# Chapitre III : Propagation et lignes de transmission

## III.1. Coefficient de réflexion

On rappelle l'expression des ondes de tension et de courant qui se propagent sur la ligne :

$$V(x) = V_i e^{-\gamma x} + V_r e^{\gamma x} \tag{1}$$

et

$$I(x) = \frac{1}{Z_c}\left[V_i e^{-\gamma x} - V_r e^{\gamma x}\right] \tag{2}$$

Où : $Z_c = \sqrt{(R + jL\omega)/(G + jC\omega)}$ et $\gamma = \sqrt{(R + jL\omega)(G + jC\omega)}$ .

L'existence d'une onde réfléchie sur une ligne peut s'expliquer, soit par la présence sur la ligne d'un élément perturbateur tel que la charge disposée en bout de ligne ou par une discontinuité dans les caractéristiques de la ligne. Nous supposerons la ligne de transmission parfaite et n'étudierons que les réflexions causées par l'interposition d'une charge à l'extrémité de la ligne.

Afin de quantifier cette réflexion, on peut définir le coefficient de réflexion comme étant l'amplitude complexe de l'onde réfléchie rapportée à celle de l'onde incidente :

$$\Gamma = \frac{V_{réfléchie}}{V_{incidente}} \tag{3}$$

Le coefficient de réflexion en un point d'abscisse x quelconque est défini comme le rapport de l'amplitude de l'onde réfléchie à l'amplitude de l'onde incidente en ce point :

$$\Gamma(x) = \frac{\mathrm{V}_r e^{\gamma x}}{\mathrm{V}_i e^{-\gamma x}} = \frac{\mathrm{V}_r}{\mathrm{V}_i} e^{2\gamma x} \tag{4}$$

En appliquant cette relation en bout de ligne ( $x = l$ ), on trouve:

$$\Gamma(l) = \frac{\mathrm{V}_r}{\mathrm{V}_i} e^{2\gamma l} = \Gamma_R \tag{5}$$

d'où l'on peut tirer la valeur de $V_r / V_i$ , on en déduit la relation:

$$\Gamma(x) = \Gamma_R e^{2\gamma(x-l)} \tag{6}$$

Cette relation n'est pas très pratique puisqu'elle dépend de la longueur $l$ de la ligne. Or seule la distance entre la charge et le point d'observation ($x$) est important. C'est la raison pour laquelle on est amené à changer de repère et d'adopter une variable qui a son origine sur la charge. On a $s = l - x$ , ce qui permet plus simplement d'écrire:

$$\Gamma(s) = \Gamma_R e^{-2\gamma s} \tag{7}$$

au vue de cette nouvelle variable:

$$V(s) = V_i e^{\gamma s} + V_r e^{-\gamma s} \tag{8}$$

$$I(s) = I_i e^{\gamma s} + I_r e^{-\gamma s} \tag{9}$$

Soient $V_R$ et $I_R$ les tension et courant au récepteur avec toujours $\frac{V_i}{I_i} = -\frac{V_r}{I_r} = Z_c$. Nous avons ici :

$$V_i = \frac{V_R + Z_c I_R}{2} \tag{10}$$

$$V_r = \frac{V_R - Z_c I_R}{2} \tag{11}$$

Comme :

$$\frac{V_r}{V_i} = \frac{V_R - Z_c I_R}{V_R + Z_c I_R} = \frac{Z_R - Z_c}{Z_R + Z_c} \tag{12}$$

il vient:

$$\Gamma(s) = \frac{Z_R - Z_c}{Z_R + Z_c} e^{-2\gamma s} \tag{13}$$

Pour $s = 0$, c'est à dire sur le récepteur, nous obtenons:

$$\Gamma_R = \frac{Z_R - Z_c}{Z_R + Z_c} \tag{14}$$

**Lignes à coefficient de réflexion quelconque**

De la définition du coefficient en un point quelconque (7), il résulte que les formules (8) et (9) peuvent s'écrire :

