

TD 2

Exercice 1

Une onde plane électromagnétique a comme champ électrique :

$$\vec{E} = E_0 \vec{e}_x e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

Préciser l'orientation du vecteur de l'onde et déterminer le champ magnétique correspondant

Exercice 2

Relativement à un repère orthonormé $oxyz$ de base $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$, le champ électrique d'une onde plane progressive monochromatique de pulsation ω qui se propage dans le vide dans le demi-espace $z \leq 0$, dans la direction \vec{oz} , est :

$$\vec{E}(z, t) = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x + E_0 \sin(\omega t - kz) \vec{u}_y$$

On donne dans le vide : la célérité de la lumière $c = 3 \cdot 10^8$ m/s et la permittivité absolue $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9} F/m$.

1. Quel est le type de polarisation de cette onde ?
2. Calculer l'induction magnétique associée $\vec{B}(z, t)$.
3. Montrer que le vecteur de Poynting de cette onde est constant.

Exercice 3

Considérons, dans le vide, un champ électrique dont les composantes sont définies comme suit :

$$E_x = 0, \quad E_y = 0, \quad E_z = E_0 e^{i(\omega t - 3x)}$$

1. Quelle est la direction de propagation de cette onde ?
2. Calculer la divergence de ce champ électrique.
3. Calculer le rotationnel de ce champ électrique.
4. Déduire les composantes du champ magnétique \vec{B} qui l'accompagne.
5. Déterminer, en termes de \vec{B} , l'équation différentielle qui décrit la propagation de l'onde?
6. Calculer $div(\vec{B})$
7. Calculer le rotationnel du champ magnétique $\vec{rot}(\vec{B})$.

Exercice 4

Soit le champ électrique d'une onde lumineuse (exprimé en unité S.I.) :

$$\vec{E} = 10^3 \cdot \vec{e}_y \cdot \cos \pi \left[9 \cdot 10^{14} t - \frac{3 \cdot 10^6}{2} (\sqrt{3}x + z) \right]$$

\vec{e}_y est un vecteur unitaire le long de l'axe Oy .

- 1) Déterminer (a) sa direction de propagation, (b) sa vitesse v , (c) sa longueur d'onde λ , (d) sa fréquence f et (e) son amplitude E_0 .
- 2) Montrer que \vec{E} est solution de l'équation de propagation.
- 3) Quelle est l'expression du champ magnétique \vec{B} correspondant, calculer B_0 ?
- 4) Représenter sur un schéma clair les vecteurs \vec{E} , \vec{B} et le vecteur d'onde \vec{k}
- 5) Déduire les propriétés de structure de l'onde plane.

Exercice 5

Deux ondes planes électromagnétiques de pulsation ω se propagent selon les vecteurs d'ondes \vec{k}_1 et \vec{k}_2 tels que

$$\vec{k}_1 = \cos \theta \vec{e}_y + \sin \theta \vec{e}_z, \quad \vec{k}_2 = \cos \theta \vec{e}_y - \sin \theta \vec{e}_z$$

Les champs électriques de ces deux ondes sont $\vec{E}_1 = E_0 \vec{e}_x e^{i(\vec{k}_1 \cdot \vec{r} - \omega t)}$, $\vec{E}_2 = E_0 \vec{e}_x e^{i(\vec{k}_2 \cdot \vec{r} - \omega t)}$.

- a. Calculer les champs magnétiques \vec{B}_1 et \vec{B}_2 correspondants.
- b. Calculer les parties réelles des champs électrique et magnétique résultant de la superposition des deux ondes.
- c. Calculer le vecteur de Poynting correspondant à la superposition des deux ondes, et sa moyenne temporelle.