



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 partiel

DATE: Vendredi le 22 octobre 2021

DURÉE: de 10h30 à 13h00

SALLE: VCH-3820

Cet examen vaut 35% de la note finale.

Remarques:

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

Problème 1 (7 points)

Une onde plane se propage dans un milieu non magnétique ($\mu = \mu_o$) avec pertes. Le champ magnétique de l'onde est donné par:

$$\tilde{\mathbf{H}} = (\hat{y} + j\hat{z})2e^{-0.2x}e^{-j160\pi x}.$$

La fréquence de l'onde est 12 GHz. Déterminez:

- a) La direction de propagation de l'onde,
- b) La permittivité relative du matériel,
- c) La constante d'atténuation (α) du matériel,
- d) L'expression du champ électrique $\tilde{\mathbf{E}}$,
- e) La densité de puissance moyenne $\mathbf{S}_{av}(x)$,
- f) L'état de polarisation de l'onde.

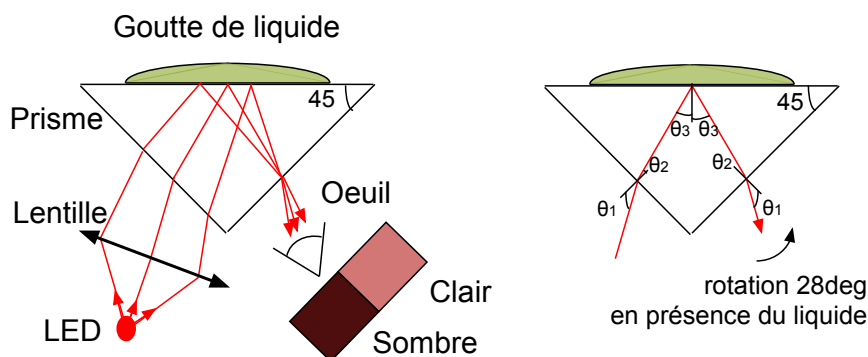
Problème 2 (9 points)

Vous avez deux lasers, un vert de longueur d'onde égale à 500 nm et un autre à la limite du rouge ayant une longueur d'onde de 750 nm. Ces deux longueurs d'onde sont celles dans le vide et pour les besoins du problème on supposera une propagation dans le vide. Considérez que chacun de ces lasers forme une onde plane qui se propage selon l'axe des “z” positifs.

Le laser rouge est linéairement polarisé de manière telle que son champ électrique oscille selon l'axe des “x”. Le laser vert est également polarisé linéairement, mais son champ électrique oscille selon l'axe des “y”.

On sait que les deux champs électriques sont maximaux à $t = z = 0$.

- a) Écrivez l'expression du champ électrique total. Prenez soin de quantifier toutes les variables utilisées et de bien spécifier les directions de tous les vecteurs.
- b) Écrivez l'expression du champ magnétique total. Prenez soin de quantifier toutes les variables utilisées et de bien spécifier les directions de tous les vecteurs.
- c) Tracez la forme décrite par l'évolution temporelle de la pointe du vecteur total de champ électrique à un point dans l'espace de votre choix.
- d) L'état de polarisation est-il gauche ou droit ? Pouvez-vous conclure ? Commentez.
- e) Quel sera le champ après un polariseur orienté selon l'axe “x” ?
- f) L'état de polarisation est-il une quantité spectrale ou temporelle ? Commentez.

Problème 3 (10 points)

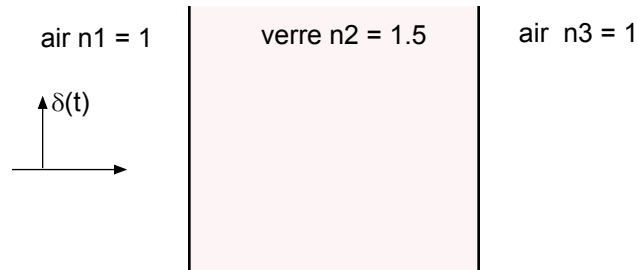
La portion de gauche de la figure ci-haut illustre une configuration commune de réfractomètre utilisée pour mesurer l'indice de réfraction de liquides inconnus. En utilisant une lentille, la lumière d'une LED est focalisée sur la dernière interface d'un prisme isocèle dont les angles sont 45 et 90 degrés. La lumière entre par un petit côté du prisme, est réfléchi sur le grand côté et en observant par l'autre petit côté, vous notez une nette démarcation entre une zone claire (où il y a plus de lumière) et une zone sombre (où il y a moins de lumière).

La portion de droite de la figure montre la géométrie du problème. Pour tout rayon d'angle d'incidence θ_1 , l'angle de réfraction dans le verre est θ_2 et l'angle d'incidence sur la surface supérieure est θ_3 . Notez la symétrie du problème par la suite.

Vous pouvez considérer que le milieu entourant le prisme est l'air avec $n_{air} = 1$. Les indices du prisme n_v et de la goutte de liquide n_l sont inconnus et à déterminer.

Vous concevez un montage qui vous permet de mesurer l'angle θ_1 de la démarcation par rapport à la dernière surface du prisme rencontrée par la lumière.

- Quel phénomène êtes vous entrain d'observer ? (Pourquoi est-ce qu'il y a une démarcation?)
- Sans goutte sur le dessus du prisme, vous constatez que la démarcation est à un angle $\theta_1 = 2^\circ$, sous la normale à la surface, tel qu'indiqué à droite de la figure. Quel est l'indice de réfraction du prisme n_v ?
- On dépose ensuite une goutte et la démarcation se déplace de 28° , en rotation anti-horaire tel qu'indiqué sur le schéma, quel est l'indice de réfraction n_l de la goutte de liquide ?
- Quelle épaisseur de liquide est nécessaire pour que l'appareil fonctionne ? Donnez simplement un ordre de grandeur.

Problème 4 (9 points)

Une onde plane impulsionnelle est incidente à angle normal sur un bloc de verre. Le bloc de verre a deux faces parallèles espacées de 1 cm. Le champ électrique de l'onde plane peut être écrit comme $\mathbf{E} = \delta(\mathbf{t})\hat{\mathbf{a}}_{\mathbf{x}}$, à la première interface air / verre. La direction de propagation de gauche à droite peut être considérée comme l'axe "z".

- Calculez les coefficients de transmission et de réflexion à l'interface air / verre.
- Calculez les coefficients de transmission et de réflexion à l'interface verre / air.
- Calculez et tracez la réponse impulsionnelle $h_t(t)$ en RÉFLEXION (la somme de tous les champs réfléchis) à la première interface. Nous sommes intéressés par l'évolution temporelle du champ dans l'air, tout juste après réflexion sur la 1^{re} interface.
- Quel est l'espacement entre les impulsions dans le champ réfléchi?
- À quoi vous attendez-vous comme fonction de transfert $H(\omega)$ sur le champ électrique entre l'entrée (la 1^{re} interface) et la sortie (en réflexion) du bloc de verre ? On ne demande pas les calculs ou de réponse en équations. On demande simplement de décrire la forme de la fonction de transfert.