Chapitre III

Technique d'Adaptation d'Impédance et Abaque de Smith.

Partie A Technique d'adaptation d'impédance :

III.1. PRoblème de l'adaptation

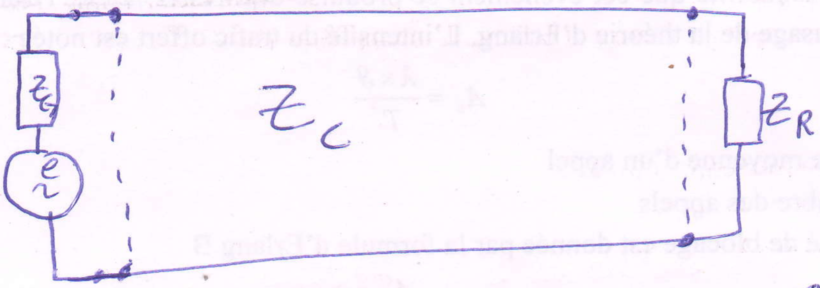


figure 1 : Générateur, ligne et Récepteur

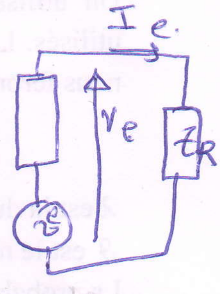


figure 2 : schéma équivalent

le problème le plus général est schématisé sur la figure 1.

Il s'agit de transmettre, par l'intermédiaire de cette ligne, le maximum de puissance du générateur vers le récepteur.

le problème se pose, et se résout, à deux niveaux : au niveau du générateur et au niveau du récepteur. Il faut que :

- le générateur puisse transmettre à la ligne le maximum de puissance (puissance disponible).
- le récepteur reçoive de la ligne le plus possible de cette puissance

III.2 Conditions d'adaptation

III.2.1 condition d'adaptation du générateur

Soit $Z_e = R_e + jX_e$ l'impédance d'entrée de la ligne, cela veut dire que tout se passe comme si le générateur était fermé sur Z_e (figure 2). calculons quelle est la puissance active P fournie par le générateur, d'impédance interne $Z_G = R_G + jX_G$, à la ligne. Soient $\underline{V}_e$ et $\underline{I}_e$ les amplitudes des complexes de la tension et du courant à l'entrée de la ligne.

$$P = \frac{1}{2}\,\Re\left[\underline{V}_e \cdot \underline{I}_e^*\right] = \frac{1}{2}\,\Re\left\{Z_e \underline{I}_e \cdot \underline{I}_e^*\right] = \frac{1}{2} R_e I_e^2$$

OR :
$$\underline{I}_e = \frac{E}{Z_G + Z_e} = \frac{E}{(R_G+R_e) + j(X_G+X_e)}$$

Donc
$$P = \frac{1}{2} R_e \frac{E^2}{(R_G+R_e)^2 + (X_G+X_e)^2}$$

Les conditions pour que la puissance délivrée soit maximale :

- Il faut tout d'abord que

$$X_G + X_e = 0 \Longrightarrow X_G = -X_e$$

donc :
$$P = \frac{1}{2} R_e \frac{E^2}{(R_G+R_e)^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E^2}{\left(\frac{R_G}{\sqrt{R_e}} + \sqrt{R_e}\right)^2}$$

- pour que P max il faut que

$$\frac{R_G}{\sqrt{R_e}} = \sqrt{R_e} \Longrightarrow \boxed{R_G = R_e}$$

Finalement : $Z_e = Z_G^*$

III.2.2. Condition d'adaptation du récepteur :

Le récepteur est adapté à la ligne lorsque $\Gamma_R = 0$, puisque alors il n'y a pas d'onde réfléchie. La condition $\Gamma_R = 0$ est réalisée lorsque : $Z_R = Z_C$

III.2.3. Synthèse de ces conditions.

Nous venons de démontrer que, pour adapter le générateur d'impédance interne Z_G au récepteur d'impédance Z_R lorsqu'ils sont reliés par une ligne d'impédance caractéristique Z_c, il était nécessaire d'utiliser deux dispositifs (2) d'adaptation

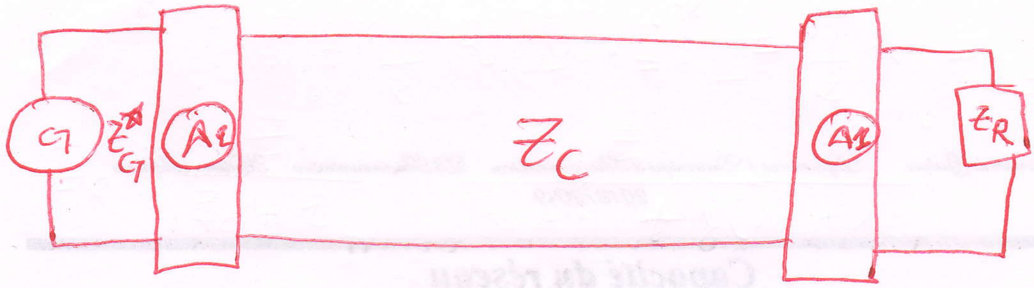


figure 3 : principe de l'adaptation du récepteur à la ligne (dispositif A_1) et de la ligne au générateur (dispositif A_2).

