

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 :

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

- 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 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 . ($\mu_0 = 4\pi.10^{-7} SI$).
- 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 . Faire le calcul pour $d = 10$ km.

Exercice 2

(sur 4 points)

Une onde lumineuse (O.P.P.S) de nombre d'onde k , de pulsation ω , se propage sur l'axe Oz , et est polarisée rectilignement selon l'axe Ox . La vitesse de propagation est $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

- 1- Ecrire l'expression du champ électrique \vec{E} de cette onde sachant que: $E_0 = 10^6 \text{ V/m}$.
- 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.
 - a. Exprimer la puissance reçue par le récepteur.
 - b. En déduire la puissance moyenne en fonction de R, E_0, μ_0 et c .
Faire le calcul pour : $R = 2 \text{ cm}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I}$

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 $E_{0x} = 3E_{0y}$