Université Moulay Ismail
Faculté des Sciences
Département de Physique
Meknès

Devoir 2

(A faire après le TD n°2)

Exercice 1 : Propagation guidée et vecteur de Poynting

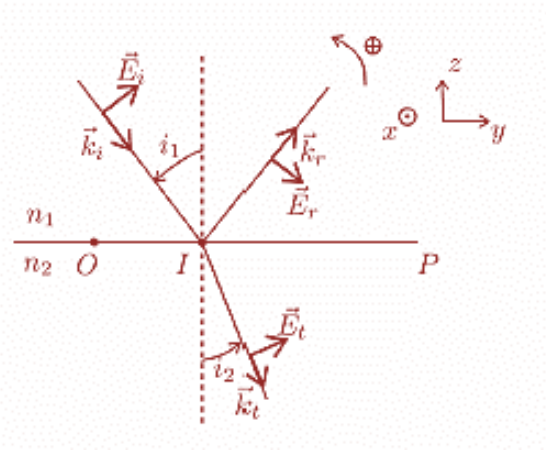
On considère deux plans parfaitement conducteurs, parallèles au plan Oyz, d'abscisses $x = 0$ et $x = d$. Une onde électromagnétique se propage dans le vide entre ces deux plans. On appelle c la célérité de la lumière dans le vide. Le champ électrique est de la forme $\vec{E} = E_0 sin\left(\frac{\pi x}{d}\right) cos(\omega t - kz)\vec{u}_y$.

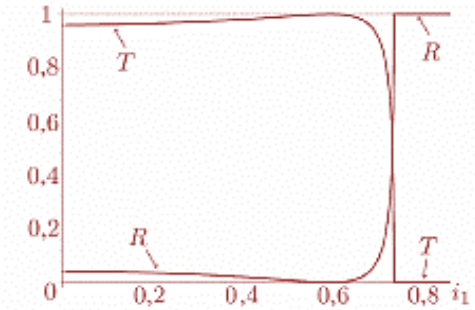
1. Calculer le vecteur de Poynting. En déduire la puissance moyenne transportée par l'onde à travers une surface dS perpendiculaire à la direction de propagation.

2. Représenter graphiquement la vitesse de phase et la vitesse de groupe en fonction de la pulsation. Interprétation physique.

Exercice 2 : Incidence de Brewster

Deux milieux diélectriques linéaires, homogènes, isotropes, transparents, d'indices $n_1 = 1.5$ et $n_2 = 1$ sont séparés par une surface plane P coïncidant avec le plan (Oxy). Une onde plane progressive harmonique de pulsation ω dont le champ électrique s'écrit $\vec{E}_i = \vec{E}_{0i} expj(\omega t - \vec{k}_i \vec{r})$ tombe sur P avec l'angle d'incidence i_1.





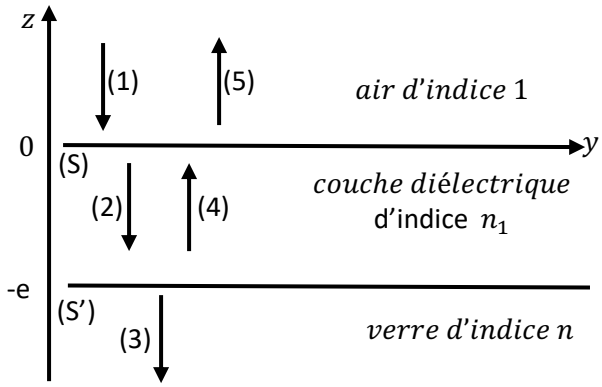
1. L'onde incidente est polarisée rectilignement et le champ électrique $\vec{E}_i$ est contenu dans le plan d'incidence. Exprimer les rapports des amplitudes $r = \frac{E_{0r}}{E_{0i}}$ et $r = \frac{E_{0t}}{E_{0i}}$ du champ électrique en fonction de i_1 , i_2 , n_1 et n_2 .

2. Déterminer R et T les coefficients de réflexion et de transmission en énergie.
Interpréter le graphe représentant les coefficients de réflexion et de transmission en puissance en fonction de l'angle d'incidence.

3. L'onde qui arrive sur la surface P est une onde lumineuse naturelle. Pour quelle incidence i_{1B} la lumière réfléchie par P est-elle totalement polarisée ?
Exprimer $tani_{1B}$ en fonction de n_1 et n_2.

Exercice 3 : Couche antireflet

Dans le dispositif optique représenté ci-dessous, on notera :



(1) : onde incidente plane

(5) : onde réfléchie

(2) : onde vers les z décroissants

(4) : onde vers les z croissants se propageant dans la couche

(3) : onde vers les z décroissants se propageant dans le verre

Le champ électrique $\vec{E}_1$ de l'onde (1) sera représenté en notation complexe :

$\vec{E}_1 = E_{10} expj(\omega t - \vec{k}_1 \vec{r})\vec{\imath}$ k_1 désignera la norme du vecteur d'onde $\vec{k}_1$.

1. Donner les expressions des champs électriques et magnétiques des ondes incidentes, réfléchies et transmises, en introduisant les indices de réfraction des milieux.
2. Écrire les équations de continuité vérifiées par les champs électromagnétiques aux surfaces :

   $[z = 0 \; et \; z = -e]$.

   En déduire 4 relations, reliant : E_{01} , E_{02} , E_{03} , E_{04} et E_{05} .

3. On pose : $E_2 = E_{02}\exp(-j\omega n_1 \frac{e}{c})$ et $E_4 = E_{04} expj\omega n_1 \frac{e}{c}$
   1. Considérant les relations de passage en (S'), montrer que l'on peut éliminer E_{03} et exprimer simplement E_4 en fonction de E_2.
   2. Si la couche (n_1) est une lame quart d'onde [$e = \frac{\lambda_1}{4}$] montrer qu'alors : $\omega n_1 \frac{e}{c} = \frac{\pi}{2}$

      Exprimer simplement E_{04} en fonction de E_{02}.

   3. Considérons les relations de passage en (S), exprimer $\frac{E_{05}}{E_{01}}$.
   4. Exprimer le pouvoir de Réflexion R du système considéré ici.

      A quelle condition est-il minimum ? Cette condition peut-elle être remplie quelle que soit la longueur d'onde de la lumière incidente ?

   5. Exprimer E_2 en fonction de E_1 pour une lame quart d'onde, pour une lame demi onde.