Biskra le 09/12/2015

Corrigé Interrogation écrite n°2
Module: Ondes et propagation
(durée 1h 30 mn)

Questions de cours (8 points)

1- Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique plane, progressive ?
Une onde électromagnétique est dite plane et progressive si chacune de ces composantes des champs électrique et magnétique est fonction d'une coordonnée de l'espace et du temps et obéit à l'équation de propagation. (2 pts)

2- Que représente l'équation suivante : $\frac{\partial^2 \mathrm{A}}{\partial \mathrm{z}^2} - \frac{1}{\mathrm{c}^2} . \frac{\partial^2 \mathrm{A}}{\partial \mathrm{t}^2} = 0$?
Cette équation représente l'équation de propagation des ondes électromagnétiques (2 pts)

3- Que représente l'expression suivante : $\vec{E}(x, y, z, t) = \vec{E}_o(x, y, z, t). cos\,(\omega t - \vec{k}.\vec{r})$?
Cette expression représente le vecteur champ électrique d'une onde électromagnétique plane, progressive et monochromatique. (2 pts)

4- Que représentent les expressions suivantes : $v_\Phi = \frac{\omega}{k}$ et $v_g = \frac{d\omega}{dk}$?
v_Φ et v_g représentent respectivement la vitesse de phase et la vitesse de groupe de l'onde électromagnétique. (2 pts)

Exercice (12 points)

La propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs montre la relation de dispersion suivante: $k^2 = (\hat{\varepsilon}.\mu_o).\omega^2$, avec : $\hat{\varepsilon} = \varepsilon_o.\left[1 - \frac{n.q_e{}^2}{m.\varepsilon_o}.\left(\frac{T_c}{\omega^2.T_c + i\omega}\right)\right]$.

1. Explicitons ces deux expressions.
   k : constante de propagation, $\hat{\varepsilon}$: constante diélectrique généralisée,
   μ_o : perméabilité magnétique du vide, ω : pulsation, ε_o : permittivité diélectrique du vide, q_e et m : charge électrique et masse de l'électron, T_c : période de collision
   8*(0.25)
2. Montrons que la relation de dispersion peut se mettre sous la forme :

$$k^2 = (\hat{\varepsilon}.\mu_o).\omega^2 = \omega^2.\mu_o.\varepsilon_o.\left[1 - \frac{n.q_e{}^2}{m.\varepsilon_o}.\left(\frac{T_c}{\omega^2.T_c + i\omega}\right)\right]$$

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2}.\left[1 - \frac{n.q_e{}^2}{m.\varepsilon_o.\omega^2}.\left(\frac{1}{1 + \frac{i}{T_c.\omega}}\right)\right]$$

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2}.\left[1 - \frac{\omega_p{}^2}{\omega^2}.\left(\frac{1}{1 + \frac{i}{T_c.\omega}}\right)\right]$$

(3 pts)

3. Donnez l'expression de ω_p. Comment s'appelle ce paramètre ?

$$\omega_p{}^2 = \frac{n.q_e{}^2}{m.\varepsilon_o}$$

$$\omega_p = q_e.\sqrt{\frac{n}{m.\varepsilon_o}}$$ (2 pts)

ω_p s'appelle pulsation de plasma (2 pts)

4. Aux faibles fréquences: $(\omega.T_c \ll 1)$, montrez que $k = \delta^{-1} - i.\delta^{-1}$.

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2}.\left[1 - \frac{\omega_p{}^2}{\omega^2}.\left(\frac{1}{1+\frac{i}{T_c.\omega}}\right)\right]$$

On a : $\omega.T_c \ll 1$ d'où : $1 \ll \frac{1}{\omega.T_c}$

Cette question est annulée car elle est quelque peu difficile.

a. En déduire l'expression de δ.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\sigma_o.\mu_o.\omega}}$$ (1.5 pts)

b. Comment s'appelle le terme δ ?

Le terme δ s'appelle épaisseur de peau (1.5 pts)