



UNIVERSITÉ  
LAVAL  
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET DE GÉNIE INFORMATIQUE

*GEL-3002 Transmission des Ondes Électromagnétiques*  
*Jérôme Genest*

## Examen final

DATE: Vendredi le 17 décembre 2021

DURÉE: de 10h30 à 13h00

SALLE: PLT-2744

Cet examen vaut 35% de la note finale.

### Remarques:

- i) L'utilisation d'une calculatrice est permise.*
- ii) Règle, compas et rapporteur d'angle sont permis.*
- iii) Une feuille de note recto-verso permise*
- iv) Votre carte d'identité doit être placée sur votre bureau en conformité avec le règlement de la Faculté.*

**Problème 1** (10 points)

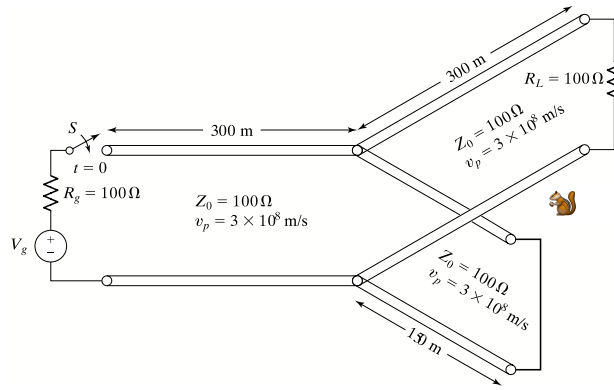
Sur une ligne à fente (sans perte), on observe le premier minimum de courant à  $0.09\lambda$  de la charge. Le rapport d'onde stationnaire observé sur la ligne est 5.35. L'impédance caractéristique de la ligne est  $50 \Omega$ .

- a) Trouvez l'impédance de charge en utilisant l'abaque de Smith. Placez le point correspondant sur l'abaque et expliquez votre construction.
- b) Trouvez le coefficient de réflexion à la charge, toujours en utilisant l'abaque.
- c) Quelle est la longueur minimale de ligne afin que l'impédance d'entrée soit purement résistive?
- d) Quelle est alors la valeur de l'impédance d'entrée? Comparez cette valeur avec le rapport d'onde stationnaire et expliquez.
- e) Expliquez physiquement pourquoi l'impédance d'entrée devient purement réelle. Où la partie réactive de la charge est-elle rendue? Qu'est-ce qui peut avoir annulé cette partie réactive?
- f) Comment adapter complètement cette impédance réelle à la ligne de  $50 \Omega$ ? Faites les calculs nécessaires et dessinez un schéma illustrant la ligne avec sa charge adaptée.

**Problème 2** (5 points)

Soit une ligne de transmission sans perte ayant une impédance de charge  $Z_L = 40 + j30 \Omega$ . On désire trouver l'impédance caractéristique qui minimisera le rapport d'onde stationnaire.

- a) Pour minimiser le rapport d'onde stationnaire, que faut-il faire au module de  $\Gamma$ ?
- b) Tracez, sur l'abaque de Smith, la courbe que décrit  $Z_L$  pour différentes valeurs de  $Z_o$ . Pour ce faire, placez la charge sur l'abaque pour diverses impédances caractéristiques ( $Z_o = 0, 10, 30, 50, 70, 90$  et  $\infty \Omega$ ).
- c) Étant donné votre réponse en b), quelle est l'impédance de charge correspondant au rapport d'onde stationnaire minimum et quel est ce rapport d'onde stationnaire minimum?
- d) Calculez (analytiquement) l'optimisation de  $|\Gamma|$  de manière à minimiser le rapport d'onde stationnaire. Exprimez  $Z_L$  comme  $R_L + jX_L$  dans vos calculs. Est-ce que la valeur de  $Z_o$  correspond à ce que vous avez trouvé sur l'abaque?



### Problème 3 (10 points)

Vous avez trois lignes de transmission connectées tel qu'illustré ci-haut. La source émet un créneau carré de 10 Volts durant  $1\mu\text{s}$  à partir du temps  $t = 0$ . Les conditions initiales sont nulles partout.

- Calculez les coefficients de réflexion et de transmission partout où c'est pertinent.
- Tracez le diagramme en  $z$  en supposant que l'entrée est une impulsion unitaire.
- Tracez l'évolution de la tension dans la charge  $R_L$  en fonction du temps.
- Tracez l'évolution de la tension dans la résistance de source  $R_g$  en fonction du temps.

