



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 23 décembre 2022

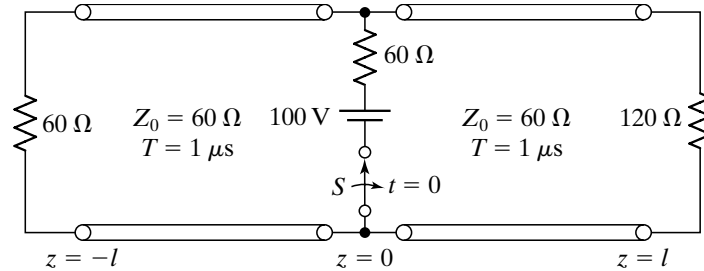
DURÉE: de 10h30 à 13h00

SALLE: PLT-2341

Cet examen vaut 35% de la note finale.

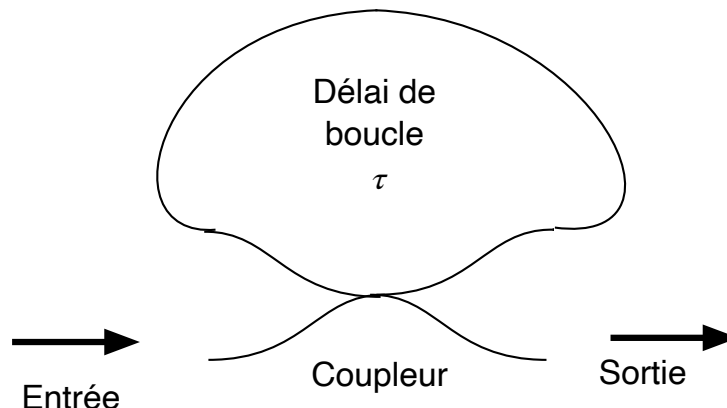
Remarques:

- 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 (8 points)

Dans le circuit montré ci-haut, le régime permanent est atteint dans les lignes avant d'ouvrir l'interrupteur S au temps $t = 0$.

- Calculez les tensions et les courants partout dans le circuit en régime permanent à $t = 0^-$.
- Tracez les tensions aux bornes des deux résistances en fonction du temps pour $t > 0$.
- De votre réponse en b), déduisez l'énergie totale dissipée par les deux résistances pour $t > 0$.
- D'où provient cette énergie étant donné que la source est déconnectée ?

Problème 2 (8 points)

Vous avez un coupleur directionnel 2×2 ayant une de ses sorties reliée à une entrée, tel qu'indiqué à la figure ci-haut. On peut réaliser ce composant avec des fibres optiques, des guides d'ondes métalliques ou des lignes de transmission. Cette situation est également un très bon modèle pour le couplage dans un résonateur, qui peut être implanté dans une large variété de technologies, dont l'optique intégrée sur silicium.

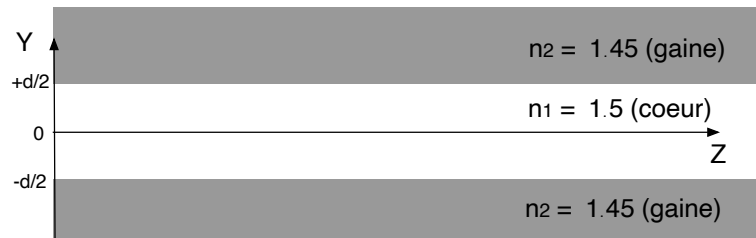
Le délai de propagation dans la boucle est τ

Le ratio du coupleur est 50%, c'est à dire que 50% de la puissance incidente à l'une des entrées se retrouve à l'une des sorties.

Le coupleur est sans perte, mais la ligne de transmission dans la boucle ne l'est pas, une fraction α de la puissance est perdue par atténuation à chaque tour dans la boucle.

Calculez et tracez la réponse impulsionnelle et la fonction de transfert entre l'entrée et la sortie de ce composant.

Discutez comment ce filtre respecte la conservation de l'énergie, même lorsque les pertes dans la boucle sont nulles.

Problème 3 (10 points)

On a un guide plan formé de trois diélectriques. La plaque centrale (le coeur du guide) est en verre et a un indice de réfraction $n_1 = 1.5$. Le coeur a une épaisseur $d = 10 \mu\text{m}$ et est en "sandwich" avec des plaques d'indice $n_2 = 1.45$ de part et d'autre, agissant comme gaine pour le guide. On peut supposer que les plaques de gaine ont une épaisseur infinie.

Une des composantes du champ dans le guide est donnée par:

$$\bar{E}_z = \begin{cases} -\bar{E}_o \sin\left(\frac{h_1 d}{2}\right) e^{\alpha(y+d/2)} & y < -d/2 \\ \bar{E}_o \sin(h_1 y) & -d/2 < y < d/2 \\ \bar{E}_o \sin\left(\frac{h_1 d}{2}\right) e^{-\alpha(y-d/2)} & y > d/2 \end{cases}$$

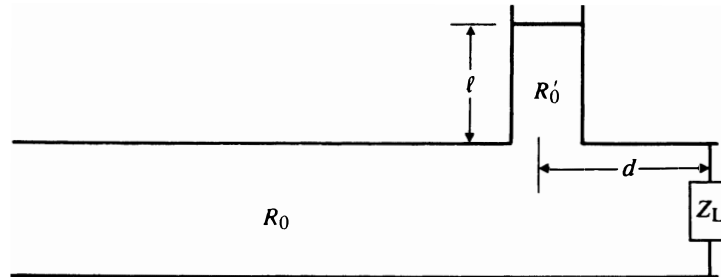
Avec: $d = 10 \mu\text{m}$ $n_1 = 1.5$ $n_2 = 1.45$ $\omega = 2\pi \times 200 \text{THz}$

Une résolution de l'équation caractéristique nous donne $h_1 d/2 = 1.406$ pour le mode d'intérêt.

