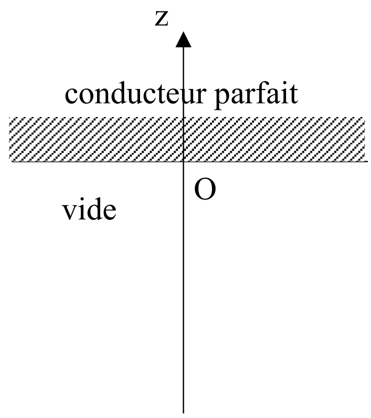
6.6.2 Interface ondes électromagnétiques-Exercice 4

Le champ électrique $\vec{\underline{E}}_i = E_0 e^{i(\omega t - kz)} \left| \begin{array}{l} 1 \\ i \\ 0 \end{array} \right.$ se propage dans le vide

Un conducteur parfait dans lequel le champ électromagnétique est nul occupe le demi-espace z > 0. On admet qu'il y a continuité du champ électrique à l'interface entre les deux milieux.



a-Comment concrètement peut-on avoir une source d'onde électromagnétique monochromatique progressive ?

b-Donner l'expression du champ électrique réfléchi sur le conducteur parfait puis du champ électrique total dans le vide.

c-Décrire la polarisation du champ électrique incident et celle du champ électrique réfléchi.

d-Calculer les champs magnétiques incident, réfléchi et total.

e-Que peut-on dire de l'onde résultante dans le vide ?

f-Calculer la densité volumique d'énergie électromagnétique.

6.6.2 Interface ondes électromagnétiques-Exercice 4

---

a-On utilise une antenne alimentée par une tension sinusoïdale.

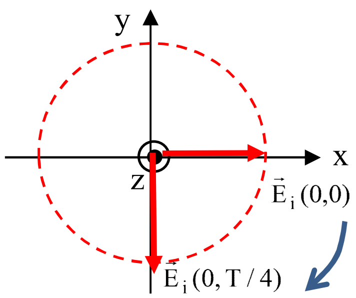
b-Condition aux limites sur l'interface : $\underline{\vec{E}}_i(0,t)+\underline{\vec{E}}_r(0,t)=\vec{0} \;\Rightarrow \underline{\vec{E}}_r(0,t)=-E_0e^{i\omega t}\left|\begin{array}{l}1\\ i\\ 0\end{array}\right.$

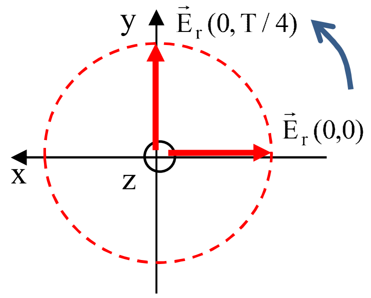
Puis l'onde réfléchie se propage dans le sens < 0 de Oz donc : $\boxed{\underline{\vec{E}}_r(z,t)=-E_0e^{i(\omega t+kz)}\left|\begin{array}{l}1\\ i\\ 0\end{array}\right.}$

Champ électrique total dans le vide : $\underline{\vec{E}}(z,t)=\underline{\vec{E}}_i(z,t)+\underline{\vec{E}}_r(z,t)=E_0e^{i(\omega t-kz)}\left|\begin{array}{l}1\\ i\\ 0\end{array}\right. -E_0e^{i(\omega t+kz)}\left|\begin{array}{l}1\\ i\\ 0\end{array}\right.$

$$\underline{\vec{E}}(z,t)=E_0e^{i\omega t}\left|\begin{array}{l}e^{-ikz}-e^{ikz}\\ i(e^{-ikz}-e^{ikz})\\ 0\end{array}\right. =E_0e^{i\omega t}\left|\begin{array}{l}-2i\sin(kz)\\ 2\sin(kz)\\ 0\end{array}\right. \quad \text{en notation réelle : } \boxed{\vec{E}(z,t)=2E_0\sin(kz)\left|\begin{array}{l}\sin(\omega t)\\ \cos(\omega t)\\ 0\end{array}\right.}$$

c-En notation réelle : $\vec{E}_i=E_0\left|\begin{array}{l}\cos(\omega t-kz)\\ -\sin(\omega t-kz)\\ 0\end{array}\right.$ et $\vec{E}_r=E_0\left|\begin{array}{l}-\cos(\omega t+kz)\\ \sin(\omega t+kz)\\ 0\end{array}\right.$





L'onde incidente est polarisée circulairement à droite, l'onde réfléchie polarisée circulairement à gauche.

d-Relation de structure de l'OEMPP dans le vide : $\vec{B}_i=\dfrac{\vec{u}_z\wedge\vec{E}_i}{c}=\dfrac{E_0}{c}\left|\begin{array}{l}\sin(\omega t-kz)\\ \cos(\omega t-kz)\\ 0\end{array}\right.$

$$\vec{B}_r=\frac{-\vec{u}_z\wedge\vec{E}_r}{c}=\frac{E_0}{c}\left|\begin{array}{l}\sin(\omega t+kz)\\ \cos(\omega t+kz)\\ 0\end{array}\right.$$

Champ magnétique résultant : $\vec{B}=\vec{B}_i+\vec{B}_r=\dfrac{E_0}{c}\left|\begin{array}{l}\sin(\omega t-kz)+\sin(\omega t+kz)\\ \cos(\omega t-kz)+\cos(\omega t+kz)\\ 0\end{array}\right. =\dfrac{2E_0}{c}\cos(kz)\left|\begin{array}{l}\sin(\omega t)\\ \cos(\omega t)\\ 0\end{array}\right.$

Donc : $\boxed{\vec{B}(z,t)=\dfrac{2E_0}{c}\cos(kz)\left|\begin{array}{l}\sin(\omega t)\\ \cos(\omega t)\\ 0\end{array}\right.}$

e-Onde plane stationnaire car z et t sont découplés.

f- $u_{em}=\dfrac{1}{2}\varepsilon_0\vec{E}^2+\dfrac{1}{2}\dfrac{\vec{B}^2}{\mu_0}=\dfrac{1}{2}\varepsilon_0 4E_0^2\sin^2(kz)+\dfrac{1}{2}\dfrac{4E_0^2}{\mu_0c^2}\cos^2(kz)$

Or $\dfrac{1}{\mu_0c^2}=\varepsilon_0$ d'où : $\boxed{u_{em}=2\varepsilon_0E_0^2}$