

Examen d'Electromagnétisme I

Lundi 29 janvier 2018
12h15 – 15h15
INM 202
Prof. R. Fleury

Instructions

Merci de déposer une pièce d'identité sur le coin de votre table.

Matériel autorisé dans la salle :

- Notes **manuscrites** strictement limitées à du texte, des formules et schémas écrit sur deux feuilles A4 recto-verso (total de 4 pages).
- Pas d'autre matériel imprimé (notes, polycopiés, livres).
- Crayons, stylos, feutres, règles, compas, feuilles blanches : pas de limitation.
- Calculatrice aux performances raisonnables (pas de PC, pas de dispositifs à connexion sans fil, pas de connexion internet).

Déroulement :

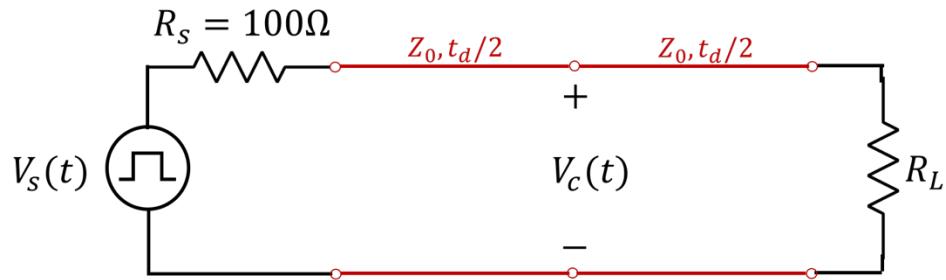
- Trois problèmes sont proposés, et l'étudiant doit répondre aux trois problèmes directement sur l'énoncé.
- L'examen est à rendre écrit avec un stylo bleu ou noir. Pas d'autres couleurs, pas d'écriture au crayon.
- L'heure officielle de finalisation de l'examen sera respectée de façon stricte.
- Des feuilles de brouillon blanches et des abaques de Smith supplémentaires seront mis à disposition.
- Débranchez vos téléphones portables.

Soyez très raisonnables avec boissons, nourriture et demandes de quitter la salle pendant l'examen.

L'intégralité de l'énoncé doit être rendu à la fin de l'épreuve.

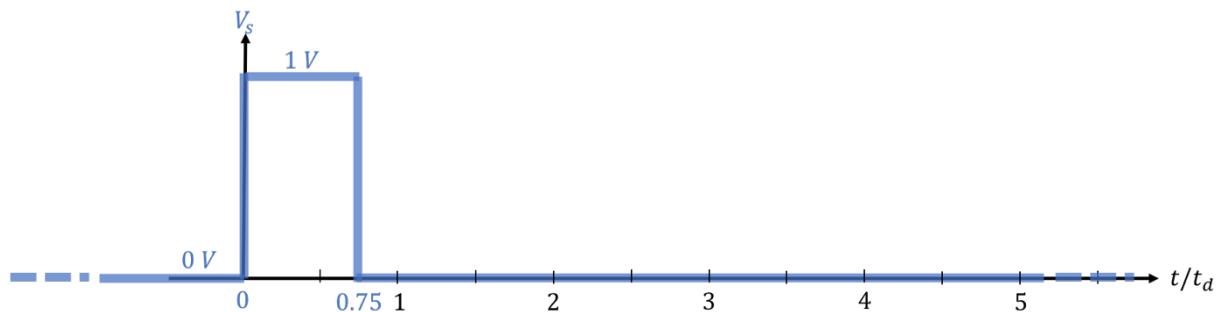
Exercice 1)

On considère une ligne de transmission d'impédance caractéristique inconnue $Z_0 \in \mathbb{R}$ terminée par une résistance de valeur inconnue $R_L > 0$. On note t_d le temps de parcours de la ligne et l sa longueur.