Comme le mode se propage simultanément dans des milieux d'indice différents, on a aussi un paramètre h dans le second milieu:

$$h_2^2 = \omega^2 \mu_2 \epsilon_2 - \beta^2 = -\alpha^2$$

- À quelle famille ce mode appartient-il, pourquoi ?
- Quelle est la fréquence de coupure de ce mode ?
- Calculez sa constante de propagation et comparez avec la propagation d'une onde plane libre dans chacun des deux milieux d'indice n_1 et n_2 .
- Calculez les phaseurs de toutes les composantes du champ E et du champ H .
- Tracez le champ longitudinal en fonction de y , prenez soin d'indiquer les valeurs importantes.
- Quel est l'indice entier (l'ordre) de ce mode selon la nomenclature utilisée au cours ?
- Les modes d'indice ou d'ordre zéro sont-ils possibles dans ce guide, pourquoi ?

Problème 4 (9 points)

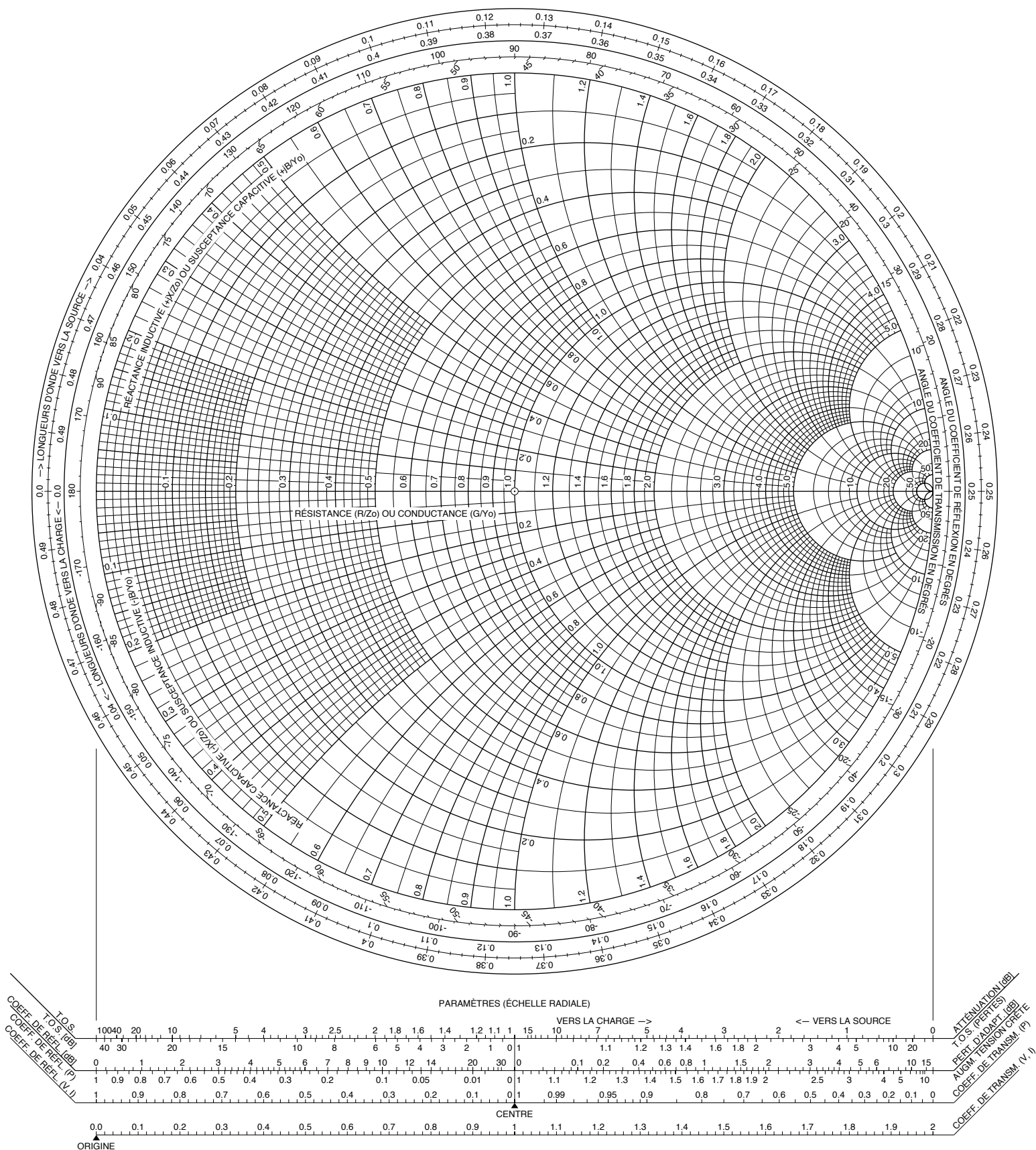
Une impédance de charge doit être adaptée à une ligne de transmission en utilisant un 'stub' placé tel qu'illustré à la figure ci-haut. En supposant que $Z_L = 25 + j25\ \Omega$, $R_o = 50\ \Omega$ et $R'_o = 35\ \Omega$, trouvez les distances d et ℓ requises pour l'adaptation.

La section de ligne entre la charge et le stub est d'impédance R_o .

Indiquez toutes les étapes logiques sur l'abaque de Smith fournie à la page suivante.

Abaque de Smith

COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES



Abaque de Smith

COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES

