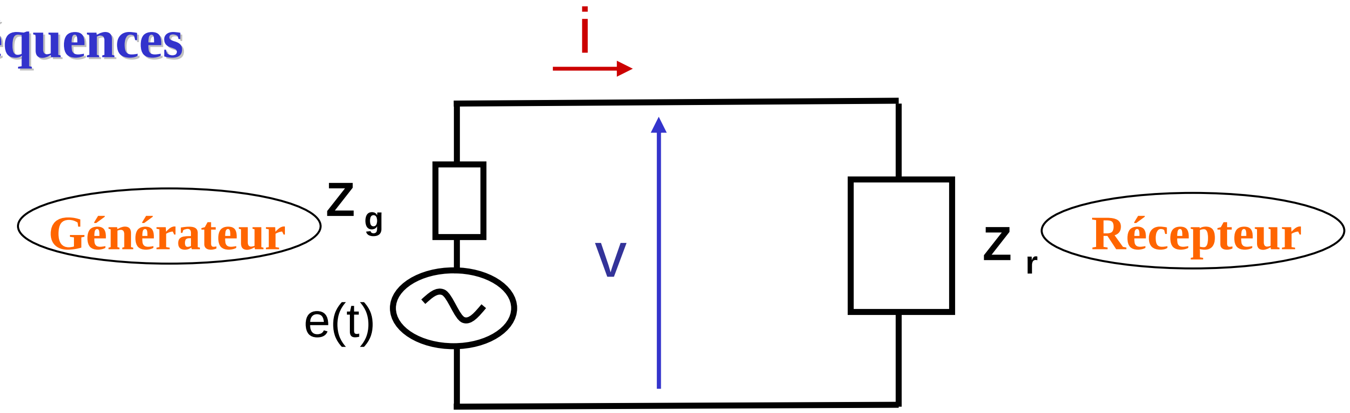
ADAPTATION d’ IMPEDANCE

- ADAPTATION
- ABAQUE de SMITH

ADAPTATION d' IMPEDANCE

Basses Fréquences



Adapter un récepteur consiste à lui transférer le maximum de puissance à partir d'une source.
En BF, considérons le GBF $e(t) = E.\cos(\omega.t)$.
Dans le cas d'impédances ohmiques, la puissance $P_r = V.I = Z_r I^2$ est maximale pour $Z_r = Z_g$.

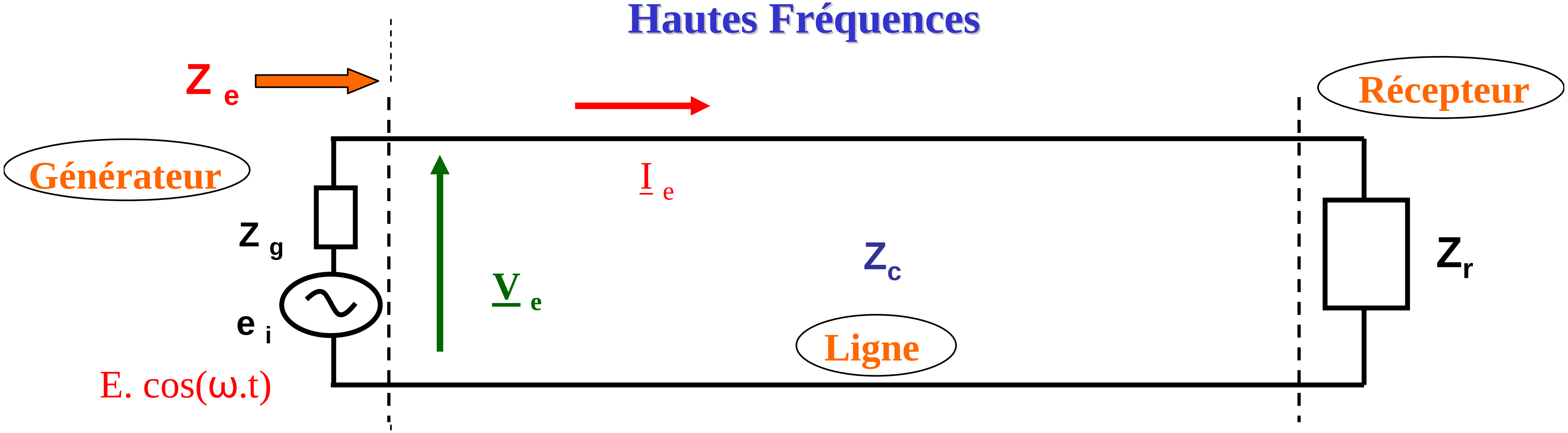
Dans le cas d'impédances complexes :

$$P_r = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left(\underline{V}.\underline{I}^*\right)$$

$$P_{max} = \frac{1}{8}.\frac{E^2}{\mathrm{Re}\left(Z_g\right)}$$

$$Z_r = Z_g^*$$

Hautes Fréquences



$$P = \frac{1}{2}\operatorname{Re}\left(\underline{V}_e \cdot \underline{I}_e{}^{*}\right) = \frac{1}{2} R_e \cdot \left|\underline{I}_e\right|^2$$

(Ze = Re + j. Xe)
(Zg = Rg + j. Xg)

$$\underline{I}_e = \frac{E}{Z_g + Z_e} = \frac{E}{\left(R_g + R_e\right) + j\left(X_g + X_e\right)}$$

$$P = \frac{1}{2} . R_e . \frac{E^2}{\left(R_g + R_e\right)^2 + \left(X_g + X_e\right)^2}$$

$$P = \frac{1}{2} R_e \cdot \frac{E^2}{\left(R_g + R_e\right)^2 + \left(X_g + X_e\right)^2}$$

La puissance est maximale si :

