
RÉVISIONS D'ÉLECTROMAGNÉTISME 2

Ondes électromagnétiques dans le vide

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Écrire les 4 équations de MAXWELL dans le vide
- Établir les équations d'onde pour les champs électrique et magnétique dans le vide
- Établir les équations vérifiées par les potentiels scalaire et vecteur dans le vide et dans la jauge de LORENTZ
- Définir une surface d'onde
- Définir une onde plane
- Donner les solutions de l'équation de propagation en ondes planes progressives (O.P.P.)
- Donner la relation de structure de l'O.P.P électromagnétique dans le vide
- Donner les solutions de l'équation de propagation en ondes planes progressives harmoniques (O.P.P.H.)
- Établir la relation de dispersion d'une O.P.P.H. électromagnétique dans le vide
- Donner la relation de structure d'une O.P.P.H électromagnétique dans le vide
- Connaître le domaine visible du spectre électromagnétisme et le nom d'autres domaines.
- Savoir écrire les O.P.P.H., les opérateurs et les équation de MAXWELL en complexe
- Donner les grandeurs énergétiques associées à une O.P.P.H. dans le vide (densité volumique d'énergie et vecteur de POYNTING)
- Définir la notion de polarisation
- Reconnaître ou décrire une polarisation rectiligne
- Reconnaître ou décrire une polarisation circulaire gauche et droite
- Définir ce qu'est un polariseur et son effet sur une onde électromagnétique
- Connaître la loi de MALUS

AUTO-ÉVALUATION

Les affirmations suivantes sont-elles **vraies** ou **fausses** ?

1. L'équation de d'ALEMBERT est $\frac{\partial^2 G(z, t)}{\partial z^2} - c^2 \frac{\partial^2 G(z, t)}{\partial t^2} = 0$ à une dimension où c est la célérité de l'onde
2. $G = f\left(t - \frac{z}{c}\right)$ est une O.P.P. qui se propage vers les z croissants
3. $(\vec{B}; \vec{k}; \vec{E})$ forment un trièdre direct.
4. Soit un champ $\vec{E} = \vec{f}(z + ct)$ se propageant dans le vide. Les champ magnétique et électrique sont reliés par la relation : $\vec{B} = \frac{\vec{e}_z \wedge \vec{E}}{c}$
5. Les amplitudes de \vec{E} et \vec{B} dans le vide sont reliées par : $E_0 \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} = B_0$
6. La direction du vecteur d'onde \vec{k} d'une O.P.P.H. varie dans l'espace
7. La lumière rouge a une fréquence plus petite que la lumière bleue
8. La relation de dispersion pour une O.P.P.H. solution de l'équation de d'ALEMBERT tridimensionnelle dans le vide s'écrit $\|\vec{k}\| = \frac{c}{\omega}$
9. Si l'onde complexe \vec{E} associée à une O.P.P.H. s'écrit $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$, alors $\text{div}(\vec{E}) = -i \vec{k} \cdot \vec{E}$.
10. L'O.P.P.H. électromagnétique est transverse
11. L'énergie électromagnétique vaut $\varepsilon_0 E^2$
12. Toute O.P.P.H. électromagnétique dans le vide est polarisée.
13. L'onde dont le champ électrique est $\vec{E} = E_0 \cos\left(\omega t - kz - \frac{\pi}{2}\right) \vec{e}_x + E_0 \cos\left(\omega t - kz - \frac{\pi}{2}\right) \vec{e}_y$ a une polarisation circulaire gauche.
14. L'onde dont le champ électrique complexe est $\vec{E} = iE_0 e^{i(\omega t + kz)} \vec{e}_x + E_0 e^{i(\omega t + kz)} \vec{e}_y$ a une polarisation circulaire gauche.
15. Un polariseur transforme n'importe quelle O.P.P.H. électromagnétique en une O.P.P.H. polarisée rectilignement.

RÉVISIONS D'ÉLECTROMAGNÉTISME 2

Ondes électromagnétiques dans le vide

RÉPONSES

1. **FAUX** : l'équation de d'ALEMBERT à une dimension avec la célérité c de l'onde s'écrit $\frac{\partial^2 G(z, t)}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 G(z, t)}{\partial t^2} = 0$
2. **VRAI**
3. **VRAI**
4. **FAUX** : l'onde se propage vers les z décroissant donc selon $-\vec{e}_z$ d'où on écrit $\vec{B} = \frac{-\vec{e}_z \wedge \vec{E}}{c}$
5. **VRAI**
6. **FAUX** : la direction du vecteur d'onde \vec{k} ne varie pas dans l'espace pour une onde plane car les surfaces d'onde sont des plans parallèles entre eux et orthogonaux à \vec{k}
7. **VRAI**
8. **FAUX** : la relation de dispersion s'écrit $\|\vec{k}\| = \frac{\omega}{c}$
9. **FAUX** : avec cette convention pour écrire l'onde en complexe on obtient $div(\vec{E}) = i\vec{k} \cdot \vec{E}$
10. **VRAI**
11. **FAUX** : c'est la densité d'énergie électromagnétique qui s'écrit $\varepsilon_0 E^2$
12. **FAUX** : par exemple la lumière naturelle n'est pas polarisée
13. **FAUX** : c'est une polarisation rectiligne
14. **FAUX** : c'est une polarisation circulaire droite
15. **FAUX** : en générale c'est vrai sauf dans le cas où l'onde est polarisée rectilignement dans une direction orthogonale à celle du polariseur car il n'y a pas d'onde en sortie.