

Examen de Rattrapage, Juin 2012
Propagation électromagnétique : L₂-PL₂
Durée : 2h
Documents et calculatrice non autorisés

Partie Cours (sur 5 points)

Les questions sont indépendantes.

- 1- a. Donner l'interprétation physique de la deuxième équation de Maxwell, qui s'exprime par :
$$\operatorname{div}(\vec{B}) = 0$$

b. Dans quel milieu cette équation est-elle valable ? Justifier votre réponse.
- 2- Donner les 4 propriétés d'ondes planes dans le milieu vide (ou dans l'air).
- 3- Définir l'état de polarisation d'une OEM.
- 4- L'équation du bilan énergétique de la propagation d'une onde électromagnétique est donnée par :

$$\frac{\partial W_{e,m}}{\partial t} = - \underbrace{\oint_{\Sigma} \vec{S} \cdot d\vec{\Sigma}}_{(1)} - \underbrace{\iiint_{\tau} (\vec{J} \cdot \vec{E}) d\tau}_{(2) \quad (3)}$$

- a. Donner l'interprétation physique des termes (1), (2) et (3).
- b. Comment s'écrit cette équation bilan dans le milieu vide (ou air). Justifier votre réponse.

Exercice 1 (sur 6 points)

Une onde radio se propage dans l'air avec une vitesse $c = 3.10^8$ m/s. L'onde est une OPPS, tel que le champ électrique s'écrit comme :

$$\vec{E}(y, t) = 3.10^3 \cos(2\pi.10^2 y - \omega t) \vec{e}_z, \text{ où } \omega \text{ est une constante.}$$

- 1- a. Calculer la longueur d'onde λ , ainsi que la fréquence f .
b. Donner la direction de propagation de l'OEM. Justifier votre réponse.
- 2- Utiliser la quatrième équation de Maxwell en notation complexe, pour exprimer les composantes du champ magnétique. Calculer l'amplitude B_0 .
- 3- En déduire les composantes du vecteur de Poynting $\vec{S}$. Calculer l'amplitude S_0 . ($\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I).
- 4- Pour réceptionner l'onde, on place sur son trajet un écran carré de côté a , dont le plan est perpendiculaire à l'axe de propagation, et dont le centre est sur ce même axe.
Exprimer la puissance de rayonnement P_{ray} , en déduire la puissance moyenne P_{moy} , en fonction de E_0 , μ_0 , c et a . Faire le calcul pour $a = 10$ cm.

Exercice 2 (sur 5 points)

Un faisceau laser de rayon R , d'axe Oz , composé d'O.P.P.S, se propage dans l'air avec une vitesse $c = 3.10^8 \text{ m/s}$, tel que l'amplitude du champ électrique est $E_0 = 3.10^8 \text{ V/m}$.

- 1-
 - a. Calculer le nombre d'onde k , sachant que la longueur d'onde du laser est $\lambda = 0.2 \mu\text{m}$
 - b. Ecrire l'expression du champ électrique, sachant que l'onde est polarisée rectilignement selon $O\vec{x}$
 - c. Retrouver sans faire de calcul, en utilisant les propriétés d'ondes planes dans l'air, l'expression du champ magnétique $\vec{B}$. Calculer l'amplitude B_0 .
 - d. Représenter les vecteurs $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$.
- 2- Exprimer les composantes du vecteur de Poynting $\vec{S}$. Calculer S_0 , sachant que $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} \text{ S.I}$.
- 3-
 - a. Exprimer la puissance de rayonnement P_{ray} du faisceau laser en fonction de R , E_0 , B_0 , μ_0 et des variables z et t .
 - b. En déduire la puissance moyenne P_{moy} en fonction de R , E_0 , μ_0 , et c .
 - c. Quel doit être le rayon du laser pour que la puissance moyenne délivrée par le laser soit de 10^6 Watts .

Exercice 3 (sur 4 points)

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

- 1- Ecrire les composantes du champ électrique $\vec{E}$ d'une OEMPPS, de pulsation ω , de nombre d'onde k , qui se propage dans l'air avec les caractéristiques suivantes :
 - a. Propagation sur l'axe Ox et une polarisation rectiligne selon Oy .
 - b. Propagation sur l'axe Oz et une polarisation circulaire droite.
- 2- Donner la direction de propagation, ainsi que l'état de polarisation de chacune deux ondes, représentées par les champs électriques suivants. Justifier votre réponse.

a-
$$\vec{E}_1 = \begin{pmatrix} E_{01} \cos(\pi/4) \cdot \cos(k.z - \omega.t) \\ E_{01} \sin(\pi/4) \cdot \cos(k.z - \omega.t) \\ 0 \end{pmatrix}$$

b-
$$\vec{E}_2 = \begin{pmatrix} E_{02} \cos(k.z - \omega.t) \\ -E_{02} \sin(k.z - \omega.t) \\ 0 \end{pmatrix}$$