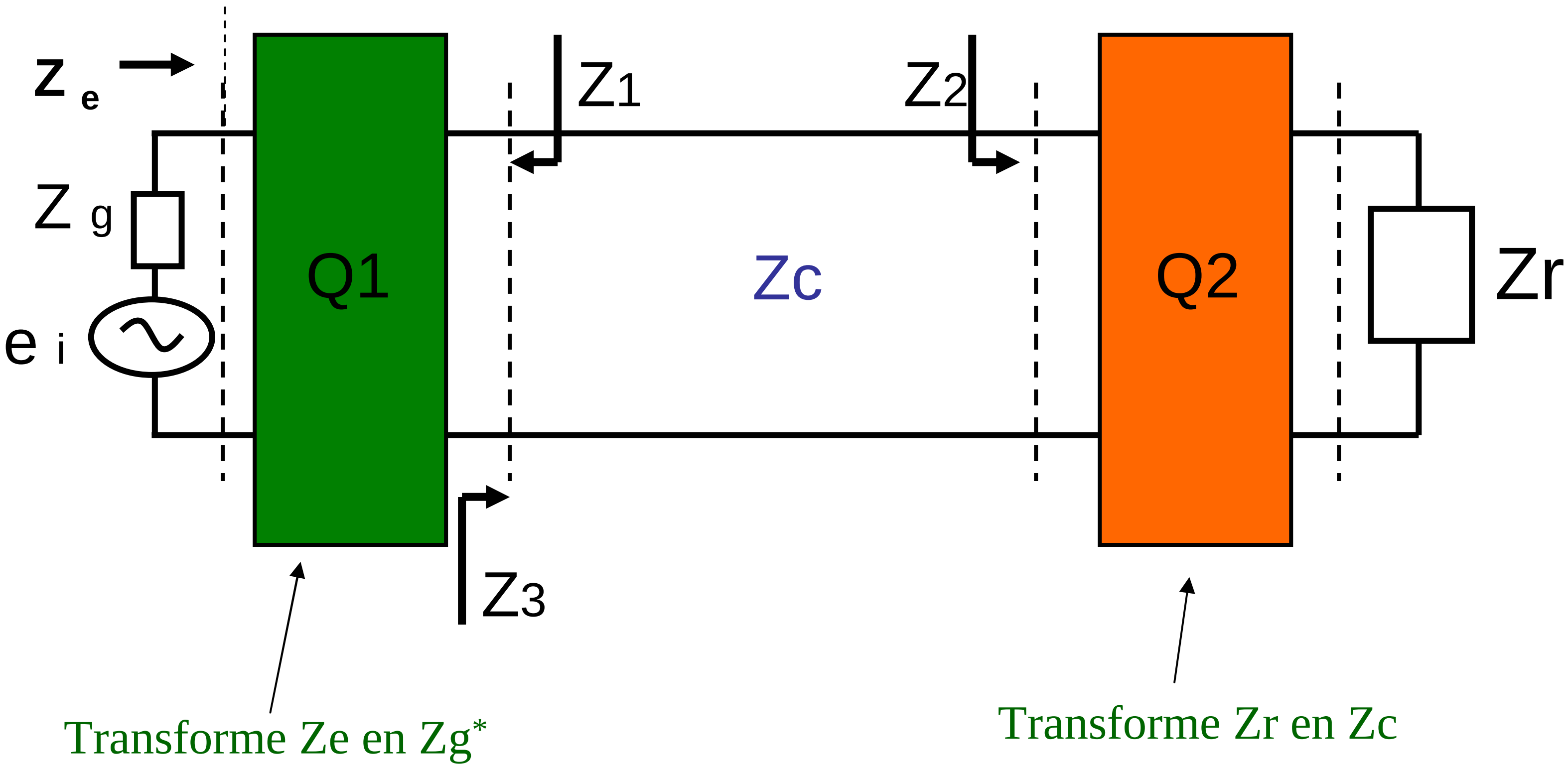
$$\begin{cases} X_g + X_e = 0 \rightarrow X_e = -X_g \\ R_e = R_g \end{cases} \Leftrightarrow \boxed{Z_e = Z_g^*}$$

Au niveau du récepteur, il y a adaptation lorsqu'il n'y a pas d'onde réfléchie, ou encore Le coefficient de réflexion R au niveau de la charge est nul :

$$\boxed{Z_r = Z_c}$$

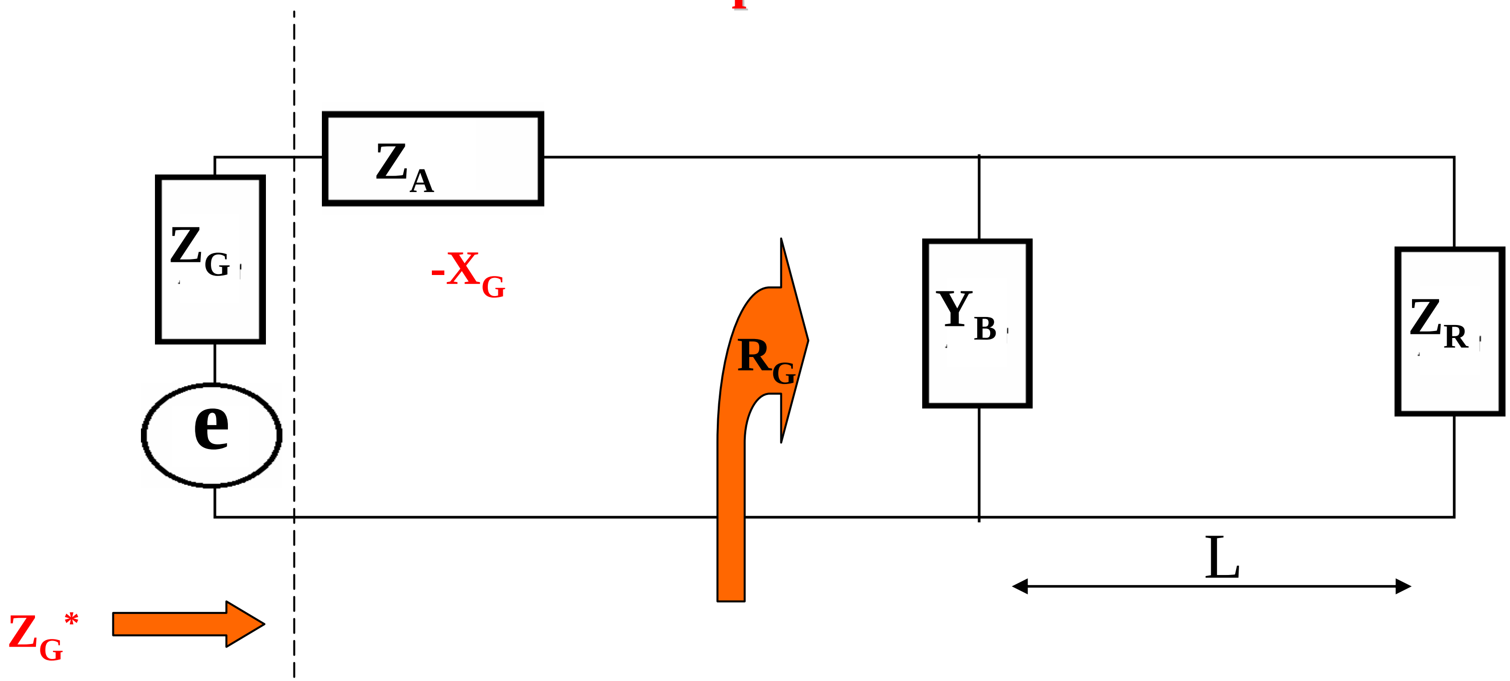
DISPOSITIFS D' ADAPTATION

Dans un système complet générateur-ligne-récepteur, il faut deux dispositifs d'adaptation Q1 et Q2 : Un pour le récepteur et l'autre pour la ligne.



$$Z_e = Z_r = Z_c = Z_g^*$$

ADAPTATION par RESEAU d' IMPEDANCES



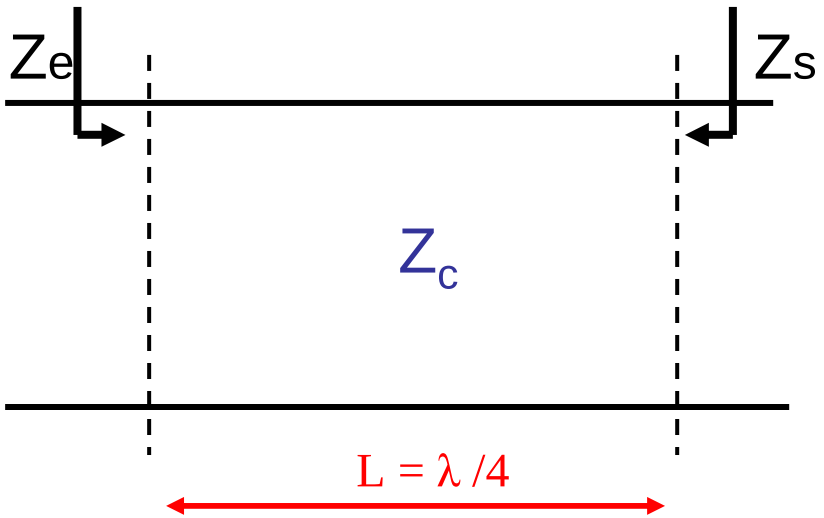
Z_A : impédance imaginaire pure pour compenser la partie imaginaire de Z_G . $Z_A = -X_G$.

Y_B : admittance imaginaire pure pour ramener à ses bornes une impédance réelle égale à R_G .

