



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: Samedi le 12 décembre 2020

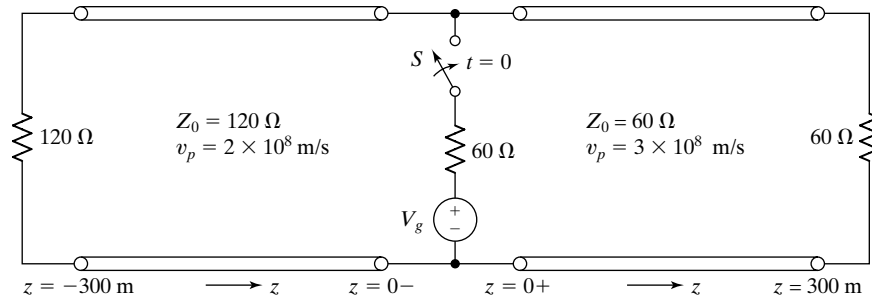
DURÉE: de 10h30 à 13h00

SALLE: TBD

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.*

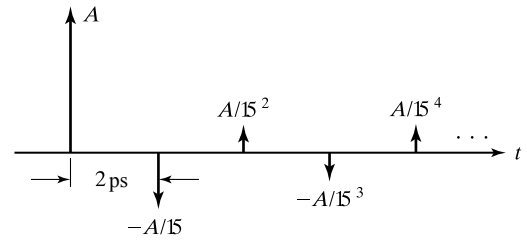
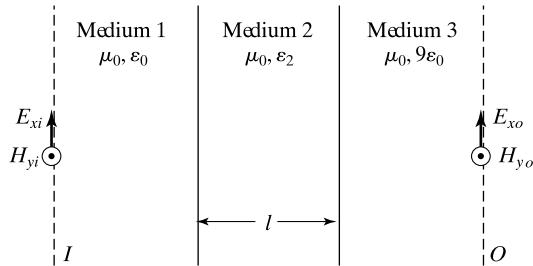
Problème 1 (10 points)

Une source est connectée à deux lignes de transmission tel qu'indiqué à la figure ci-haut. La source de tension est telle que $V_g = 10 \, \text{V}$ et l'interrupteur S est fermé à l'instant $t = 0$.

Tracez:

- La tension et le courant dans chaque branche en régime permanent (tracez l'équivalent "circuit" est supposant que les lignes sont courtes et indiquez la tension et le courant partout sur le circuit.)
- La tension en tout point sur les lignes à $t = 0.2 \, \mu\text{s}$
- Le courant en tout point sur les lignes pour $t = 0.4 \, \mu\text{s}$
- La tension en fonction du temps à $z = 30 \, \text{m}$
- Le courant en fonction du temps à $z = -40 \, \text{m}$

(Problème P6.5 du livre "Elements of engineering electromagnetics 6e ed" de N. Rao.)

Problème 2 (8 points)

On désire retrouver l'épaisseur d'une mince couche déposée sur un substrat de silicium. Pour ce faire, on mesure la réponse en transmission à l'aide d'un laser impulsif. Le milieu 1 est l'air, le milieu 2 est la couche à identifier et le milieu 3 est notre substrat de silicium.

Vous pouvez supposer que les milieux 1 et 3 sont infinis.

Tel qu'illustré sur la figure de gauche, le laser se propage dans le milieu 1 et arrive à incidence normale sur le milieu 2. Dans le plan "O" du milieu 3, on mesure la réponse impulsionnelle donnée sur la figure de droite. Notez que les impulsions successives sont séparées de 2 ps.

Afin de simplifier le problème, on va écrire l'impédance du milieu 2 comme $\eta_2 = \eta_0/k$ où k est une constante à trouver.

Rappel: Dans ma notation, Γ_{21} signifie réflexion du milieu 2 vers le milieu 1 et Γ_{23} signifie réflexion du milieu 2 vers le milieu 3

- Quelle est la valeur du produit des coefficients de réflexion $\Gamma_{21} \times \Gamma_{23}$?
- Trouvez les valeurs possibles (il y en a plusieurs) pour la permittivité du milieu 2.
- Quelles sont alors les vitesses de propagation (vitesses de phase) possibles dans le milieu 2 ?
- Quelles sont les valeurs possibles pour l'épaisseur l du milieu 2 ?
- Proposez une mesure avec le même montage qui permettrait de départager les possibilités.