### Problème 4 (10 points)

- Trouvez la fréquence de coupure du mode  $\text{TE}_{10}$  d'un guide rectangulaire rempli d'air de dimension 40 mm x 20 mm.
- Le guide en a) est opéré à une fréquence de 6 GHz. Un court-circuit est placé comme charge au bout du guide. Le patron d'onde stationnaire est mesuré. Quelle est la distance entre deux minima, en millimètres?
- Quelle est la vitesse de phase du mode  $\text{TE}_{10}$  du même guide opéré à 6 GHz?
- Un certain mode TM dans un guide rempli d'air opéré à 5 GHz de dimensions  $a$  et  $b$  ( $a > b$ ) a une champ électrique axial donné par:

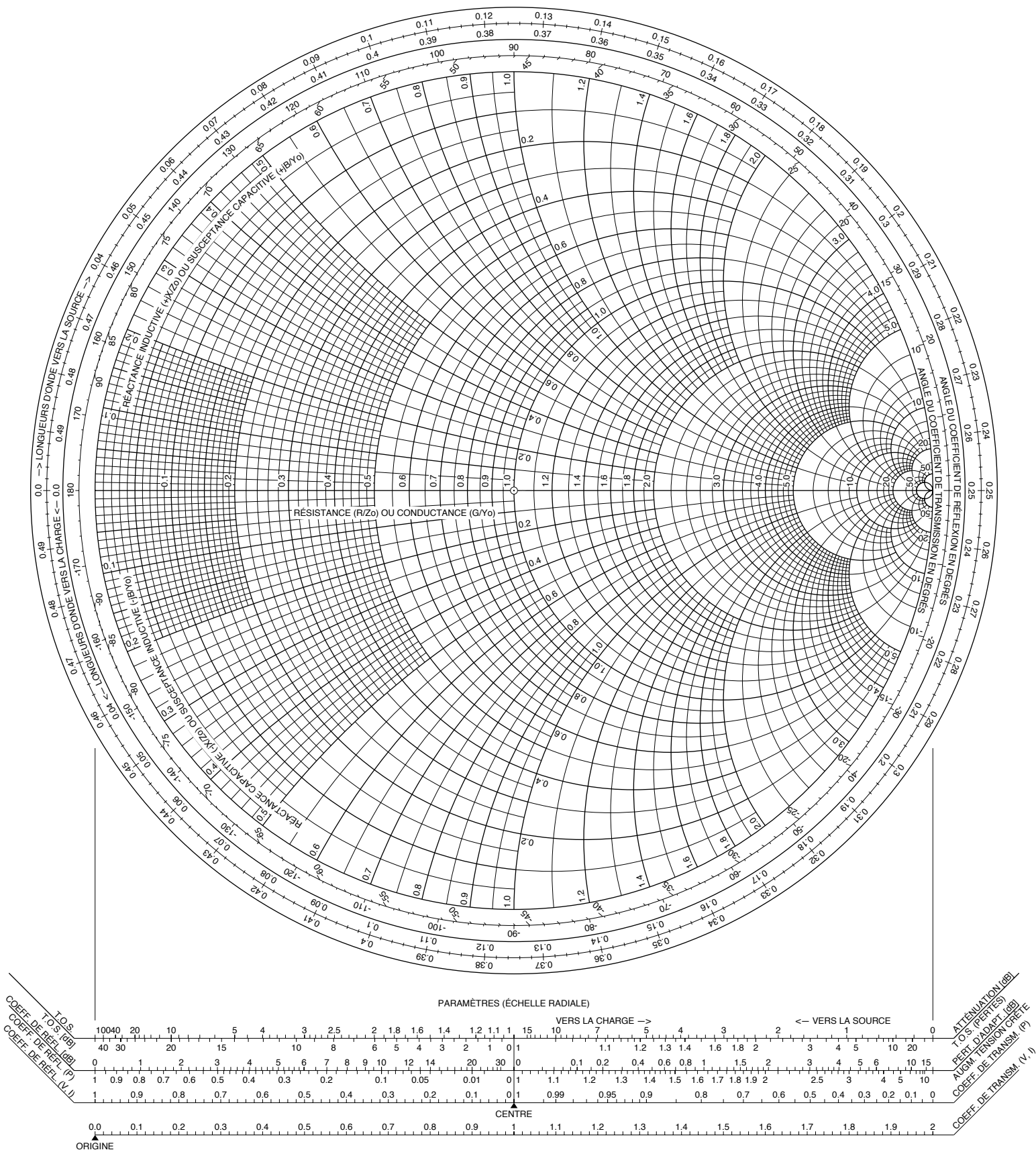
$$\tilde{E}_z(x, y, z) = \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi y}{b}\right) e^{-j10z}$$

Quelles sont les composantes de champ  $\tilde{H}_z(x, y, z)$  et  $\tilde{E}_x(x, y, z)$  pour ce mode.