ADAPTATION QUART d’ ONDE

Un tronçon de ligne
Quart d’onde permet
Une transformation
D’impédance telle que :

$$Z_c^2 = Z_e . Z_s$$



EXEMPLE :

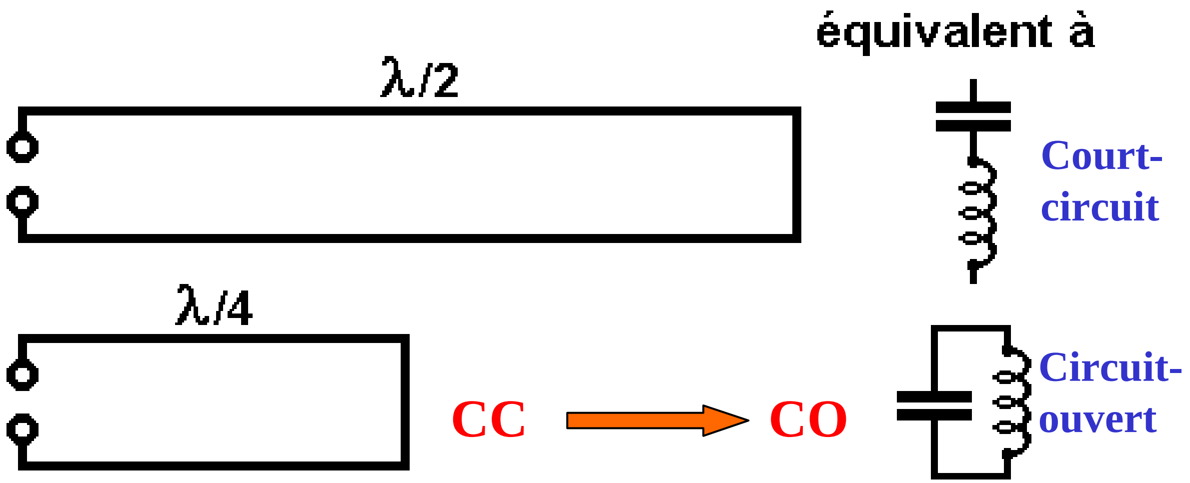
Pour brancher un câble coaxial 75 ohms (Ze) sur une antenne verticale 1/4 d'onde d'une impédance de 36 ohms (Zs) , il suffit d'un 1/4 d'onde en câble coaxial 52 ohms (Zc).

Car :

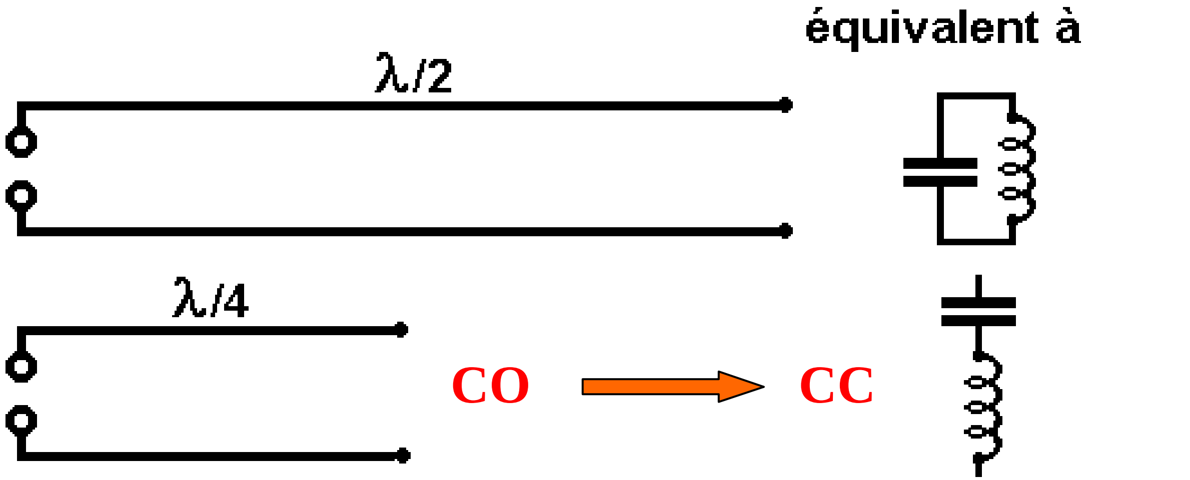
$52^2 = 2700 = 36x75$

RESONNANCE

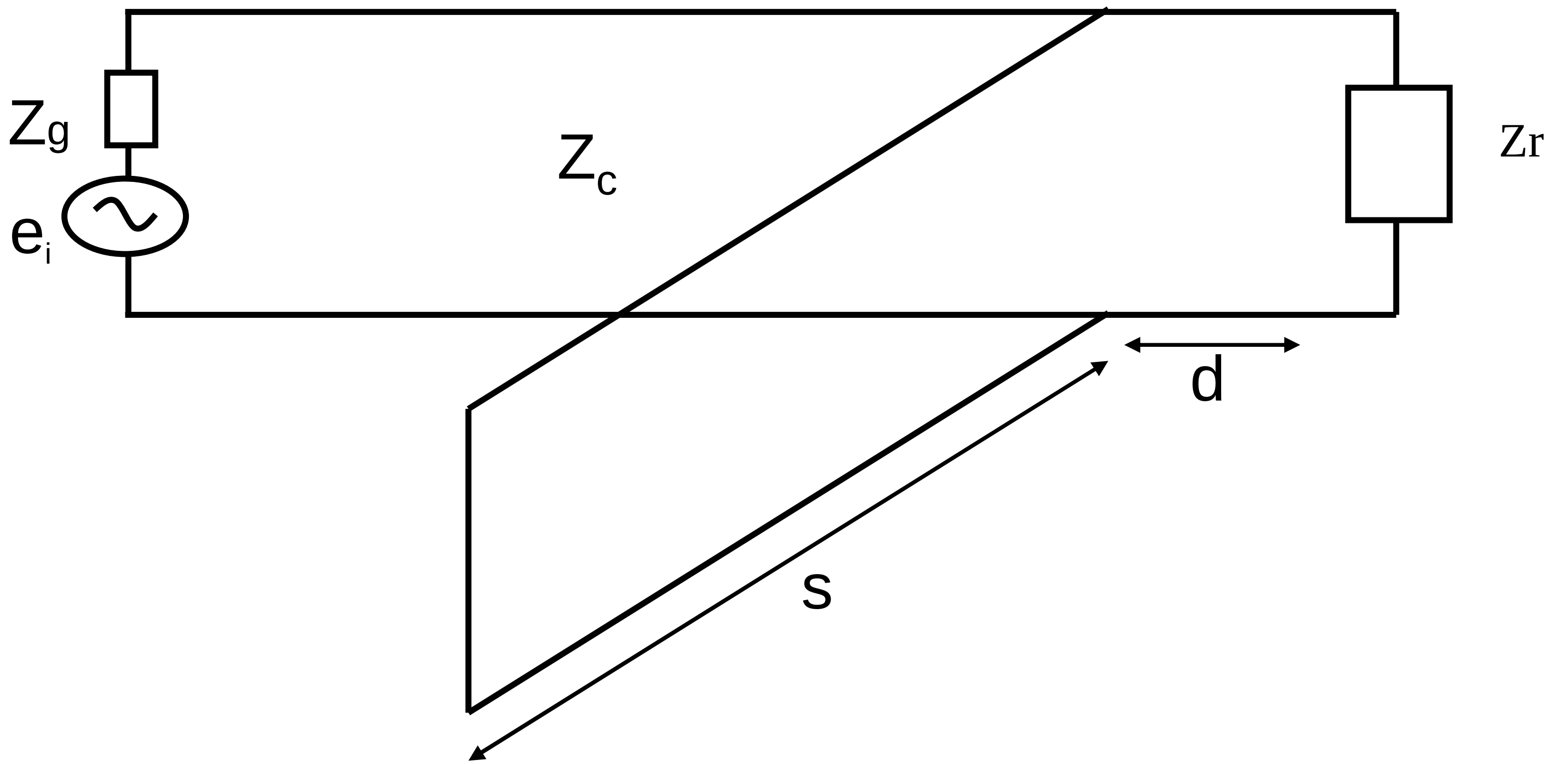
Quart d'onde court-circuité Au bout est équivalent à une Impédance série infinie.



