

TD Réflexion d'ondes électromagnétiques
Exercice : 1 Réflexion normale d'une onde PPM

On considère une onde plane progressive harmonique de pulsation ω se propageant dans le vide dans une direction caractérisée par le vecteur d'onde $\vec{k} = k\vec{e}_x$. Le champ électrique associé à l'onde est parallèle à la direction Oz. Cette onde, appelée onde incidente arrive sous incidence normale sur un conducteur métallique qui occupe le demi espace $x > 0$.

$$\begin{aligned}\vec{E}_i &= E_0 e^{i(\omega t - kx)} \vec{e}_z : E_0 \text{ constante réelle} \\ \vec{E}_r &= \underline{E}_{0r} e^{i(\omega t + k'x)} \vec{e}_z \\ \vec{E}_t &= \underline{E}_{0t} e^{i(\omega t - k''x)} \vec{e}_z : \underline{E}_{0r} \text{ et } \underline{E}_{0t} \text{ et } k'' \text{ sont à priori complexes.}\end{aligned}$$

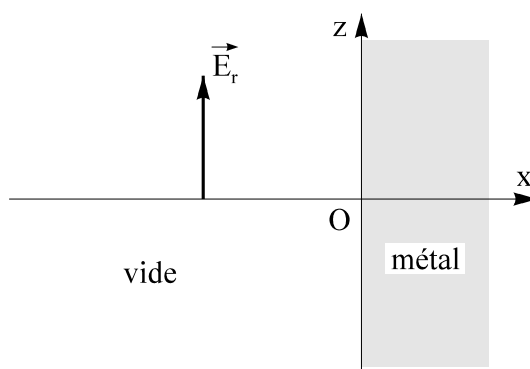


FIGURE 1 –

1. La conductivité électrique est $\gamma = 6 \cdot 10^7 \Omega^{-1} m^{-1}$. Montrer que pour des fréquences suffisamment basses, le courant de déplacement est négligeable devant le courant de conduction.
2. Dans ce cas établir l'équation de dispersion dans le conducteur métallique (relation entre k'' et ω). Exprimer k'' en fonction de la longueur $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \gamma \omega}}$ appelée épaisseur de peau.
3. Déterminer k' et k'' . Quelle est la signification physique des parties réelle et imaginaire de k'' ?
4. En utilisant les conditions de passage du champ électrique et du champ magnétique à l'interface vide métal, déterminer $\underline{E}_{0r}$ et $\underline{E}_{0t}$ en fonction de E_0 , dans les conditions où $k\delta \ll 1$.
5. Donner l'expression des champs $\vec{E}_t$ et $\vec{B}_t$ en tout point du milieu métallique, ainsi que la densité volumique de courant $\vec{j}$.
6. Quand $\gamma \rightarrow \infty$, (modèle du conducteur parfait), montrer que les champs électriques et magnétiques sont nuls dans le métal. En écrivant l'équation de discontinuité de la composante tangentielle de $\vec{B}$, déterminer l'expression réelle de la densité de courant surfacique $\vec{j}_s$.
7. Dans le cas de l'approximation du conducteur parfait, donner l'expression du champ électrique total et du champ magnétique total dans le vide. Expliquer le terme d'onde stationnaire.
8. Déterminer alors la valeur moyenne du vecteur de Poynting. Conclure.

Exercice : 2 Réflexion sur un plasma

Un plasma comportant n électrons libres (masse m , charge $-e$) par unité de volume est caractérisé par la conductivité complexe $\delta = -i \frac{ne^2}{m\omega}$ lorsqu'il est parcouru par une onde de champ électrique $\vec{E} = E_0 \vec{e}_y \exp[i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})]$. Ce plasma occupe le demi-espace $z > 0$; la région $z < 0$ est vide.

1. Etablir l'équation de dispersion pour l'onde qui se propage dans le plasma.
2. Une onde se dirige du vide vers la surface $z = 0$ qu'elle atteint sous l'incidence normale. Montrer l'existence d'une onde réfléchie, et ses caractéristiques.