- l'un A_1, à l'interface ligne-récepteur, qui doit transformer l'impédance Z_R de la charge en une impédance Z_C. Notons que, dans ces conditions, l'impédance d'entrée de la ligne est $Z_e = Z_c$;
- l'autre A_2 : à l'interface ligne-générateur, qui doit transformer l'impédance $Z_e = Z_c$ en Z_G^*

Dans le cas particulier où l'impédance interne du générateur Z_G est réelle, il suffit d'avoir $Z_c = Z_G$ pour que l'adaptation soit réalisée du côté du générateur.

III-3. Adaptation par ligne Quart d'onde

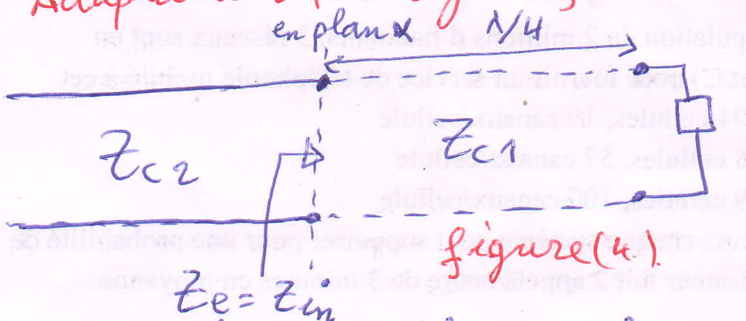


figure (4)

considérons un élément de ligne de longueur $\frac{\lambda}{4}$, d'impédance caractéristique Z_{c1} fermé sur une impédance Z_L (figure 4).

$$Z_{in}(x) = Z_{c1} \cdot \frac{Z_L + j Z_{c1} \, tg(B \frac{\lambda}{4})}{Z_{c1} + j Z_L \, tg(B \frac{\lambda}{4})}$$

$B = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow B \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}$

$$Z_{in}(x) = Z_{c1} \cdot \frac{Z_L + j Z_{c1} \, tg(\frac{\pi}{2}) \,/\, \cancel{tg(\frac{\pi}{2})}}{Z_{c1} + j Z_L \, tg(\frac{\pi}{2}) \,/\, \cancel{tg(\frac{\pi}{2})}}$$

$$= Z_{c1} \cdot \frac{\overset{0}{\cancel{\frac{Z_L}{tg\frac{\pi}{2}}}} + j Z_{c1}}{\overset{0}{\cancel{\frac{Z_{c1}}{tg\frac{\pi}{2}}}} + j Z_L} = \frac{Z_{c1}^2}{Z_L} = \frac{Z_{c1}^2}{Z_L}$$

$$Z_{in}(\alpha) = \frac{Z_{c1}^2}{Z_L}$$

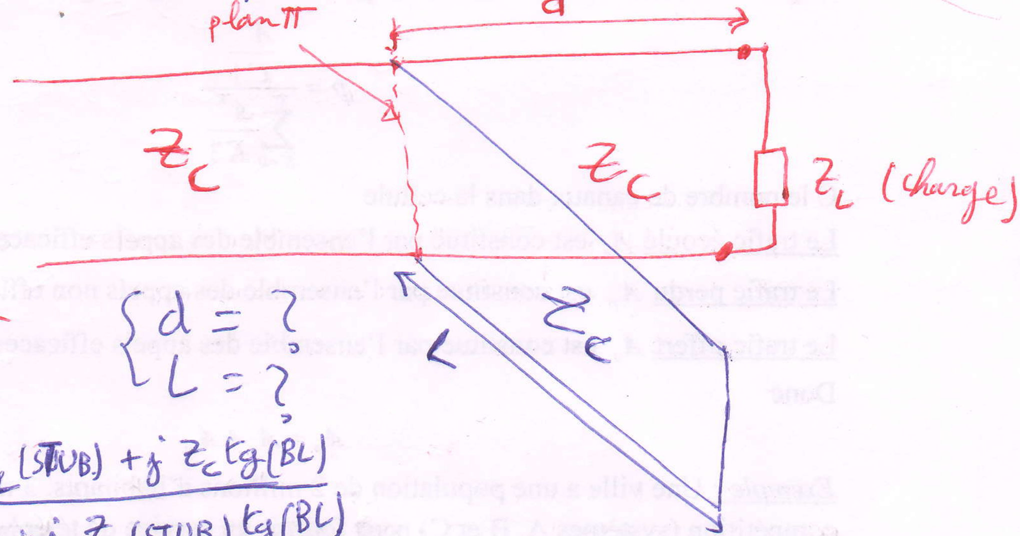
• condition d'adaptation:

$Z_{in}(\alpha) = Z_c$ donc: $Z_{in}(\alpha) = Z_c = \dfrac{Z_{c1}^2}{Z_L}$

donc: $Z_{c1} = \sqrt{Z_c \cdot Z_L}$

III. 4. Adaptation à l'aide d'un STUB

1ère étape l'admitance ramenée par le STUB au plan π



$$\begin{cases} d = ? \\ L = ? \end{cases}$$

$$Z_{in}(\text{plan}\,\pi) = Z_c \frac{Z_L(\text{STUB}) + j Z_c \, tg(BL)}{Z_c + j Z_L(\text{STUB}) \, tg(BL)}$$

$$Z_{L_{STUB}}(\pi) = 0 \Rightarrow Z^{(\pi)}_{in\,(STUB)} = j Z_c \, tg(BL)$$

$$Y^{(\pi)}_{in\ STUB} = \left(Z^{(\pi)}_{in\,(STUB)}\right)^{-1} = \left(Z^{(\pi)}_{in\,(STUB)}\right)^{-1}$$

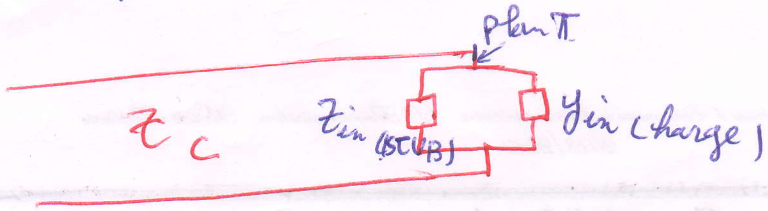
$$= -j \frac{1}{Z_c \, tg(BL)}$$

2ème étape l'admitance de la charge ramenée au plan π.

$$Z^{(\pi)}_{in\,(charge)} = Z_c \frac{Z_L + j Z_c \, tg(Bd)}{Z_c + j Z_L \, tg(Bd)}$$

$$Y^{(\pi)}_{charge} = \frac{1}{Z^{(\pi)}_{in\,(charge)}} = \frac{1}{Z_c} \cdot \frac{Z_c + j Z_L \, tg(Bd)}{Z_L + j Z_c \, tg(Bd)}$$

le chéma équivalent au plan π.



$$Y_{resultant}^{(\pi)} = Y_{in\,(STUB)}^{(\pi)} + Y_{in\ charge}^{(\pi)}$$

$$Y_r(\pi) = \frac{1}{Z_c}\,\frac{Z_c + jZ_L\,tg(\beta d)}{Z_L + jZ_c\,tg(\beta d)} - j\,\frac{1}{Z_c\,tg(\beta L)}$$

3ème étape : condition d'adaptation.

$$Y_r(\pi) = \frac{1}{Z_c}.$$

l'admitance normalisé de (Y_r) est :

$$y_r = Y_r(\pi)\times Z_c = \frac{Z_c + jZ_L\,tg(\beta d)}{Z_L + jZ_c\,tg(\beta d)} - j\,\frac{1}{tg(\beta L)} \qquad z_L = \frac{Z_L}{Z_c}.$$

$$= \frac{1 + j z_L\,tg(\beta d)}{z_L + j\,tg(\beta d)} - j\,\frac{1}{tg(\beta L)}$$

l'admitance de la linge normalisé est :

$y = 1$ donc.

$$y_r(\pi) = 1 \Leftrightarrow \frac{1 + j z_L\,tg(\beta d)}{z_L + j\,tg(\beta d)} - j\,\frac{1}{tg(\beta L)} = 1 + 0j$$