$$V(s) = V_i e^{\gamma s}(1 + \Gamma_R e^{-2\gamma s}) \tag{15}$$

$$I(s) = I_i e^{\gamma s}(1 - \Gamma_R e^{-2\gamma s}) \tag{16}$$

d'où :

$$Z(s) = Z_c \frac{1 + \Gamma_R e^{-2\gamma s}}{1 - \Gamma_R e^{-2\gamma s}} = Z_c \frac{1 + \Gamma(s)}{1 - \Gamma(s)} \tag{17}$$

qui peut s'écrire :

$$z(s) = \frac{1 + \Gamma(s)}{1 - \Gamma(s)} \tag{18}$$

d'où

$$\Gamma(s) = \frac{z(s) - 1}{z(s) + 1} \tag{19}$$

avec $z(s) = \frac{Z(s)}{Z_c}$ l'impédance réduite

**Rapport d'ondes stationnaires (Taux d'ondes stationnaires) ROS.**

Nous avons vu que selon la valeur de la charge $Z_R$, la ligne est parcourue par une onde incidente et une onde réfléchie ce qui se traduit par un régime d'onde stationnaire (avec la présence de maxima et de minima de tension). Quand l'onde incidente n'est pas réfléchie par la charge une simple onde progressive se propage sur la ligne et la tension ne possède pas d'extremum. Nous allons définir un coefficient qui devra traduire cet état de fait.

On définit le rapport d'onde stationnaire (Voltage Standing Wave Ratio : VSWR ): $\rho = \frac{V_M}{V_m} = \frac{I_M}{I_m}$

Il est lié au module du coefficient de réflexion de la charge par :

$$\rho = \frac{1+|\Gamma_R|}{1-|\Gamma_R|} \tag{20}$$

Comme $0 \le |\Gamma_R| \le 1$, la valeur de $\rho$ est comprise entre 1 et l'infini. $\rho$ définit la "stationnarité" de l'onde.

Lorsque $\rho$ est voisin de 1, on peut dire que le régime qui est établi sur la ligne étudiée est proche du régime d'ondes progressives, pas d'onde réfléchie. Dès que $\rho$ vaut quelques unités, c'est qu'il y a une désadaptation ligne-charge assez sérieuse. Enfin, des valeurs de $\rho$ supérieures à 10 caractérisent un régime qui se rapproche du régime d'ondes stationnaires.

## III.2. Coefficient de réflexion en puissance

Quelle est la puissance dissipée (ou consommée ou transmise) dans le tronçon de ligne situé à droite d'un plan d'abscisse x et dans la charge ?

On définit la puissance moyenne consommée dans la charge par :

$$\overline{P}(x) = \frac{1}{2}\mathrm{Re}[V(x)I^*(x)] \tag{21}$$

On a les expressions de $V(x)$ et $I(x)$ d'où : $V(x) = V_i e^{-\gamma x} + V_r e^{\gamma x}$ ; $I(x) = \frac{1}{Z_c}(V_i e^{-\gamma x} - V_r e^{\gamma x})$

Il ne faut pas oublier dans le calcul qui va suivre que $V_i$ et $V_r$ sont 2 constantes complexes.

On peut encore écrire que : $V(x) = V_i e^{-\gamma x}[1+\Gamma(x)]$ et $I(x) = \frac{V_i e^{-\gamma x}}{Z_c}[1-\Gamma(x)]$

Donc :

$$\overline{P}(x) = \mathrm{Re}\left(\frac{1}{2Z_c}|V_i|^2 e^{-(\gamma+\gamma^*)x}[1+\Gamma(x)][1-\Gamma^*(x)]\right) = \frac{|V_i|^2}{2} e^{-2\alpha x}\,\mathrm{Re}\left(\frac{1}{Z_c}[1+\Gamma(x)-\Gamma^*(x)-|\Gamma(x)|^2]\right)$$

or si on peut considérer que la ligne est à pertes faibles (cas le plus fréquent), alors $Z_c$ est réel donc :

$$\overline{P}(x) = \frac{|V_i|^2}{2Z_c} e^{-2\alpha x}\,\mathrm{Re}[1-|\Gamma(x)|^2] \tag{22}$$

Que représente le facteur $\frac{|V_i|^2}{2Z_c} e^{-2\alpha x}$ ?