(Inspiré du P6.15 du livre "Elements of engineering electromagnetics 6e ed" de N. Rao.)

Problème 3 (7 points)

On a une charge connectée sur une ligne qui produit un rapport d'onde stationnaire $SWR = 4$ avec un premier minimum en tension à une distance $d = 0.2\lambda$ de la charge.

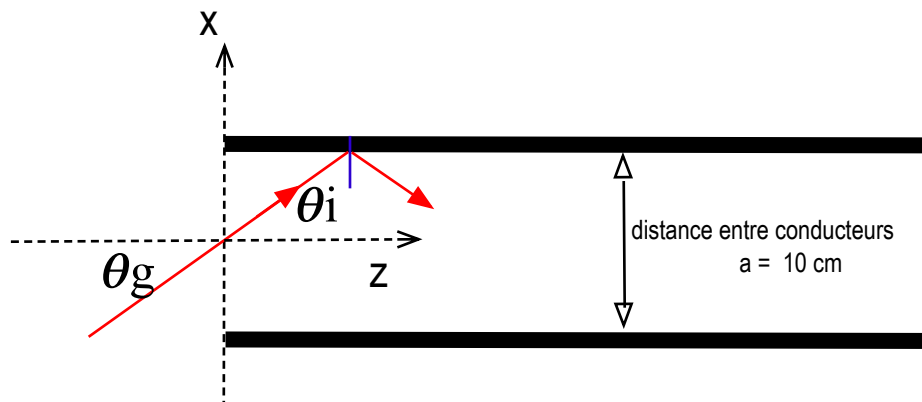
Utilisez l'abaque de Smith pour réaliser l'adaptation à 1 "stub" terminé par un court-circuit.

Insérez l'abaque fournie avec le questionnaire dans le cahier d'examen.

Tant sur l'abaque dans le cahier, prenez soin d'indiquer:

- a) La charge inconnue (impédance ET admittance)
- b) La distance minimale entre la charge et l'endroit où placer le stub.
- c) La longueur du stub (connecté en parallèle).

(Problème P7.32 du livre "Elements of engineering electromagnetics 6e ed" de N. Rao.)

Problème 4 (10 points)

Le champ:

$$E(x, y, z, t) = \hat{\mathbf{a}}_y \text{Re} \left[(\bar{E}_{oa} e^{j10\pi x} e^{\gamma_{za} z} + \bar{E}_{ob} e^{j30\pi x} e^{\gamma_{zb} z} + \bar{E}_{oc} e^{j50\pi x} e^{\gamma_{zc} z}) e^{j2\pi f t} \right]$$

