubs

The Complete Smith Chart

EXP 5



... sans pertes de $Z_c = 100\Omega$, qui est terminée par une charge composée d'une résistance $R = 200\Omega$ en série une self inductance $L = 50nH$. Sachant que $f_0 = 1{,}25GHz$, adapter cette ligne avec un stub court-circuité de même Z_c que la ligne principale.



$\underline{Z}_L = R + jX$; $R = 200\Omega$

$\boxed{X = wL}$ (bobine)

$X = -\frac{1}{wC}$ (capacité)

$X = wL = 2\pi f_0 \times 50 \times 10^{-9} = 2\pi \cdot 1{,}25 \cdot 10^9 \times 50 \times 10^{-9} = 125\pi \cdot = 392{,}7\Omega$

$\Rightarrow \underline{Z}_L = (200 + j\,392{,}7)\Omega$

on va placer le point A ; $\underline{z}_A = \frac{\underline{Z}_L}{Z_c} = 2 + j\,3{,}9927$

comme le stub est en // on va travailler en admittance.

on cherche alors le signe de $A/0$ soit A puis $d_{A'} = 0{,}468\lambda$

- on trace le cercle de rayon OA' (ou OA), on obtient, à l'intersection avec le cercle $r = 1$ soient B'_1 et B'_2 $\Rightarrow$ $d_{B'_1} = 0{,}202\lambda$ $y_{B'_1} = 1 + j\,2{,}9$

$d_{B'_2} = 0{,}298\lambda$ $y_{B'_2} = 1 - j\,2{,}9$

$d_1 = d_{B'_1} - d_{A'} + n\frac{\lambda}{2}$

$d_2 = d_{B'_2} - d_{A'} + n\frac{\lambda}{2}$

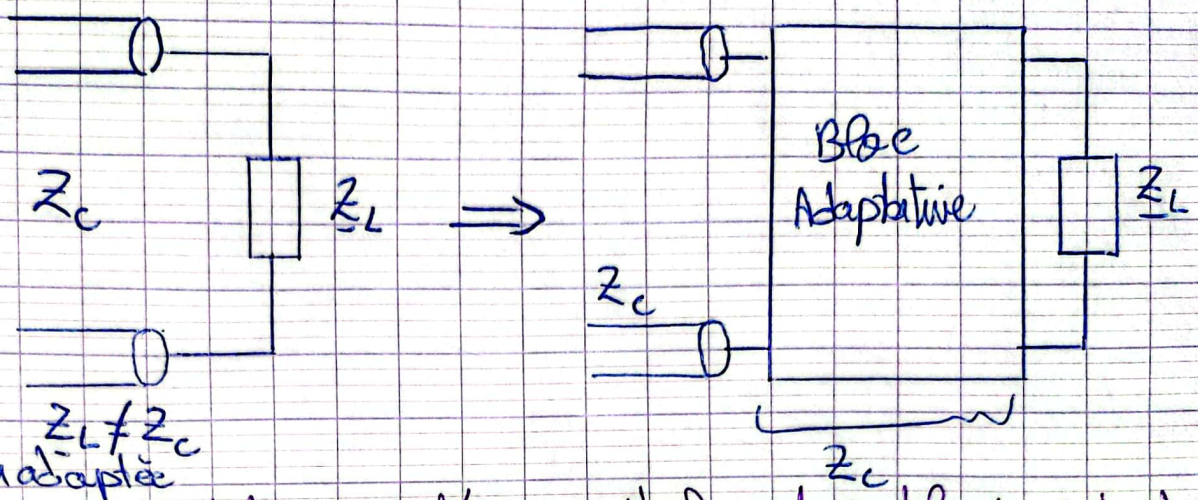
$\lambda = \frac{v}{f_0}$

$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} = c$ dans notre cas (air)

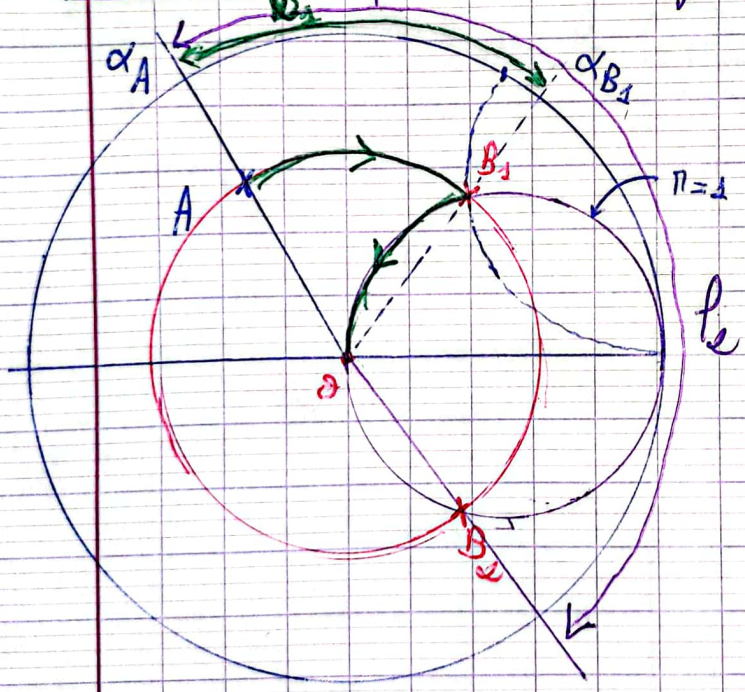
$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}25 \cdot 10^9} = 0{,}24m = 24cm$

IV - Adaptation des lignes de transmission :

IV - 1 - Principe :

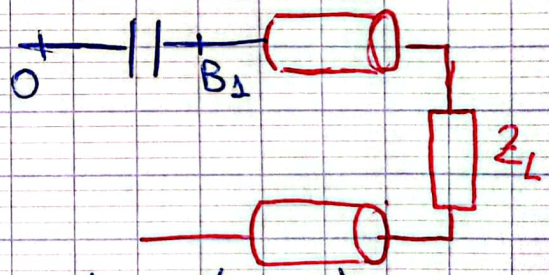


IV - 2 - Adaptation Au Moyen d'Eléments réactifs (ou réactance)



① $\underline{z}_D = 1 + j0$

$A \longrightarrow B_1 \longrightarrow 0$

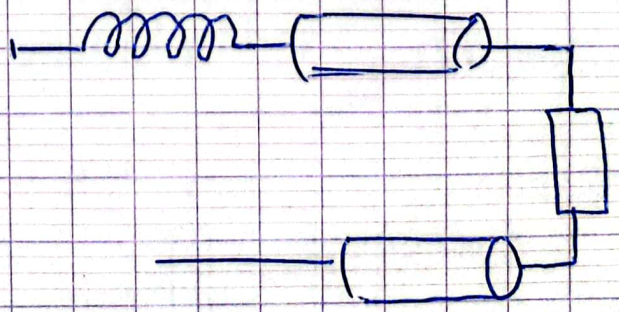


$l_1 = \alpha_{B_1} - \alpha_A + n\frac{\lambda}{2}$

$\underline{z}_{B_1} = 1 + jx \quad x > 0$

$\underline{z}_0 = \underline{z}_{B_1} + (-jx) = 1 + j0$

② $A \longrightarrow B_2 \longrightarrow 0$



$l_2 = \alpha_{B_2} - \alpha_A + n\frac{\lambda}{2}$

$\underline{z}_{B_2} = 1 - jx$

$\underline{z}_0 = \underline{z}_B + jx = 1 + j0$