Nom :

Interrogation de cours

1) Soit une onde électromagnétique incidente polarisée rectilignement selon Oy se propageant dans le vide dans une région sans charges ni courants selon l'axe Ox croissant dans le demi-espace x < 0. En x = 0, dans le plan Oyz, se trouve un conducteur parfait. Pour simplifier l'étude, on suppose sa phase à l'origine nulle. Donner l'expression de l'onde incidente (champ $\overrightarrow{E_i}$ et $\overrightarrow{B_i}$).

$$\overrightarrow{E_i} = E_{0i}\cos(\omega t - k_i x)\,\overrightarrow{u_y}$$

$$\overrightarrow{B_i} = \frac{1}{\omega}\overrightarrow{k_i} \wedge \overrightarrow{E_i} = \frac{1}{\omega}\frac{\omega}{c}\overrightarrow{u_x} \wedge E_{0i}\cos(\omega t - k_i x)\,\overrightarrow{u_y} = \frac{E_{0i}}{c}\cos(\omega t - k_i x)\,\overrightarrow{u_z}$$

2) On pose l'expression suivante du champ électrique réfléchi :

$$\overrightarrow{E_r} = E_{0r}\cos(\omega t - k_r x)\,\overrightarrow{u_y}$$

En utilisant le fait que la composante tangentielle du champ électrique est continue à la traversée d'une interface, donner l'expression de l'onde réfléchie (champ $\overrightarrow{E_r}$ et $\overrightarrow{B_r}$).

L'onde réfléchie se propage dans le même milieu que l'onde incidente et se propage donc à la même vitesse cet donc : $\|\overrightarrow{k_r}\| = \|\overrightarrow{k_i}\| = k = \frac{\omega}{c}$*. On a alors deux possibilités :* $\begin{cases}\overrightarrow{k_r} = \overrightarrow{k_i} \\ \overrightarrow{k_r} = -\overrightarrow{k_i}\end{cases}$

Si on choisit la première, alors on se retrouve avec le même problème que précédemment.

Si on choisit la seconde, en prenant une polarisation rectiligne selon Oy, on a donc :

$\overrightarrow{E_r} = E_{0r}\cos(\omega t + k_r x)\,\overrightarrow{u_y} \quad \Rightarrow \quad \overrightarrow{E_{vide}} = \overrightarrow{E_i} + \overrightarrow{E_r} \quad \Rightarrow \quad \overrightarrow{E_{vide}}(x=0) = \overrightarrow{E_i}(x=0) + \overrightarrow{E_r}(x=0)$

Soit donc : $E_{vide}(x=0) = E_{0i}\cos(\omega t) + E_{0r}\cos(\omega t) = 0 \quad \Rightarrow \quad E_{0r} = -E_{0i}$

Donc $\overrightarrow{E_r} = -E_{0i}\cos(\omega t + kx)\,\overrightarrow{u_y}$

$\overrightarrow{B_r} = \frac{1}{\omega}\overrightarrow{k_r} \wedge \overrightarrow{E_r} = \frac{1}{\omega}\left(-\frac{\omega}{c}\overrightarrow{u_x}\right) \wedge \left(-E_{0i}\cos(\omega t + kx)\,\overrightarrow{u_y}\right) = \frac{E_{0i}}{c}\cos(\omega t + kx)\,\overrightarrow{u_z}$

3) Retrouver l'expression de l'onde (champ $\overrightarrow{E_{vide}}$ et $\overrightarrow{B_{vide}}$) résultant de la superposition des ondes incidentes et réfléchies. Commenter.

$\overrightarrow{E_{vide}} = \overrightarrow{E_i} + \overrightarrow{E_r} = E_{0i}\cos(\omega t - kx)\,\overrightarrow{u_y} - E_{0i}\cos(\omega t + kx)\,\overrightarrow{u_y} = E_{0i}[\cos(\omega t - kx) - \cos(\omega t + kx)]\overrightarrow{u_y}$

Donc : $\overrightarrow{E_{vide}} = -2E_{0i}\sin(\omega t)\,(-\sin(kx))\overrightarrow{u_y} = 2E_{0i}\sin(\omega t)\sin(kx)\,\overrightarrow{u_y}$

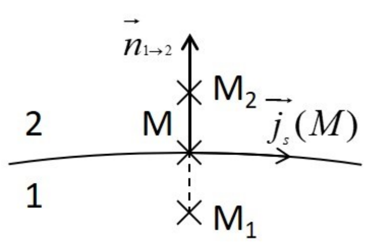
$\overrightarrow{B_{vide}} = \overrightarrow{B_i} + \overrightarrow{B_r} = \frac{E_{0i}}{c}\cos(\omega t - kx)\,\overrightarrow{u_z} + \frac{E_{0i}}{c}\cos(\omega t + kx)\,\overrightarrow{u_z} = \frac{E_{0i}}{c}[\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx)]\overrightarrow{u_z}$

Donc : $\overrightarrow{B_{vide}} = 2\frac{E_{0i}}{c}\cos(\omega t)\cos(kx)\,\overrightarrow{u_z}$

*La superposition des ondes incidentes et réfléchies sur un conducteur parfait donne naissance à une onde dont les dépendances spatiale et temporelle sont séparées : l'onde résultante est une **onde stationnaire**. L'onde ne se propage plus. Elle oscille sur place.*

Relation de passage :

On considère une interface entre deux demi-espaces indicés 1 et 2 et l'on note $\vec{n}_{1\to2}$ la normale en un point M de cette surface, orientée du milieu 1 vers le milieu 2. On définit deux points M_1 et M_2 dans chaque demi-espace au voisinage du point M. Soit $\sigma(M)$ la densité surfacique de charge au point M, la relation suivante résume la relation de passage du champ électrique à la traversée de la surface :



$$\vec{E}(M_2) - \vec{E}(M_1) = \frac{\sigma(M)}{\varepsilon_0}\vec{n}_{1\to2}$$