- Pourquoi les guides rectangulaires ne supportent pas le modes  $\text{TM}_{10}$  et  $\text{TM}_{01}$ ?

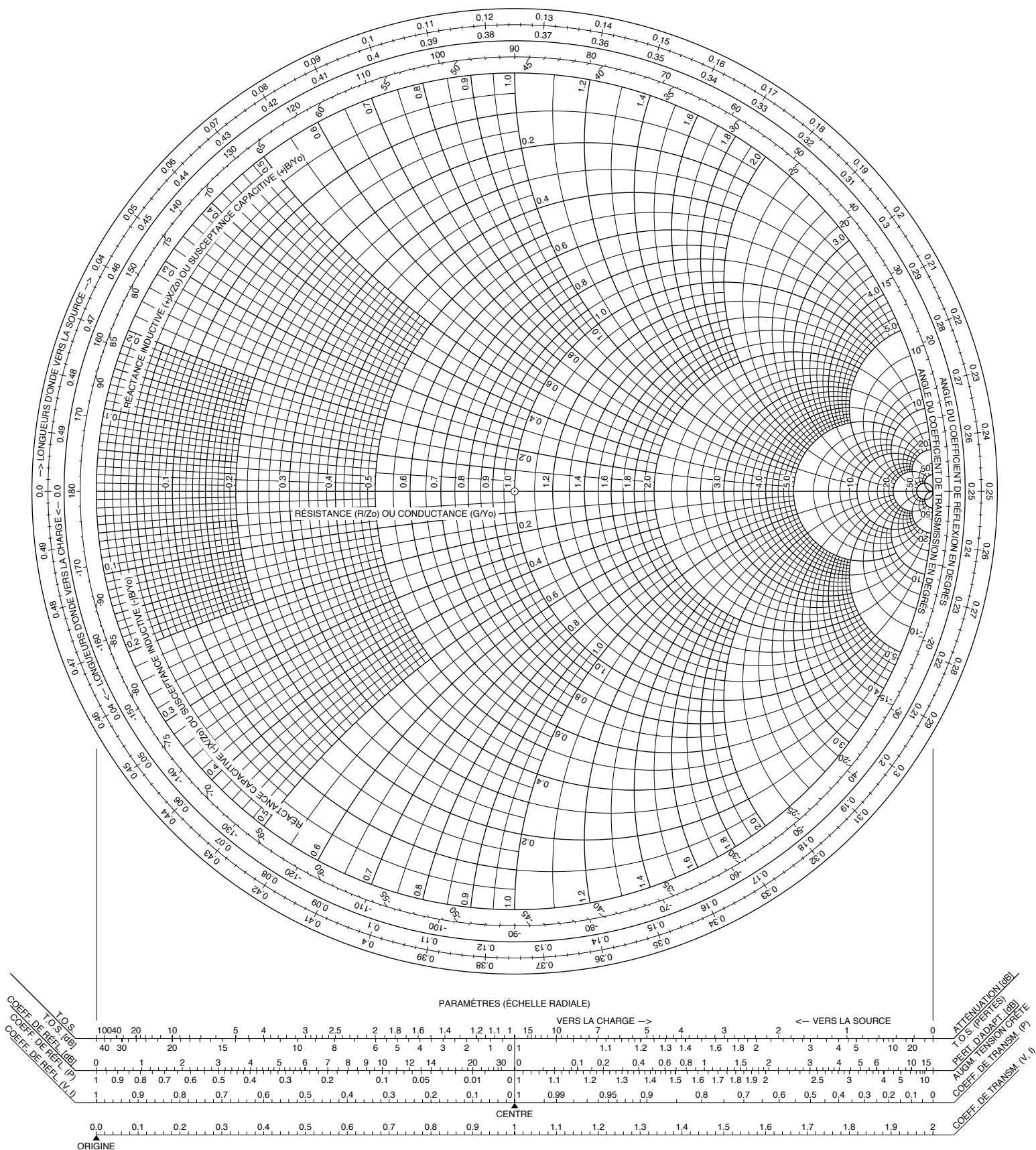
# Abaque de Smith

## COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES



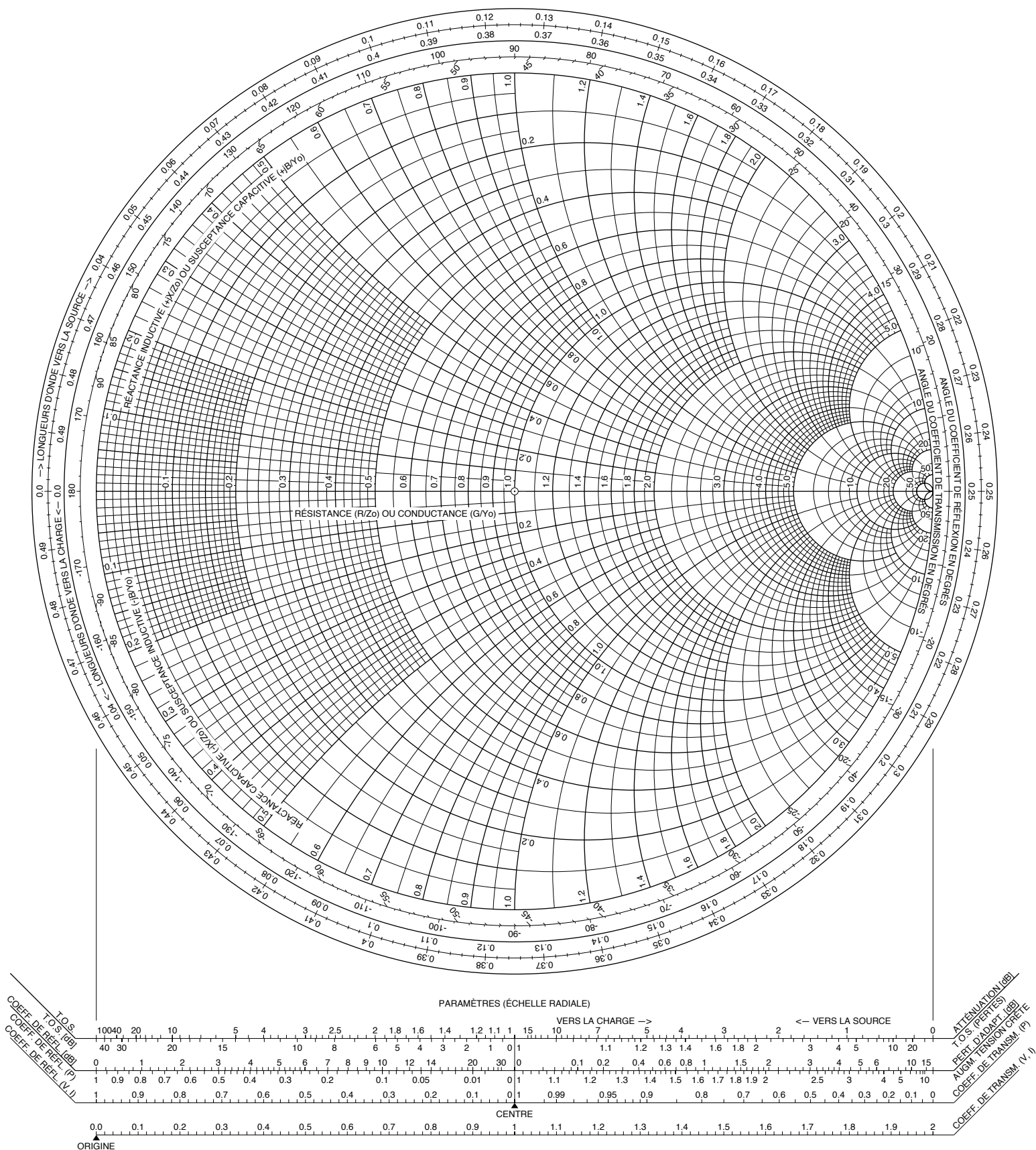
# Abaque de Smith

## COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES



# Abaque de Smith

## COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES



# Abaque de Smith

## COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES