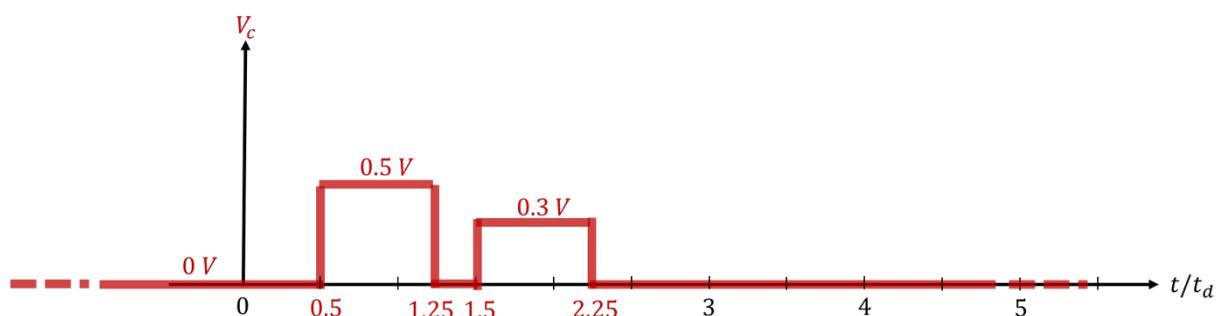


Comme représenté sur la figure ci-dessus, ce circuit est excité par une source d'impédance interne $R_s = 100\Omega$, fournissant une impulsion rectangulaire d'amplitude 1V et de durée finie $t_w = 3t_d/4$, c'est à dire :

$$V_s(t) = \begin{cases} 1V & \text{si } 0 \leq t \leq 3t_d/4 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$



Un observateur placé au centre de la ligne mesure l'évolution de la tension en milieu de ligne $V_c(t)$, obtenant le graphe suivant :



QUESTIONS ASSOCIEES A COCHER (1p par question):

1A) Pour le circuit décrit par l'énoncé :

- le générateur est adapté en impédance
 - la charge est adaptée en impédance
 - aucune des deux réponses précédentes

1B) Ce circuit est :

- o localisé
 - o distribué
 - o non-linéaire

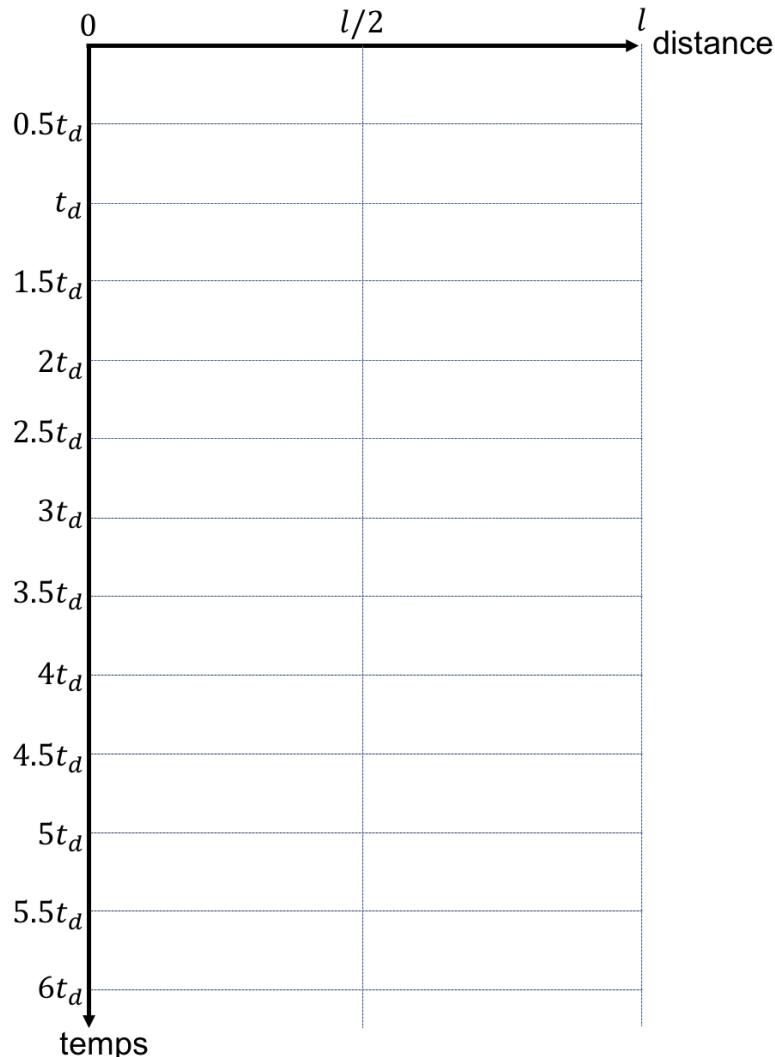
1C) Quand $t \rightarrow +\infty$, la tension aux bornes de la charge R_L