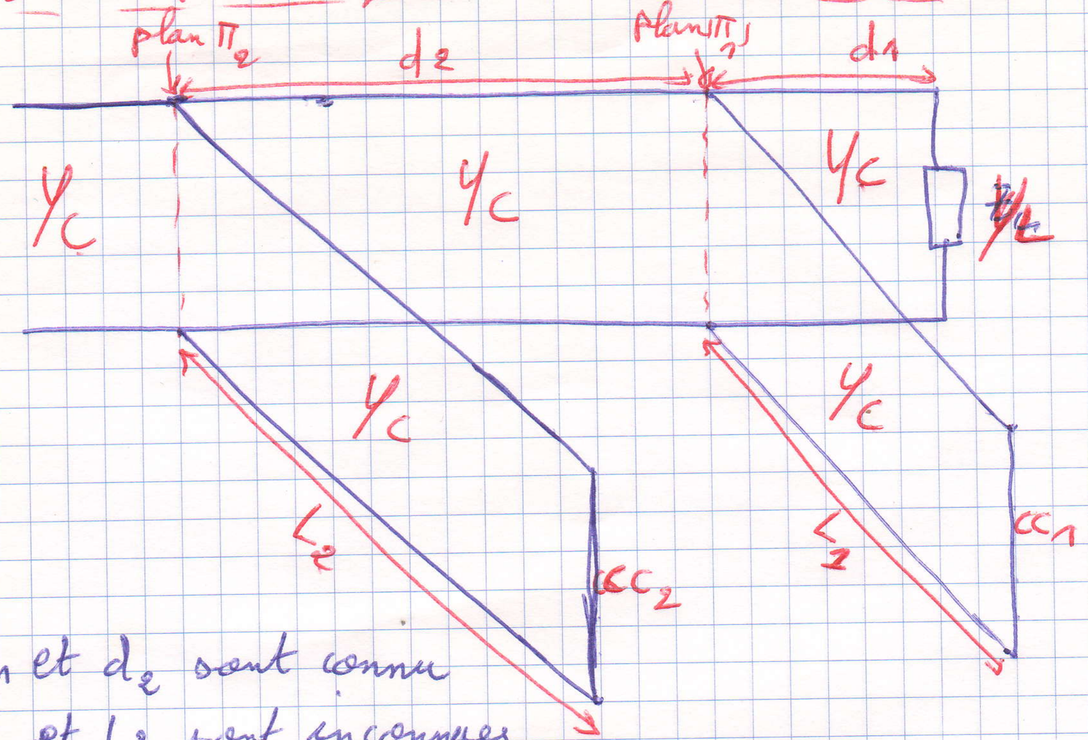
$$\Rightarrow \begin{cases} Re\left(\dfrac{1 + j z_L\,tg\beta d}{z_L + j\,tg(\beta d)}\right) = 1 \\[2ex] Im\left(\dfrac{1 + j z_L\,tg(\beta d}{z_L + j\,tg(\beta d)} - j\,\dfrac{1}{tg\beta L}\right) = 0 \end{cases}$$

donc :

$$\beta d = arctang\sqrt{\frac{z_L^2 + z_L}{z_L - 1}} + k\pi \quad k \in \mathbb{Z}$$

$$\beta L = arctang\,\frac{z_L^2 + tg^2\beta d}{z_L^2\,tg\beta d - tg\beta d} + k\pi \quad k \in \mathbb{Z}$$

III. 5 : Adaptation ~~par~~ l'aide de Deux STUBS.



d_1 et d_2 sont connu

L_1 et L_2 sont inconnues

1ère étape:

Ramener l'admitance Y_L au plan (Π_1).

$$z_{in}(\Pi_1) = \frac{z_L + j\,\tan g(\beta d_1)}{1 + z_L\, tg(\beta d_1)}$$

$$y_{in}(\Pi_1) = \frac{1}{z_{in}(\Pi_1)} = a + jb$$

Ramener Y_{cc_1} (admitance de charge court-circuit y_{cc} de 1ère STUB) au plan Π_1

$$y_{in\,cc_1}(\Pi_1) = \frac{1}{z_{cc_1}(\Pi_1)} = \frac{1}{\dfrac{z_{cc_1} + j\,tg\,\beta L_1}{1 + z_{cc_1}\, tg(\beta L_1)}} = \frac{1}{j\,tg\,\beta L_1} = -j\,\cot g(\beta L_1).$$

- l'admittance resultante au plan (Π_1)

$$y_{r_1}(\Pi_1) = y_{in(\Pi_1)} + y_{cc_1}(\Pi_1) = a + jb - j\,ctg\,\beta L_1$$

$$y_{r_1}(\Pi_1) = a - j\left[\cot g(\beta L_1) - b\right].$$

2ème étape:

Ramen l'admittance resultante au plan (Π_2) : $y_{r_1}(\Pi_1)$ au plan Π_2)