Quart d'onde ouvert au bout est équivalent à une impédance série nulle.

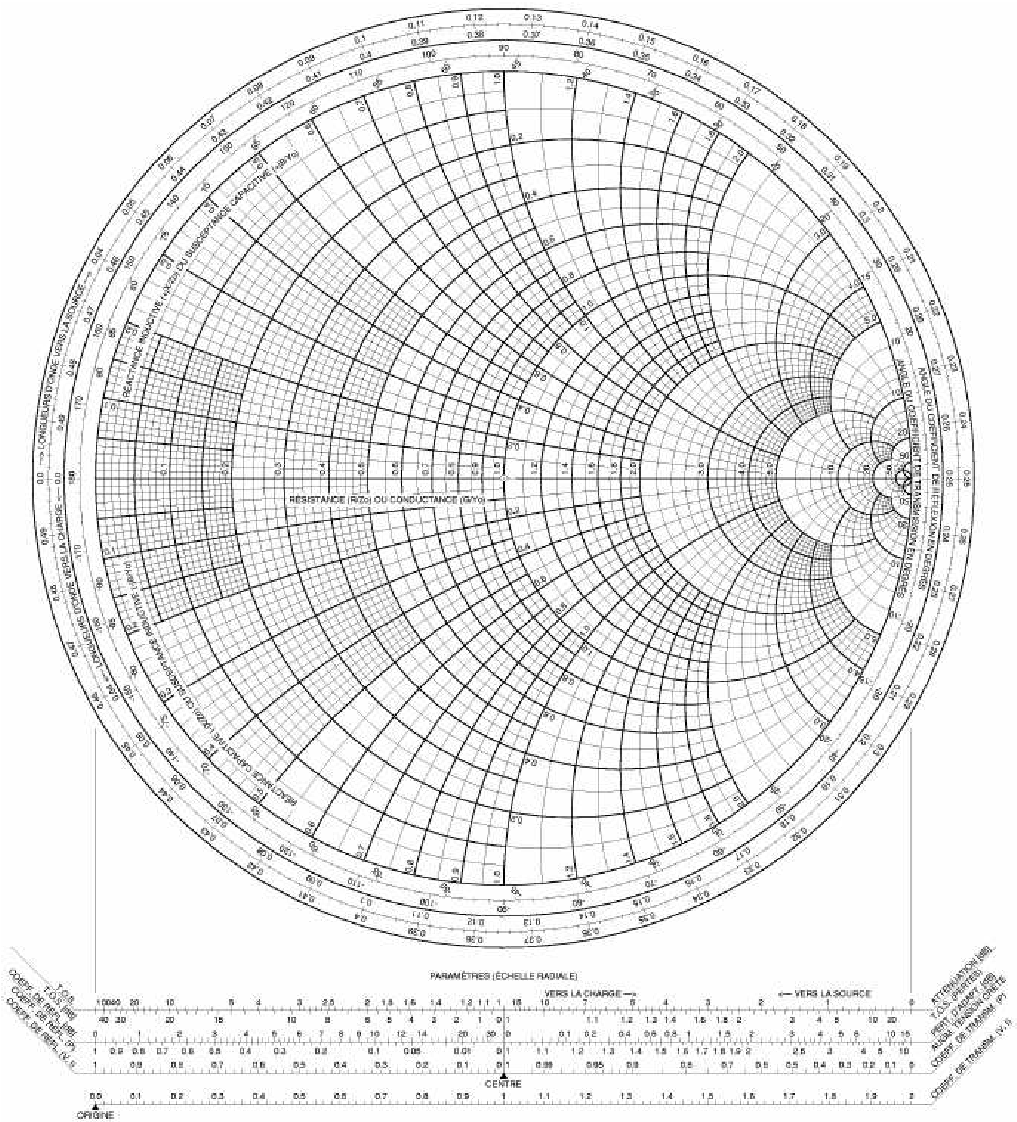


ADAPTATION PAR STUB



Un stub est un tronçon de ligne de longueur s que l'on branche en dérivation sur la ligne Principale à une distance d de la charge.
Son objectif : placer en un point de la ligne d'impédance réelle adaptée une impédance Purement imaginaire compensant celle de la charge.

ABAQUE de SMITH



Définition

L’ abaque de Smith est un outil de calcul graphique permettant la représentation et le passage entre les grandeurs complexes vues sur une ligne de transmission : impédance de charge Zr, coefficient de réflexion R, … :
Il consiste à superposer deux plans complexes :

- Un plan cartésien représentant le coefficient de réflexion.
- Un faisceau de courbes représentant l’impédance de charge.

$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c}$$

Normalisation des Impédances Par rapport à Zc

$$\begin{cases} R = \dfrac{Z_r - 1}{Z_r + 1} = R_{re} + j\,.R_{im} \\ Z_r = \dfrac{1 + R}{1 - R} = Z_r^{re} + j\,.Z_r^{im} \end{cases}$$

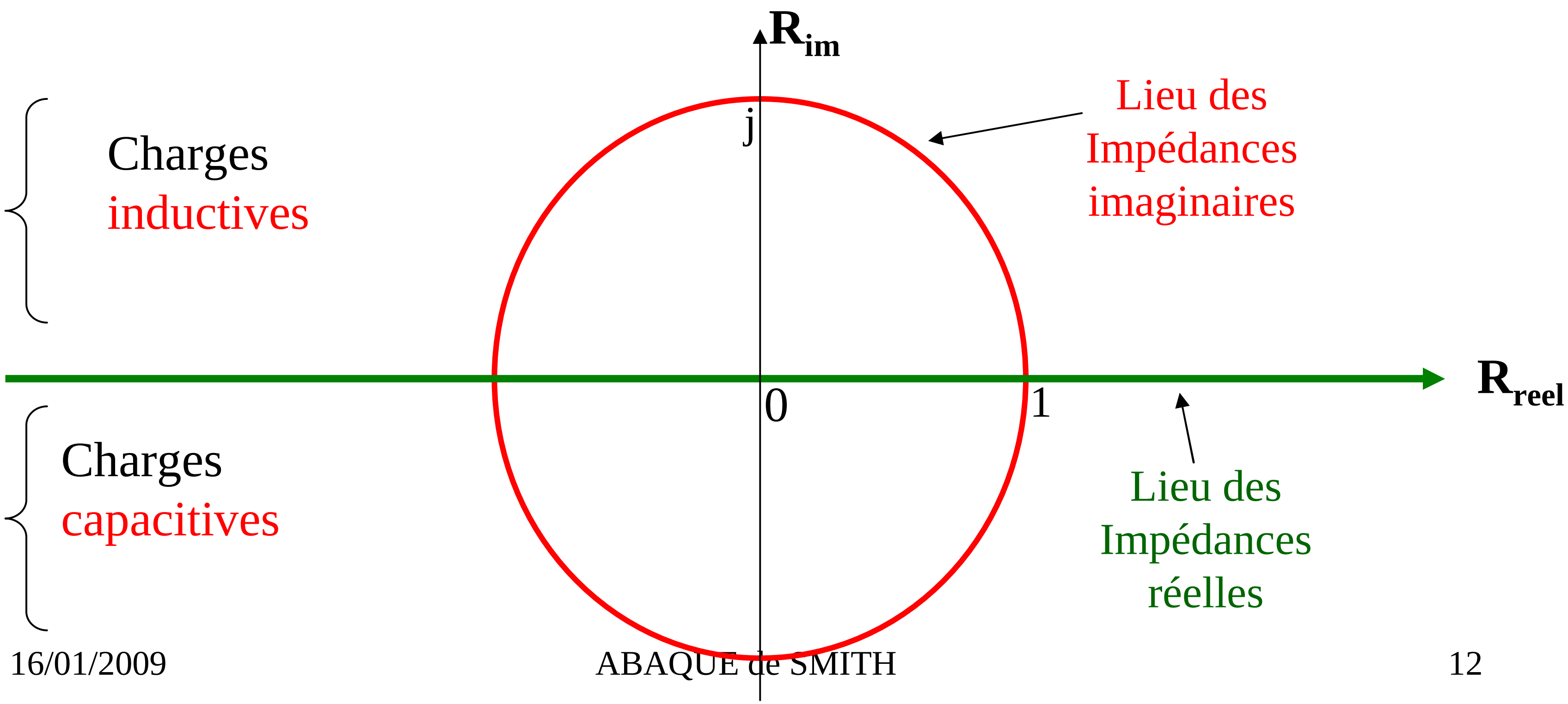
En général l’abaque est normalisé par rapport à 50 Ohms, standard d’impédance en hyper-fréquences.
En première approximation, on suppose que Zc de la ligne est réelle.

Construction de l'abaque

Des calculs simples montrent que :

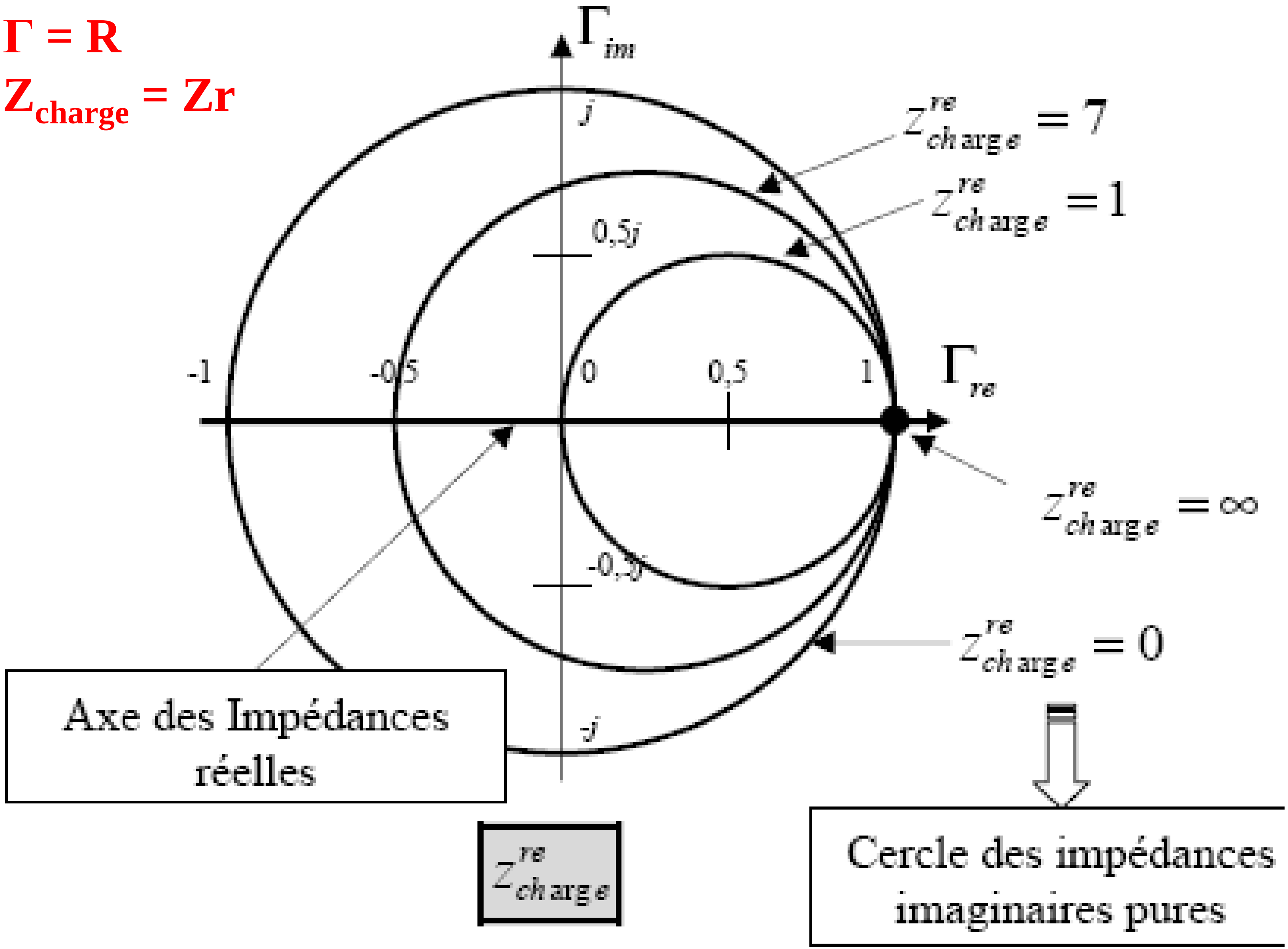
Le lieu des points R : $Z_r^{re} = Cste$ Est un cercle de rayon : $\dfrac{1}{1 + Z_r^{re}}$ Et de centre $\left(\dfrac{Z_r^{re}}{1 + Z_r^{re}}, 0 \right)$