Pour le savoir considérons une ligne sur laquelle seule l'onde incidente se propage car le coefficient de réflexion $\Gamma_R$ sur la charge est nul. Il n'y a donc pas d'onde réfléchie et donc $\Gamma(x)$ est lui aussi nul quel que soit x. On a alors :

$$\overline{P}(x) = \frac{|V_i|^2}{2Z_c} e^{-2\alpha x} \qquad (23)$$

Le facteur $\frac{|V_i|^2}{2Z_c} e^{-2\alpha x}$ représente donc la puissance moyenne consommée à droite de x qui n'a pu être que transportée par l'onde incidente. Ce facteur est donc la puissance moyenne transportée par l'onde incidente. On remarque que la tension et le courant s'atténuant en $e^{-\alpha x}$ et la puissance incidente s'atténue en $e^{-2\alpha x}$.

Revenons dans le cas général d'une ligne sur laquelle circulent une onde incidente et une onde réfléchie. La puissance consommée à droite de x $\overline{P}(x)$ est donc la somme de 2 termes. Le premier terme est la puissance transportée par l'onde incidente et le second ne peut être que la puissance transportée par l'onde réfléchie de façon à ce que la différence des 2 donne la puissance restant à droite de $x$ :

$$\overline{P}(x) = \overline{P}_{inc}(x) - \overline{P}_{ref}(x) \qquad (24)$$

On remarque que l'onde réfléchie s'écrit en fonction de l'onde incidente comme :

$$\overline{P}_{ref}(x) = \frac{|V_i|^2}{2Z_c} e^{-2\alpha x} \left|\Gamma(x)\right|^2 = \overline{P}_{inc}(x)\left|\Gamma(x)\right|^2 \qquad (25)$$

et donc que :

$$\left|\Gamma(x)\right|^2 = \frac{\overline{P}_{ref}(x)}{\overline{P}_{inc}(x)} \qquad (26)$$

Représente le coefficient de réflexion en puissance. La puissance consommée à droite de x est finalement donnée par la relation :

$$\overline{P}(x) = \overline{P}_{inc}(x)[1 - \left|\Gamma(x)\right|^2] \qquad (27)$$

## III.3. Diagramme de Smith

$Z$ et $\Gamma$ sont reliés par la relation suivante :

$$\Gamma(s) = \frac{z(s) - 1}{z(s) + 1} \qquad (28)$$

Si on connaît $\Gamma$, il est donc possible de calculer z. tous deux sont complexes. Le calcul est donc complexe. L'abaque de Smith, que nous allons présenter dans la suite de ce chapitre, va permettre d'effectuer ce calcul graphiquement. Il n'est pas bien entendu pas question de prétendre se passer de machine pour calculer cette transformation, mais nous verrons que, plus qu'un outil de calcul, l'abaque de Smith est un outil indispensable, d'abord pour présenter des résultats, mais surtout comme outil graphique de réflexion sur des problèmes complexes.

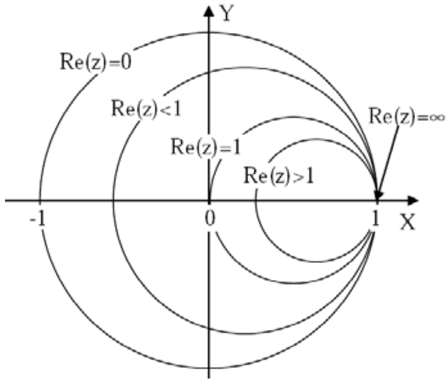
**Fabrication de l'Abaque de Smith**

On pose $z(s) = a + jb$ et $\Gamma(s) = X + jY$ . La relation (27) devient :

$$\Gamma(s) = \frac{a-1+jb}{a+1+jb} = \frac{(a-1+jb)(a+1-jb)}{(a+1+jb)(a+1-jb)} = \frac{a^2-1+b^2+j2b}{(a+1)^2+b^2} = X + jY \qquad (29)$$

d'où :

$$X = \frac{a^2-1+b^2}{(a+1)^2+b^2} \ ; \ Y = \frac{2b}{(a+1)^2+b^2}$$



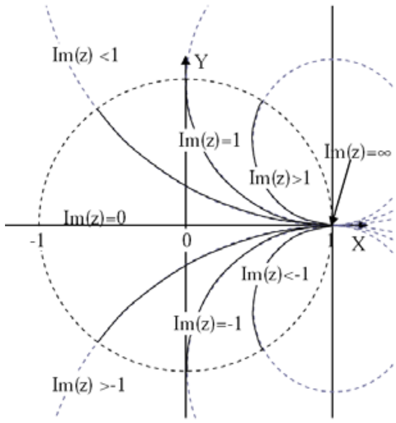

**a. Quel est le lieu de $\Gamma$ lorsque la partie réelle de z est constante et que b varie ?**

On montre que : $\left(X - \frac{a}{a+1}\right)^2 + Y^2 = \frac{1}{(a+1)^2}$ (30)

qui est l'équation d'un cercle de rayon $R = 1/(a+1)$ et de centre $(X_0, Y_0) = (a/(a+1), 0)$ On est donc en présence d'une famille de cercles dont les centres sont tous alignés sur une droite horizontale passant par $Y = 0$

**b. Quel est le lieu de $\Gamma$ lorsque b la partie imaginaire de z est constante et que a varie ?**

On montre que : $(X-1)^2 + \left(Y - \frac{1}{b}\right)^2 = \frac{1}{b^2}$ (31)

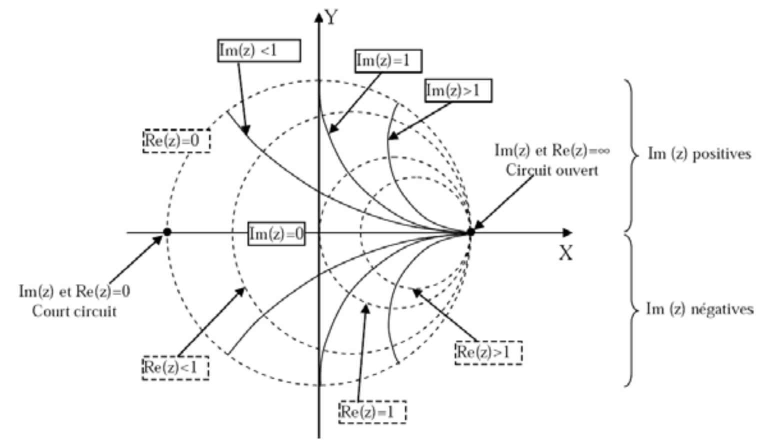



qui est l'équation d'un cercle de rayon $R = 1/b$ et de centre $(X_0, Y_0) = (0, 1/b)$. On est donc en présence d'une famille de cercles dont les centres sont tous alignés sur une droite verticale passant par $X = 1$.

On a limité le tracé des cercles aux parties comprises à l'intérieur du cercle $|\Gamma| < 1$ car on se limite aux cas des circuits passifs pour lesquels le module de $\Gamma$ ne peut être supérieur à 1. Dans le cas des circuits actifs, cette limitation "saute".

**Abaque de Smith et utilisation pratique**

L'abaque de Smith est donc le tracé des cercles $\text{Re}(z) = cte$ et des cercles $\text{Im}(z) = cte$ sur le plan complexe de $\Gamma$ , comme le montre la figure suivante.



## III.4. Adaptation d'impédance

### III.4.1. Introduction

L'objectif principal de l'adaptation d'impédances est de maximiser la puissance transmise à la charge. Dans le cas d'une ligne, 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 en effet que :

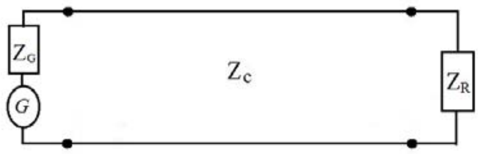
- D'une part, le générateur puisse transmettre à la ligne le maximum de puissance (puissance disponible).
- D'autre part, le récepteur reçoive de la ligne le plus possible de cette puissance.

### III.4.2. Conditions d'adaptation

- **Condition s'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 $Z_e$. Calculons quelle est la puissance active $P$ fournie par le générateur, d'impédance interne $Z_G = R_G + jX_G$, à la ligne. Soient $V_e$ et $I_e$ les amplitudes complexes de la tension et du courant à l'entrée de la ligne :

$$P = \frac{1}{2}\mathrm{Re}(V_e I_e^*) = \frac{1}{2}\mathrm{Re}(Z_e I_e I_e^*) = \frac{1}{2}\mathrm{R}_e |I_e|^2$$




Générateur, ligne et récepteur

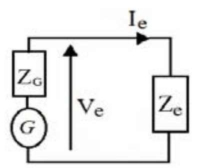



Schéma équivalent

Or :

$$I_e = \frac{E}{Z_G + Z_e} = \frac{E}{(R_G + R_e) + j(X_G + X_e)}$$

Donc :

$$P = \frac{1}{2}\mathrm{R}_e \frac{E^2}{(R_G + R_e)^2 + (X_G + X_e)^2} \qquad (32)$$

Recherchons les conditions pour que la puissance délivrée soit maximale :

- Il faut d'abord que : $X_G + X_e = 0 \rightarrow X_e = -X_G$ (33)
- Nous avons alors : $P = \frac{1}{2}\mathrm{R}_e \frac{E^2}{(R_G + R_e)^2} = \frac{1}{2}\frac{E^2}{(\frac{R_G}{\sqrt{\mathrm{R}_e}} + \sqrt{\mathrm{R}_e})^2}$

Au dénominateur, nous avons la somme de deux nombres positifs dont le produit est constant. Pour que sa valeur soit minimale, il faut que :

$$\frac{R_G}{\sqrt{\mathrm{R}_e}} = \sqrt{\mathrm{R}_e} \rightarrow R_G = \mathrm{R}_e. \qquad \text{Finalement : } Z_e = Z_G^* \qquad (34)$$

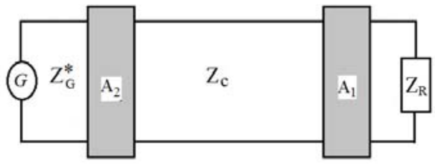
- **Condition s'adaptation du récepteur**

Le récepteur est adapté à la ligne lorsque $\Gamma_R = 0$, puisqu'alors il n'y a pas d'onde réfléchie ; nous sommes en régime d'ondes progressives et la puissance transmise par la ligne est uniquement de la puissance active. La condition $\Gamma_R = 0$ est réalisée lorsque : $Z_R = Z_c$.

- **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 d'adaptation.

- 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 : $Z_e = Z_c$ ;



Principe de l'adaptation du récepteur à la ligne (dispositif $A_1$) et de la ligne au générateur (dispositif $A_2$)

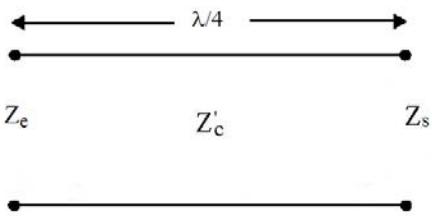
- L'autre $A_2$, à l'interface ligne-générateur, qui doit transformer l'impédance $Z_e = Z_c$ en $Z_G^*$.

Les dispositifs d'adaptations que nous allons étudier sont de divers types :

- ✓ Adaptateurs par ligne quart d'onde ;
- ✓ Adaptateurs à l'aide d'un ou deux « stubs » qui sont des tronçons de ligne court-circuités ;
- ✓ Adaptateurs par réseau d'impédances et tronçon de ligne.

### III.3.3. Adaptation par ligne quart d'onde

Considérons un élément de ligne de longueur $\lambda/4$, d'impédance caractéristique $Z_c^{'}$ fermé sur une impédance $Z_s$. Nous avons vu qu'il ramène à son entrée une impédance :



Ligne quart d'onde

$$Z_e = Z_c^{'} \frac{Z_s + jZ_c^{'} \tan(\beta\lambda/4)}{Z_c^{'} + jZ_s \tan(\beta\lambda/4)} = Z_c^{'} \frac{Z_s + jZ_c^{'} \tan(2\pi\lambda/4\lambda)}{Z_c^{'} + jZ_s \tan(2\pi\lambda/4\lambda)} = \frac{Z_c^{'2}}{Z_s} \tag{35}$$

Ne telle ligne peut servir d'adaptateur puisqu'elle permet d'effectuer une transformation d'impédance, dans le cas qui nous intéresse, nous avons : $Z_e = Z_c$ et $Z_s = Z_R$ d'où :

$$Z_c^{'} = \sqrt{Z_c Z_R} \tag{36}$$

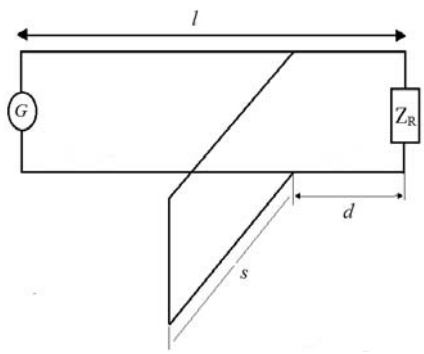
### III.3.4. Adaptation à l'aide d'un stub

Un stub est un tronçon de ligne court-circuité de longueur $s$ que l'on branche en dérivation sur la ligne principale à une distance d de la charge. Son impédance d'entrée étant :

$$Z(s) = Z_c \left. \frac{Z_R + jZ_c \tan \beta s}{Z_c + jZ_R \tan \beta s} \right|_{Z_R=0} = jZ_c \tan \beta s \tag{37}$$

Nous voyons qu'il est équivalent à une réactance dont on peut faire varier le signe et la grandeur en faisant varier sa longueur.

D'ailleurs, on pourrait aussi bien utiliser un élément localisé, capacitif ou inductif, placé en dérivation sur une ligne.




Adaptation à un stub

Les quantités connues sont : $Z_R$ , $Z_c$ et $\lambda$ ; les inconnues sont : d et s. Nous allons raisonner :

- En admittances parce que nous avons des éléments disposés en parallèle,
- En valeurs réduites pour pouvoir les placer sur le diagramme de Smith.

Pour la charge :

$$z_R = \frac{Z_R}{Z_c} \text{ et } y_R = \frac{Z_c}{Z_R} = g_R + jb_R \tag{38}$$

Pour le stub :

$$z(s) = \frac{Z(s)}{Z_c} = j \tan \frac{2\pi}{\lambda} s = j \tan \beta s \text{ et } y(s) = -j\text{cotan}\beta s \tag{39}$$

Nous allons calculer successivement les admittances aux divers endroits de la ligne :

- Dans le plan de la charge : $y_R = g_R + jb_R$ (41)
- Dans un plan situé à la distance d, c'est-à-dire au niveau du stub : $y = y(d) + y(s)$ (42)

Avec : $y(d) = \dfrac{y_R + j \tan \beta d}{1 + jy_R \tan \beta d} = g(d) + jb(d)$ et $y(s) = -j\text{cotan}\beta s$ (43)

Pour que l'adaptation soit réalisée à partir de la distance *d*, il faut que : $y = 1 + j0$ .

On déduit de cette condition les deux équations qui vont fournir les deux inconnues *d* et *s*, on a :

$$y(d) = \frac{y_R + j \tan \beta d}{1 + jy_R \tan \beta d} = \frac{g_R + jb_R + j \tan \beta d}{1 + j(g_R + jb_R) \tan \beta d} = \frac{g_R + j[b_R + \tan \beta d]}{1 - b_R \tan \beta d + jg_R \tan \beta d}$$

$$= \frac{[g_R + j(b_R + \tan \beta d)][1 - b_R \tan \beta d - jg_R \tan \beta d]}{[1 - b_R \tan \beta d]^2 + g_R^2 \tan^2 \beta d}$$

$$= \frac{g_R[1 + \tan^2 \beta d] + j[(b_R + \tan \beta d)(1 - b_R \tan \beta d) - g_R^2 \tan \beta d]}{(1 - b_R \tan \beta d)^2 + g_R^2 \tan^2 \beta d} = g(d) + jb(d) \tag{44}$$

d'où : $$g(d) = 1 \rightarrow \frac{g_R(1 + \tan^2 \beta d)}{(1 - b_R \tan \beta d)^2 + g_R^2 \tan^2 \beta d} = 1 \tag{45}$$

c'est une équation du second degré en $\tan(\beta d)$ qui fournit deux solutions : $d$ et $d'$ à $\lambda/2$ près, et :

$$b(d) = \text{cotan}\beta s \rightarrow \frac{b_R + (1 - b_R^2 - g_R^2)\tan\beta d - b_R \tan^2\beta d}{(1 - b_R \tan\beta d)^2 + g_R^2 \tan^2\beta d} = \text{cotan}\beta s \quad (46)$$

d'après cette relation, nous voyons qu'aux deux valeurs $d$ et $d'$ correspondent les deux valeurs $s$ et $s'$

**Utilisation du diagramme de Smith**

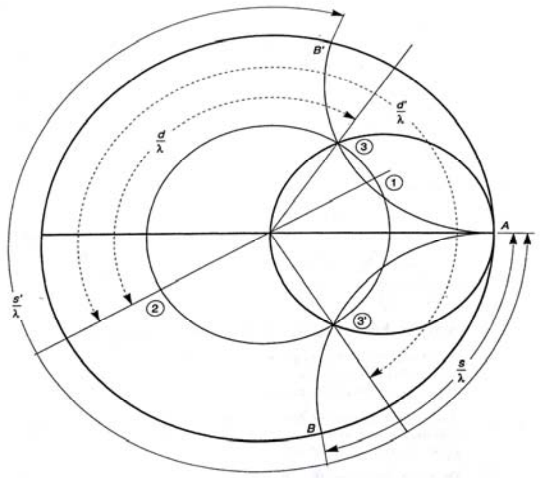
La recherche des inconnues dans les adaptations est bien simplifiée si l'on utilise le diagramme de Smith.

Plaçons tout d'abord les points 1 et 2 représentatifs des impédance et admittance réduites de la charge. Le cercle à $R.O.S = Cte$ passant par ces points est le lieu des points représentatifs de toutes les impédances et admittances aux divers points de la ligne compris entre la charge et le stub exclu. C'est, en particulier un lieu de $y(d)$. Comme d'autre part $y(d) = y - y(s)$ est de la forme $1 - jb$, le cercle à $g = 1$ est un deuxième lieu de $y(d)$.

Les solutions du problème sont donc données par les deux points d'intersection 3 et 3' de ces deux cercles.

**Point 3** : Le stub doit être placé à une distance $d/\lambda$ de la charge qui est lue sur le bord du diagramme. (dans l'exemple choisi : $d/\lambda = 0{,}042 + 0{,}170 = 0{,}212$)

Soit $1 + jb_3$ l'admittance à $y(d)$ ; le stub doit avoir une longueur s telle que : $y(s) = -jb_3$ (ici $= -j1{,}3$ ).Comme le stub est un tronçon de ligne court-circuité, $s$ est déterminé en lisant sur le bord du diagramme de combien il faut tourner (vers le générateur) pour passant du point A ( $y = \infty$ ) au point B ( $y = -jb_3$ ). Ici $s/\lambda = 0{,}354 - 0{,}250 = 0{,}104$ .




Adaptation à un stub

Point 1: $z_1 = 2 + j1{,}5$ Point B : $y(s) = -j1{,}3 \rightarrow \frac{s}{\lambda} = 0.104$

Point 2: $y_2 = 0{,}32 - j0{,}24$ Point 3': $y_{3'} = 1 - j1{,}3$ ; $\frac{d'}{\lambda} = 0.372$

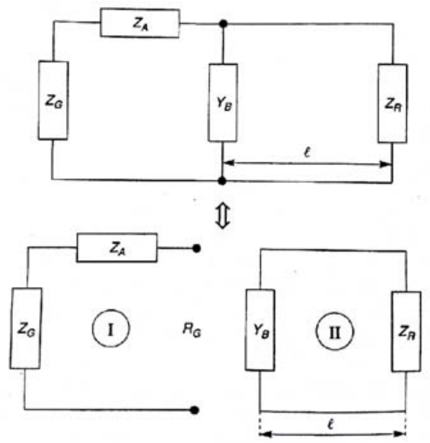
Point 3: $y_3 = 1 + j1{,}3$ ; $\frac{d}{\lambda} = 0.212$ Point B': $y(s') = j1{,}3$ ; $\frac{s'}{\lambda} = 0.396$

**Point 3'** : Le stub doit être placé à une distance $d'/\lambda$. (Ici $d'/\lambda = 0{,}042 + 0{,}33 = 0{,}372$).
L'admittance à $y(d')$ étant $1 - jb_3$, le stub doit avoir une longueur *s'* telle que $y(s') = jb_3$ (ici $= j1{,}3$ ). *s'* est déterminé en lisant sur le bord du diagramme de combien il faut tourner (vers le générateur) pour passer du point A au point B' ( $\Leftrightarrow 0 + jb_3$ ). Ici $s'/\lambda = 0{,}250 + 0{,}146 = 0{,}396$ .

## III.3.5. Adaptation par réseau d'impédance et tronçon de ligne

Dans les cas que nous avons traités, il s'agissant d'adapter une charge d'impédance $Z_R$ complexe à un générateur d'impédance interne $Z_G$ réelle et égale à l'impédance caractéristique de la ligne qui le relie à la charge.

Le cas le plus générale est celui où l'on veut adapter une charge d'impédance complexe $Z_R$ à un générateur d'impédance interne $Z_G$ complexe.




Adaptation par réseau d'impédances et tronçon de ligne

Pour effectuer cette adaptation, on peut placer en série avec le générateur une impédance imaginaire pure $Z_A = jX$ afin de compenser la partie imaginaire de l'impédance interne du générateur. Cette réactance peut être obtenue en plaçant en série avec le générateur soit un stub soit un composant passif inductif ou capacitif. Ainsi, l'impédance ramenée aux bornes du réseau *I* est $R_G$.

D'autre part, on place en parallèle à une distance *l* de la charge une admittance imaginaire pure $Y_B = jB$ qui peut être obtenue en mettant en parallèle sur la ligne soit un stub soit un composant passif inductif ou capacitif. Le réseau II constitue l'équivalent d'un dispositif d'adaptation à un stub qui doit ramener à ses bornes une impédance égale à $R_G$, ce qui réalise l'adaptation désirée.

Notons enfin que lorsque la distance *l* entre $Z_G$ et $Z_R$ est imposée, il est toujours possible d'utiliser, conformément au schéma de l'adaptation précédent au début, deux dispositifs d'adaptation l'un placé entre la charge et la ligne, l'autre placé entre le générateur et la ligne.