

D.E de Propagation électromagnétique : L₂, PL₂
Durée : 2h
Documents et calculatrice non autorisés

Partie Cours (sur 6 points)

Les questions sont indépendantes.

1- Donner l'interprétation physique de la troisième équation de Maxwell, qui s'exprime par :

$$\text{rot}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

2- a. Donner la signification physique du vecteur de Poynting \vec{S} .

b. Donner ses caractéristiques pour une OPPS qui se propage dans l'air ou dans le vide.

3- a. Interpréter le bilan de puissance d'une onde électromagnétique.

b. Préciser dans quel cas la puissance totale de l'onde se réduit à la puissance de rayonnement.
Justifier votre réponse.

4- Donner les 4 propriétés d'ondes planes dans le milieu vide.

5- a. Définir l'état de polarisation d'une OEM.

b. Préciser les trois types de polarisation, ainsi que les intérêts d'une onde polarisée.

Exercice 1 (sur 5 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 est :

$$\vec{E}(x, y, t) = 3.10^3 \cos(4\pi.10^7 x + 3\pi.10^7 y - \omega t) \vec{e}_z, \text{ où } \omega \text{ est une constante.}$$

1- a. Donner les composantes du vecteur d'onde \vec{k} . Calculer le module du vecteur d'onde \vec{k} .

b. En déduire la direction de propagation de l'OEM. Justifier votre réponse.

c. Calculer la longueur d'onde λ , ainsi que la fréquence f .

2- Utiliser la troisième équation de Maxwell en notation complexe, pour exprimer les composantes du champ magnétique. Calculer la valeur de 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- Cette source d'onde radio est très loin de la terre et émet dans toutes les directions. (Surface de réception sphérique).

Exprimer la puissance de rayonnement à la distance d du centre O de la sphère. En déduire la puissance moyenne en fonction de E_0 , μ_0 , c et d . On donne $d = 10$ km.

Exercice 2 (sur 4 points)

Une onde lumineuse (O.P.P.S) de nombre d'onde k et de pulsation ω , se propage sur l'axe Oz, et est polarisée rectilignement selon l'axe Ox. La vitesse de propagation est $c = 3.10^8$ m/s.

- 1- Ecrire l'expression du champ électrique \vec{E} de cette onde sachant que: $E_0 = 10^6$ V/m.
- 2- Calculer le nombre d'onde k . On donne la longueur d'onde : $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$
- 3- Utiliser les propriétés d'ondes planes pour exprimer le vecteur champ magnétique \vec{B} . Calculer B_0
- 4- a. En déduire l'expression du vecteur de Poynting \vec{S} .
b. Représenter les vecteurs $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{S})$.
- 5- On place un récepteur formé d'un disque de rayon R, dont le plan est perpendiculaire à l'axe de propagation et dont le centre est sur ce même axe.
Exprimer la puissance moyenne de l'onde lumineuse, en fonction de R, E_0 , μ_0 et c.
On donne $R = 2\text{cm}$, $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I

Exercice 3 (sur 5 points)

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 :

- 1- Propagation sur l'axe Ox et polarisation rectiligne selon Oy.
- 2- Propagation sur l'axe Oz et polarisation rectiligne à $\pi/6$ de l'axe Ox.
- 3- Propagation sur l'axe Oz et polarisation circulaire gauche.
- 4- Propagation sur l'axe Oz et polarisation elliptique droite. Le déphasage est de $(-\pi/3)$ et $E_{0x} = 3E_{0y}$