

TD EM6

Ondes électromagnétiques dans le vide

A. Ondes EM sinusoïdales dans le vide _____ ●○○

Une onde électromagnétique plane sinusoïdale de fréquence 80 MHz, se propage dans le vide, dans le sens contraire de l'axe (O, x) , et son champ $\vec{E}$, d'amplitude 6000 V.m^{-1} , reste colinéaire à $\vec{e}_y$ et sa phase à l'origine vaut $-\frac{\pi}{4}$. On précisera les valeurs numériques des grandeurs introduites.

1. Écrire l'expression de son champ $\vec{E}$ en fonction du temps et de l'espace.
2. Écrire l'expression de son champ $\vec{B}$ en fonction du temps et de l'espace.

Une onde électromagnétique plane sinusoïdale de longueur d'onde $0,6 \mu\text{m}$, se propage dans le vide, suivant la direction et le sens de $\vec{e}_y$, et son champ $\vec{B}$, d'amplitude $120 \mu\text{T}$, reste colinéaire à $\vec{e}_x$, sa phase à l'origine est nulle.

3. Écrire l'expression de son champ $\vec{B}$ en fonction du temps et de l'espace.
4. Écrire l'expression de son champ $\vec{E}$ en fonction du temps et de l'espace.

B. OPPM de direction quelconque dans le vide _____ ●●○

Une onde électromagnétique plane sinusoïdale se propage dans le vide avec une longueur d'onde de valeur $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$, et son champ électrique $\vec{E}$ a pour composantes $\{E_x = E_0 \exp(j\phi); E_y; E_z = 0\}$. Dans cette relation, on a $\phi = \alpha(2x + 2y + z) - \omega t$.

1. Déterminer le vecteur d'onde, puis calculer la fréquence et la pulsation de l'onde.
2. Déterminer l'équation d'un plan d'onde.
3. Déterminer la composante E_y .
4. Déterminer le vecteur champ magnétique de l'onde.
5. Déterminer le vecteur de POYNTING de cette onde. Commentaires.

C. Ondes EM planes ou non ? _____ ●○○

1. Une onde électromagnétique est caractérisée par un champ électrique de la forme :

$$\vec{E}(M, t) = E_0 e^{-\beta x} \sin(\omega t + kz) \vec{e}_y \quad \text{avec } E_0, \beta, \omega, k \text{ constantes}$$

- Est-ce une onde plane ?
- $\text{div} \vec{E}$ est-elle nulle ?
- Déterminer le vecteur champ magnétique de l'onde. $\text{div} \vec{B}$ est-elle nulle ?

2. Une onde électromagnétique est caractérisée par un champ électrique de la forme :

$$\vec{E}(M, t) = A \sin(\alpha y) \cos(\omega t - kx) \vec{e}_y \quad \text{avec } A, \alpha, \omega, k \text{ constantes}$$

- Est-ce une onde plane ?
- $\text{div} \vec{E}$ est-elle nulle ?
- Déterminer le vecteur champ magnétique de l'onde. $\text{div} \vec{B}$ est-elle nulle ?

3. Une onde électromagnétique est caractérisée par un champ magnétique de la forme :

$$\vec{B}(M, t) = B_0 e^{-j(\omega t - ky)} \vec{e}_x \quad \text{avec } B_0, \omega, k \text{ constantes}$$

- Est-ce une onde plane ?
- $\text{div} \vec{B}$ est-elle nulle ?
- Déterminer le vecteur champ électrique de l'onde.

D. Puissance d'un LASER et du soleil

Un laser de laboratoire émet une puissance moyenne de 1 mW dans un faisceau cylindrique de 2 mm de diamètre.

1. Quelle est l'amplitude du champ électrique associé aux ondes supposées planes progressives sinusoïdales que transporte le faisceau ?
2. En déduire la puissance surfacique de ce rayon.



FIGURE 1 – Laser

Le flux surfacique d'énergie solaire, au niveau de la terre est $\Phi = 2 \text{ cal.min}^{-1}.\text{cm}^{-2}$. On donne la distance Terre-soleil : $D = 150 \times 10^6 \text{ km}$; rayon du soleil : $R_s = 700 \times 10^3 \text{ km}$.

3. Convertir ce flux en kW.m^{-2} . On rappelle que 1 cal équivaut à 4,2 J, soit l'énergie nécessaire pour augmenter la température de 1 g d'eau de 1 K).
4. L'émission solaire est isotrope. Quelle est la puissance totale émise par le soleil ?
5. En déduire l'intensité (la norme) du champ électrique des ondes supposées localement planes à la surface du soleil.

E. Onde électromagnétique TM

Une onde électromagnétique sinusoïdale se propage dans le vide. Son champ électrique $\vec{E}$ a pour composantes

$$\begin{cases} E_x = 0 \\ E_y = E_0 \cos\left(\frac{\pi y}{a}\right) \exp(i(\omega t - kz)) \\ E_z = \alpha E_0 \sin\left(\frac{\pi y}{a}\right) \exp(i(\omega t - kz)) \end{cases} \quad (k \text{ et } a \in \mathbb{R}^+, \quad \alpha \in \mathbb{C})$$

1. Déterminer α et k pour que ce champ $\vec{E}$ soit bien celui d'une onde électromagnétique dans le vide.
2. Déterminer les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ en notations réelles.
3. L'onde est-elle plane ? Est-elle transversale ?
4. Déterminer le vecteur de POYNTING de cette onde, et sa valeur moyenne. Commentaires.

F. Onde OPPM

On considère une OPPM de fréquence 100 MHz, se propageant dans le vide. En coordonnées cartésiennes,

$$\vec{E}(M, t) = \left(\frac{E_0}{2} \vec{e}_x + E_{0,y} \vec{e}_y + \frac{E_0}{2} \vec{e}_z \right) e^{j\left(\omega t - k\left(\frac{x}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}y + \frac{z}{2}\right)\right)}$$

1. A quel domaine du spectre électromagnétique appartient-elle ?
2. Déterminer l'expression de $E_{0,y}$.
3. Déterminer l'expression complexe du champ magnétique associé.
4. Déterminer enfin la valeur moyenne temporelle du vecteur de POYNTING. Commenter.