- o tend vers 0
 - o tend vers $0.3V$
 - o tend vers $0.5V$

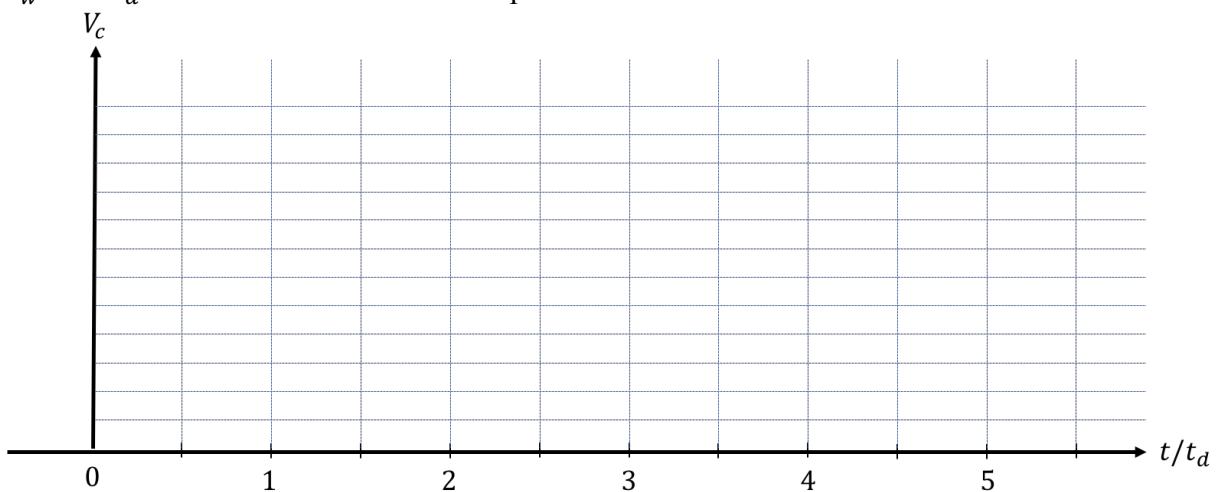
QUESTIONS PRINCIPALES (5p):

(a) Déterminer les valeurs numériques de Z_0 et R_L .

(b) En utilisant les valeurs trouvées en (a), tracer le diagramme des réflexions multiples du système dans le cas $t_w = 1.5t_d$. On utilisera le diagramme vierge ci-dessous. Indiquer les coefficients de réflexion ainsi que les amplitudes des signaux représentés en Volts.



(c) Déduire de la question (b) l'évolution temporelle $V_c(t)$ qui serait observée dans le cas $t_w = 1.5t_d$. On la tracera ci-dessous en précisant bien les unités.



Exercice 2)

On considère une résistance de valeur $R_L = 150\Omega$ alimentée par une ligne de transmission d'impédance caractéristique $Z_0 = 75\Omega$. La vitesse de phase dans la ligne est supposée être égale à 3×10^8 m/s. La ligne est alimentée par un signal sinusoïdal à 3 GHz.



QUESTIONS ASSOCIEES A COCHER (1p par question):

2A) Le premier minimum de tension se situe

- au niveau de la charge
- à 2.5 cm de la charge
- aucune des deux réponses précédentes

2B) Le rapport d'onde stationnaire dans la ligne vaut

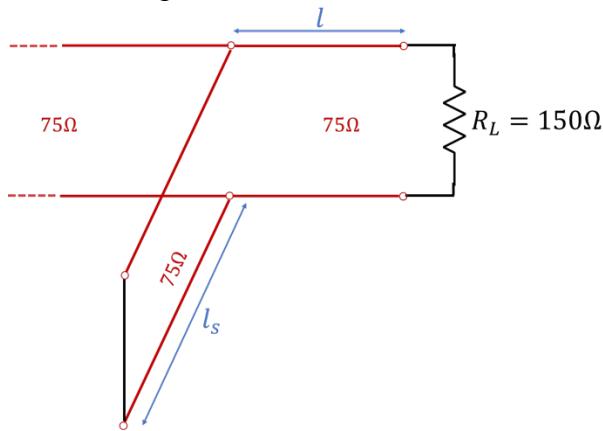
- 2
- 0.5
- aucune des deux réponses précédentes

2C) A une distance de 1cm de la charge, la partie **imaginaire** de l'impédance de ligne vaut

- à peu près -0.7Ω
- à peu près -52.5Ω
- aucune des deux réponses précédentes

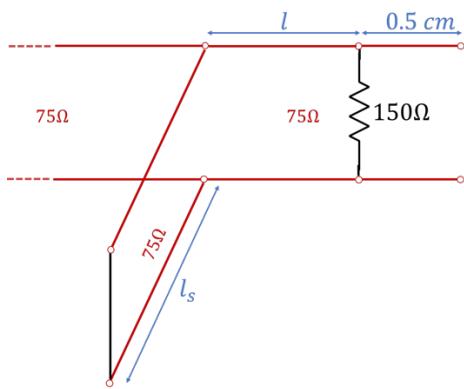
QUESTIONS PRINCIPALES (5p):

On considère le circuit suivant, qui a pour but d'adapter la charge R_L à la ligne d'impédance Z_0 en ajoutant à une distance l de la charge une ligne court-circuitée (impédance caractéristique Z_0) de longueur l_s , et connectée en parallèle.



(a) Trouver les valeurs de l et l_s tel que le circuit soit adapté en impédance à 3 GHz, avec l le plus court possible.

(b) Une fois le circuit d'adaptation d'impédance construit, un ingénieur se rend compte que de fortes réflexions sont présentes dans la ligne et découvre que le problème vient du fait que la ligne possède en fait une extension en circuit-ouvert de 0.5 cm après la charge résistive, comme sur le schéma suivant. En utilisant les valeurs de l et l_s trouvées à la question précédente, calculer le rapport d'onde stationnaire S que l'ingénieur mesure dans la ligne dû à cette extension en circuit ouvert.



The Complete Smith Chart

Black Magic Design

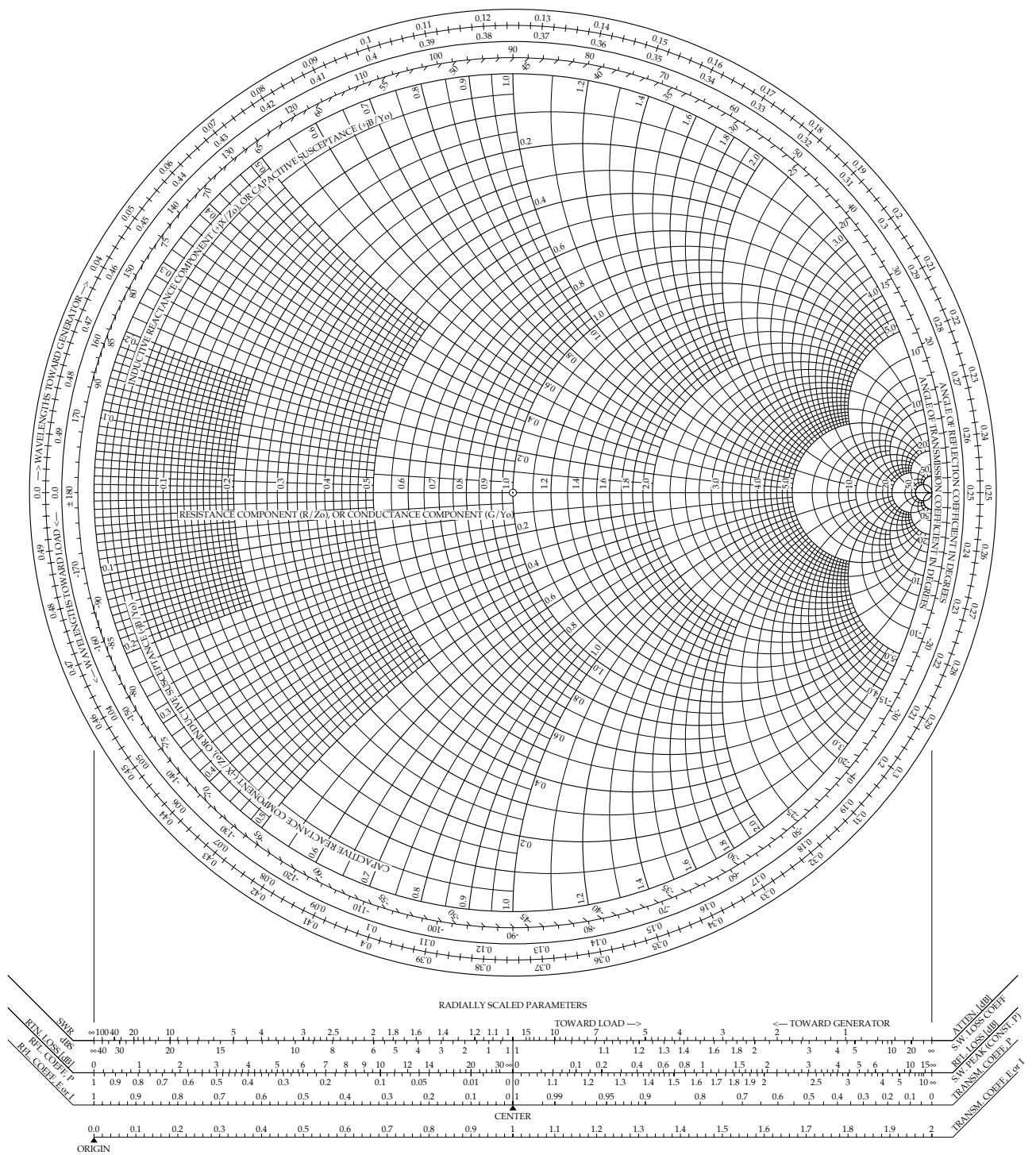


Figure 1: Abaque à disposition pour l'exercice 2 (utilisation facultative)

Exercice 3)

On considère une ligne de transmission d'impédance caractéristique $Z_0 = 50\Omega$ connectée à une antenne dont on ne connaît pas l'impédance Z_L . Un ingénieur fait un test sur la ligne et mesure le rapport d'onde stationnaire et la longueur d'onde, trouvant 3.2 et 20 cm, respectivement. Il mesure aussi un minimum de tension à 74 cm de l'antenne.

QUESTIONS ASSOCIEES A COCHER (1p par question):

3A)

L'impédance de l'antenne est

- égale à 50Ω
- différente de 50Ω , mais purement réelle
- Aucune des réponses précédentes

3B)

La distance la plus courte entre deux maxima de tensions est

- 20 cm
- 10 cm
- 5 cm

3C)

A 69 cm de l'antenne :

- l'impédance de ligne vaut 160Ω
- l'impédance de ligne vaut 50Ω
- Aucune des réponses précédentes

QUESTIONS PRINCIPALES (5p):

(a) Déterminer la valeur de l'impédance de l'antenne.

(b) On souhaite adapter l'antenne en utilisant un élément réactif purement capacitif inséré en série à une distance l de la charge. Trouver la distance l et la valeur de la capacité nécessaire (on peut supposer que la vitesse de phase vaut 3×10^8 m/s).

(c) Un ingénieur suggère une solution alternative pour adapter l'antenne. Il propose de placer une résistance branchée en série à 4 cm de l'antenne. Calculer la valeur de la résistance qui permet l'adaptation de l'antenne. Cette solution technique est-elle meilleure que la solution réactive trouvée en b) ?