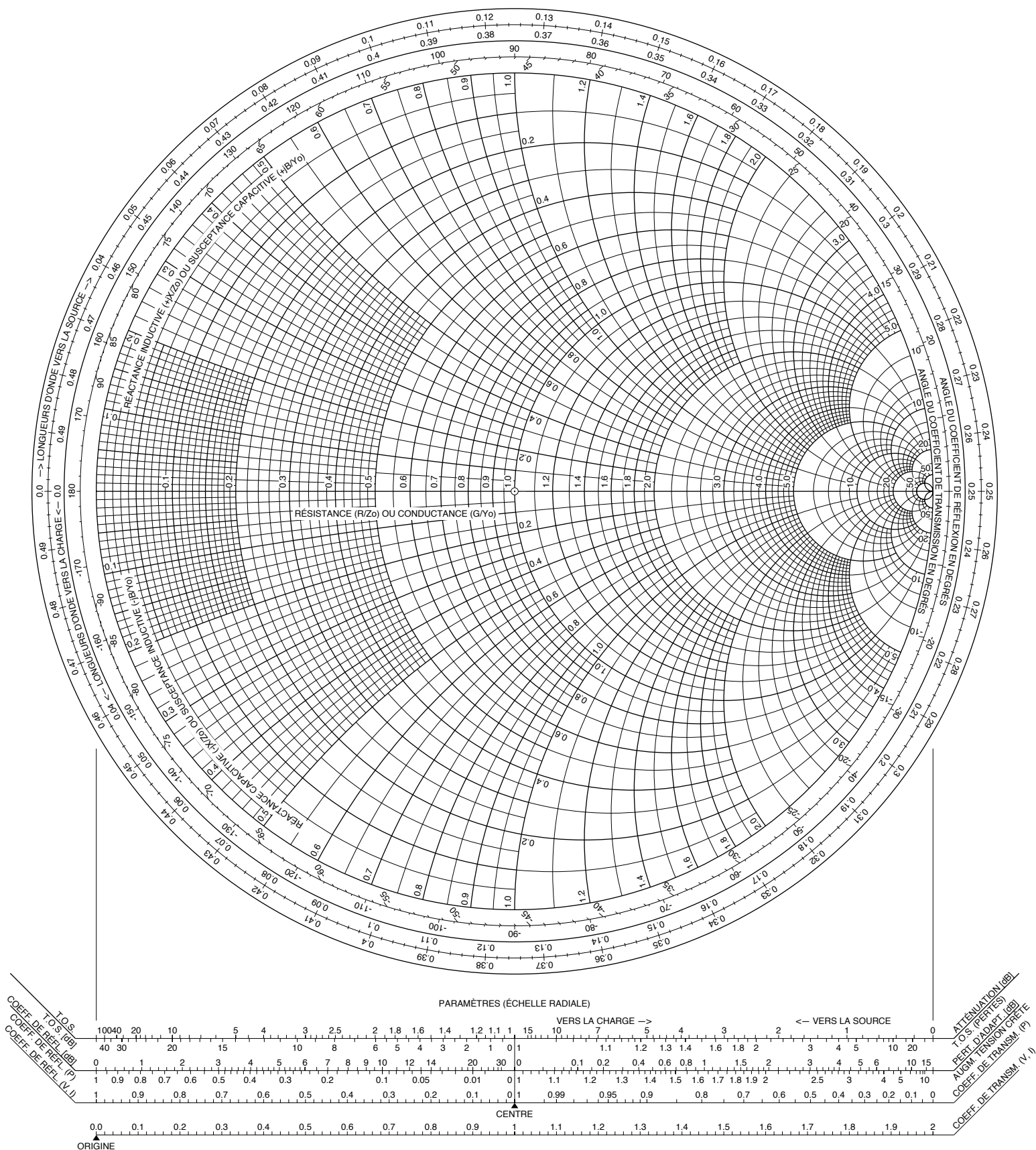
est incident dans le plan $z = 0$ à l'entrée d'un guide à plaques parallèles selon la géométrie indiquée à la figure ci-haut.

La fréquence de l'onde est $f = 4$ GHz. Une onde se propagerait librement à $v_p = 2 \times 10^8$ m/s dans le diélectrique entre les conducteurs. L'espacement entre les conducteurs est $a = 10$ cm.

- Est-ce une polarisation parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence défini par les conducteurs?
- Est-ce que cette onde va exciter des modes TE ou des modes TM ? Pourquoi?
- Déterminez les constantes de propagation γ_{za} , γ_{zb} et γ_{zc} .
- Quels sont les angles d'incidence sur le guide (θ_g) correspondants ?
- Quel(s) mode(s) on tente d'exciter ici ? Quel(s) mode(s) vont se propager ? Pourquoi ?
- Supposons qu'on impose une modulation AM sur ce champ. C'est à dire que $E_{AM}(x, y, 0, t) = E(x, y, 0, t) \cos(\omega_m t)$. Quelle est le délai entre l'arrivée de l'information entre chaucn des modes si le guide a une longueur de 1 m ?

Abaque de Smith

COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES



Abaque de Smith

COORDONNÉES EN IMPÉDANCE OU ADMITTANCE NORMALISÉES