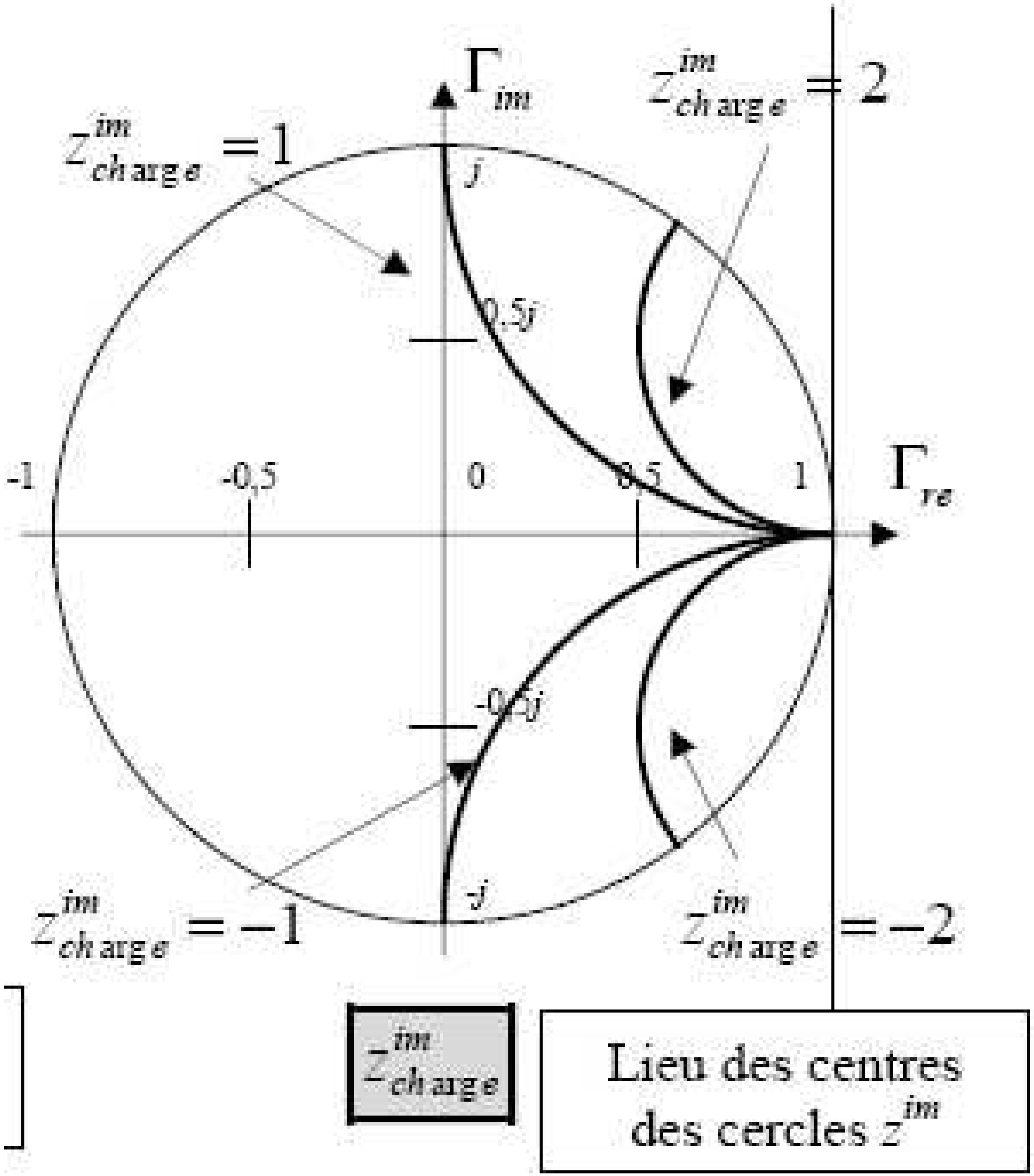
$Z_r^{im} = Cste$ Est un cercle de rayon : $\dfrac{1}{Z_r^{im}}$ Et de centre $\left(1, \dfrac{1}{Z_r^{im}} \right)$



Γ = R

Z_{charge} = Zr




Γ_{im}
$z^{im}_{charge} = 1$
$z^{im}_{charge} = 2$
j
$0,5j$
-1
-0,5
0
0,5
1
Γ_{re}
$-0,5j$
$-j$
$z^{im}_{charge} = -1$
$z^{im}_{charge} = -2$
z^{im}_{charge}
Lieu des centres des cercles z^{im}

UTILISATION

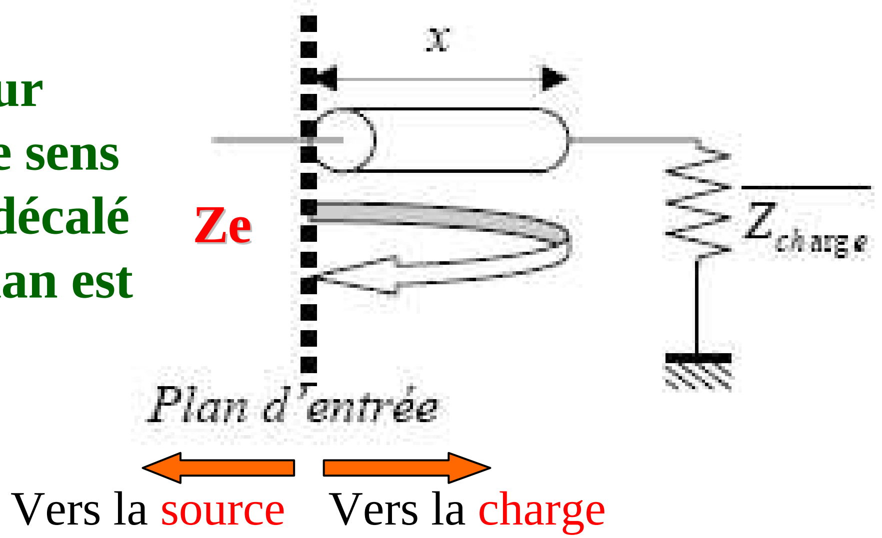
En plus du passage R-Zc et réciproquement, on utilise l'abaque pour traduire L'effet d'un décalage de longueur x sur une ligne.

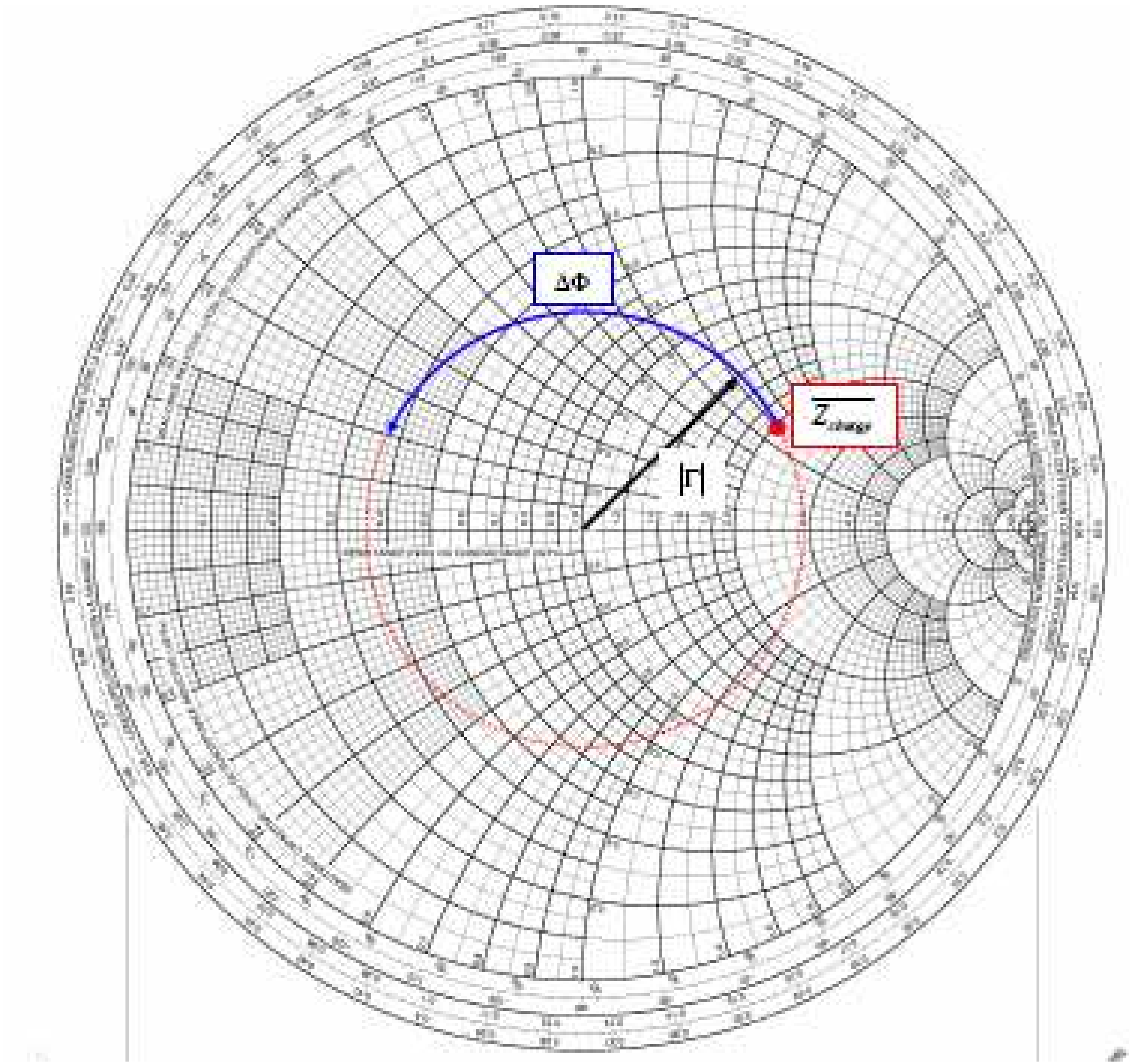
En effet, pour une ligne sans pertes un décalage de longueur x est un déphasage 4.π.x/λ dans le plan du coefficient R :

Un tour complet de l'abaque $\Delta\Phi = 2.\pi$ correspond à $x = \lambda/2$.

$$R = \frac{\underline{V_0}_r}{\underline{V_0}_i}.e^{+2.\gamma.x} = \frac{\underline{V_0}_r}{\underline{V_0}_i}.e^{+j.2.\beta.x} = \frac{\underline{V_0}_r}{\underline{V_0}_i}.e^{+j.\frac{4.\pi}{\lambda}.x}$$

Pour connaître Ze, on place Z_{charge} sur L'abaque et on tourne de 4.π.x/λ dans le sens Trigonométrique si le plan d'entrée est décalé vers la charge et le sens contraire si le plan est Décalé vers le générateur.

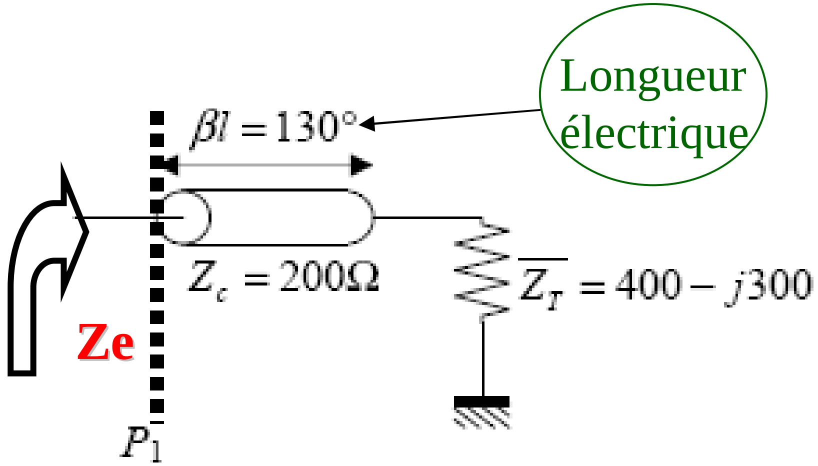



ΔΦ
$\overline{Z_{charge}}$
$|\Gamma|$

EXEMPLES

Exemple 1

On cherche Ze vue de P1.



On commence par normaliser Z_T par rapport à Zc :

$$z_T = \frac{Z_T}{Z_c} = r + x.j = 2 - 1{,}5.j$$

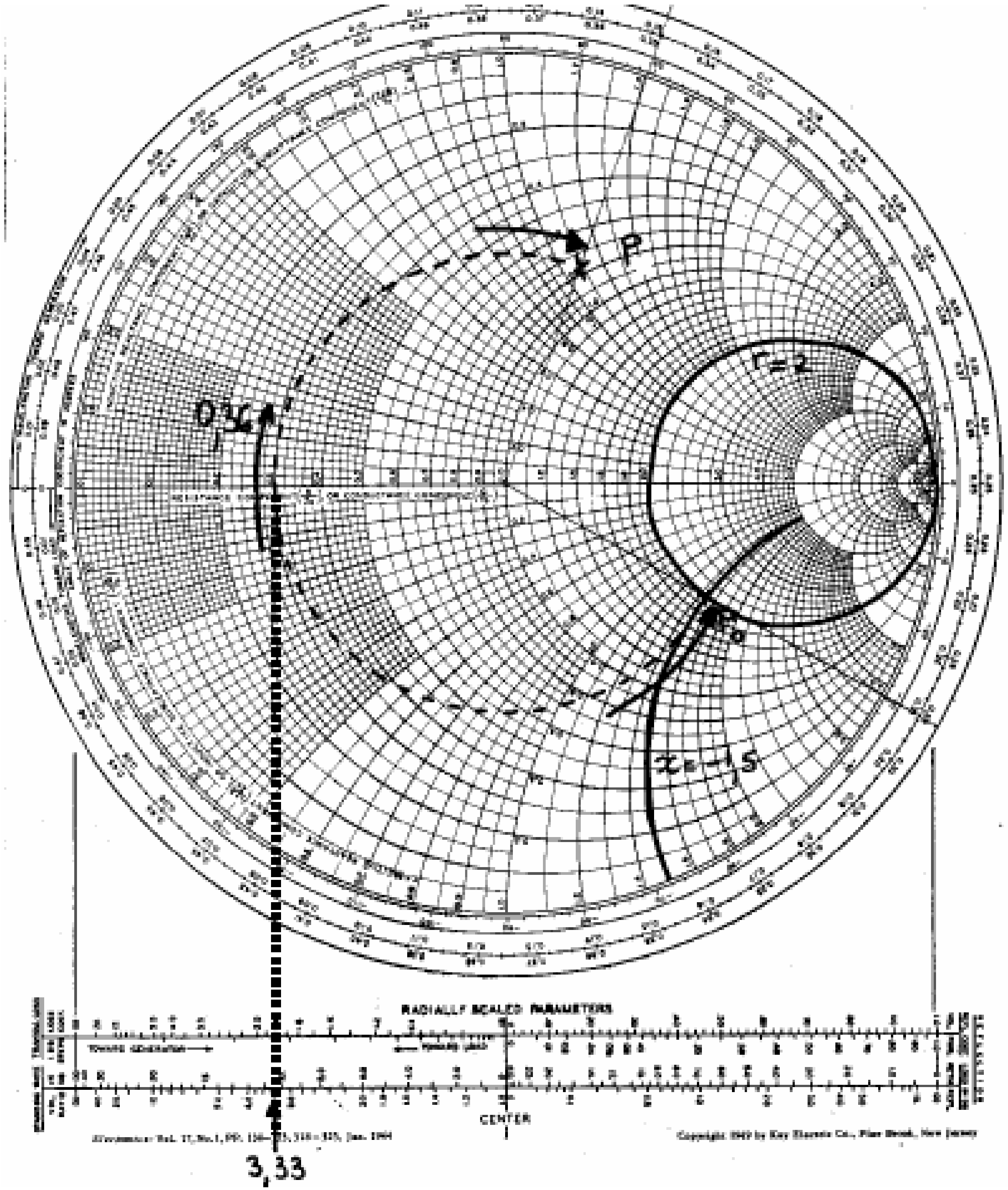
On porte z_T sur l'abaque à l'intersection des cercles r = 2 et x = -1.5 : le point P_0

En l'absence de pertes, si l'on s'éloigne de la charge, P_0 décrit le cercle de rayon OP_0 dans le sens des aiguilles d'une montre.

A partir du point P_0 , on se déplace sur le cercle d'un angle $2\beta.l = 260°$: ceci donne le point P qui est à l'intersection des cercle $r_e = 0.77$ et $x_e = 1.09$, d'où l'impédance d'entrée cherchée :

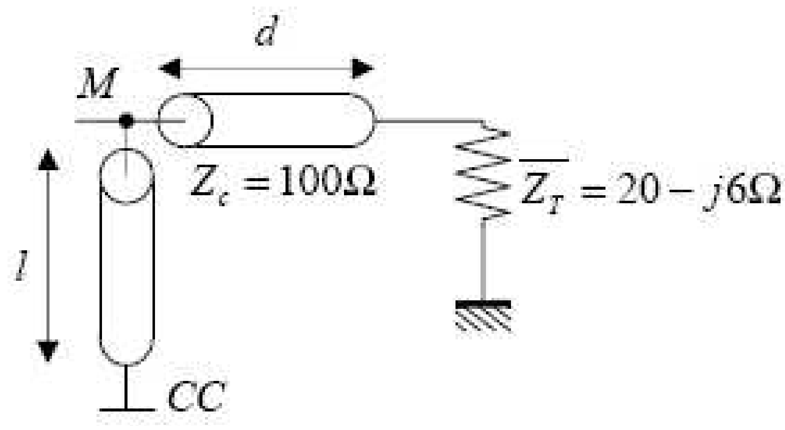
$$Z_e = (r_e + x_e.j).Z_c = 154 \ + 218 \ .j$$

Le rayon de ce cercle permet, à l'aide de la réglette disposée prés de l'abaque, de déduire aussi le ROS de la ligne $\rho \approx 3.33$.


P
r=2
0,36λ
$x_B=-1,5$
RADIALLY SCALED PARAMETERS
CENTER
3,33

Exemple 2

On réalise l'adaptation d'une charge à l'aide
D'un tronçon de ligne CC de longueur l placé
à une distance d de la charge.
La fréquence de travail est 2 GHz. La permittivité
relative effective du milieu est $\varepsilon_{reff} = 2$.
Chercher ***d*** et ***l*** adéquats.



Il faut que l'impédance équivalente vue Ze soit égale à Zc, soit l'impédance normalisée $z_e = 1$,
Ou encore l'admittance normalisée $y_e = 1$.
Rappelons que deux admittances en parallèle s'ajoutent.

Le tronçon M-CC est équivalent à une admittance $y_M = j.b$
Le tronçon de longueur d plus la charge doit donc être équivalent à une admittance $y_d = 1 - j.b$

Plaçons sur l'abaque le point P_0 représentant $z_T = 0.2 + 0.06\,j$

Le point Q_0 symétrique de P0 par rapport au centre de l'abaque représente l'admittance y_T
Lorsque l'on s'éloigne de la charge, on décrit le cercle de rayon OQ_0 (lignes sans pertes)
L'admittance ramenée par le tronçon d doit être l'intersection de ce cercle et le cercle r = 1 : ceci
Donne deux possibilités M_1 et M_2

Solution M_1

Calcul de d

On tourne de Q0 vers M1 dans le sens trigonométrique, ce qui vaut :

d = (0.5 – 0.26 + 0.183).λ = 0.423.λ ≈ 4.5 cm   (0.5 correspond à un demi tour)

$$\lambda = \frac{C}{f\sqrt{\varepsilon_{reff}}} = \frac{3.10^8}{2.10^9\sqrt{2}} = 10.6 \text{ cm.}$$

Calcul de l

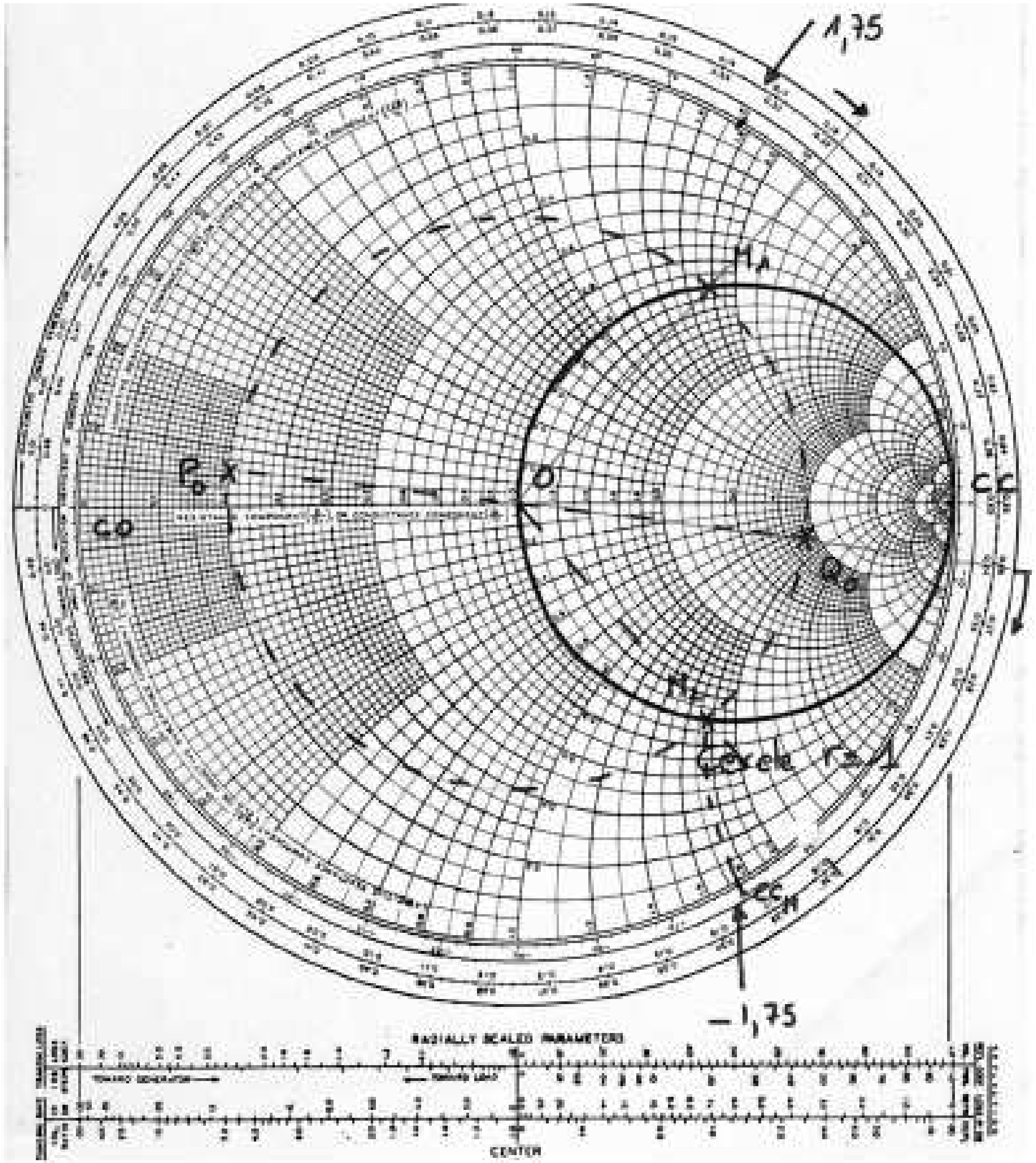
On lit sur l'abaque : $y_d = 1 + 1.75\,j$
Le CC doit ramener – 1.75 j

En se déplaçant du point CC (admittance infinie) vers le point M, on rencontre l'admittance -1.75 j au point CC_M ; Nous avons donc parcouru :

l = 0.083 λ ≈ 8.8 mm cm

Solution M_2

On trouve : d = 0.057 λ ≈ 6 mm et l = 0.42 λ ≈ 4.45 cm


1,75
Cercle r=1
CO
CC
-1,75
RADIALLY SCALED PARAMETERS
TOWARD GENERATOR
TOWARD LOAD
CENTER