The Complete Smith Chart

Black Magic Design

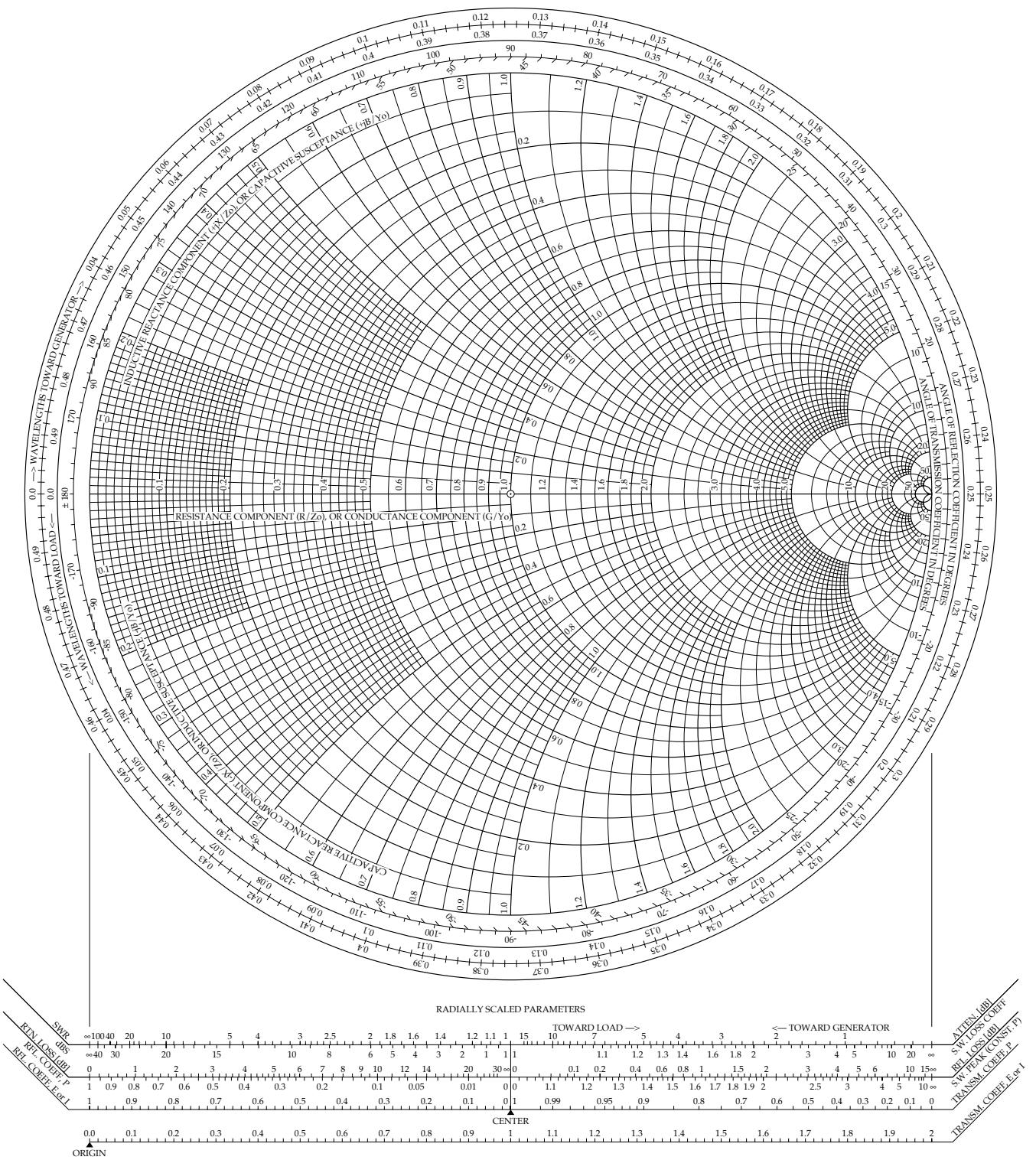


Figure 2: Abaque à disposition pour l'exercice 3 (utilisation facultative)