

---

## RÉVISIONS D'ÉLECTROMAGNÉTISME 4

### Ondes électromagnétiques dans un milieu diélectrique

---

#### CE QU'IL FAUT RETENIR

- Définir un milieu diélectrique et décrire le phénomène de polarisation
- Établir l'expression du vecteur polarisation
- Donner l'expression du vecteur densité de courant de polarisation  $\vec{j}_p$
- Donner l'expression de la densité volumique de charge de polarisation  $\rho_p$  et la retrouver à partir de l'équation de conservation de la charge et de  $\vec{j}_p$
- Donner l'expression de la densité surfacique de charge de polarisation  $\sigma_p$
- Définir un milieu D.L.H.I. et un milieu D.L.H.I. parfait
- Définir la susceptibilité électrique du milieu en écrivant la relation entre le vecteur polarisation et le champ électrique dans un D.L.H.I.
- Décrire le modèle de l'électron élastiquement lié
- Établir l'expression de la susceptibilité électrique complexe  $\chi_e$
- À partir de  $\chi_e$  définir les zones d'absorption et de transparence du milieu
- Écrire les équations de MAXWELL dans un milieu diélectrique, dans un D.L.H.I. et dans un D.L.H.I. parfait
- Définir la permittivité diélectrique d'un milieu D.L.H.I.
- Établir l'équation de propagation du champ  $\vec{E}$  dans un D.L.H.I. parfait
- Établir la relation de dispersion
- Avec un vecteur d'onde complexe, établir l'expression du champ électrique et interpréter les différents cas ( $\vec{k}$  complexe, réel ou imaginaire pur) avec l'absorption et la propagation de l'onde.
- Écrire la vitesse de phase et interpréter la dépendance en  $\omega$  comme un phénomène de dispersion
- Décrire la structure de l'onde dans un D.L.H.I. parfait et dans un D.L.H.I. parfait et transparent.
- Déterminer l'expression de  $\vec{B}$  à partir de  $\vec{E}$  avec la relation de structure
- Déterminer l'expression du vecteur de POYNTING et interpréter la distance caractéristique d'amortissement de l'énergie
- Définir l'indice optique complexe et interpréter les parties réelle (réfraction) et imaginaire (absorption) avec l'absorption ou transparence du milieu

#### AUTO-ÉVALUATION

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

1. Un milieu composé de molécules non polaires est non polarisable
2. Dans un milieu diélectrique parfait, les charges sont libres de se déplacer
3. Le moment dipolaire est défini par  $\vec{p} = -q \overrightarrow{G_+ G_-}$
4. Le vecteur polarisation est la dérivée du moment dipolaire :  $\frac{d\vec{p}}{dt}$
5. Le vecteur densité de courant de polarisation est relié au moment dipolaire  $\vec{j}_p = \frac{\partial \vec{p}}{\partial t}$
6. Dans n'importe quel milieu diélectrique, la relation entre le vecteur polarisation et le champ électrique est toujours  $\vec{P} = \epsilon_0 \chi_e \vec{E}$
7. La susceptibilité électrique est un nombre sans dimension
8. La susceptibilité électrique d'un D.L.H.I. transparent est réelle
9. Dans une zone d'absorption, l'indice optique est imaginaire pur
10. La zone d'absorption d'un D.L.H.I. correspond à une bande autour de la pulsation propre du modèle de l'électron élastiquement lié
11. Dans n'importe quel milieu diélectrique, l'équation de MAXWELL-GAUSS s'écrit  $\text{div}(\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}) = \rho_{\text{libre}}$
12. Dans un D.L.H.I. parfait les équation de MAXWELL s'écrivent comme dans le vide
13. Soit le vecteur d'onde  $\vec{k} = (k' - ik'')\vec{u}$  et le champ électrique sous la forme  $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$  se dirigeant vers les  $r$  croissants. Si  $k'' > 0$ , alors l'onde se propage avec absorption.
14. Dans un D.L.H.I. parfait, la relation de structure est la même que dans le vide :  $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega}$
15. L'indice optique complexe d'un D.L.H.I. est défini par  $\underline{n}^2 = \underline{\epsilon}_r$  et est l'indice de réfraction du milieu.

---

## RÉVISIONS D'ÉLECTROMAGNÉTISME 6

### Ondes électromagnétiques dans un milieu diélectrique

---

#### RÉPONSES

1. **FAUX** : un milieu composé de molécules non polaires est polarisable avec la polarisation électronique (et ionique s'il y a des ions)
2. **FAUX** : dans un milieu diélectrique parfait, il n'y a pas de charge libre
3. **VRAI**
4. **FAUX** : le vecteur polarisation est comme un moment dipolaire volumique : le moment dipolaire  $d\vec{p}$  d'un petit volume  $d\tau$  divisé par le petit volume  $d\tau$
5. **FAUX** :  $\vec{j}_p$  est relié au vecteur polarisation  $\vec{j}_p = \frac{\partial \vec{P}}{\partial t}$
6. **FAUX** :  $\vec{P} = \epsilon_0 \chi_e \vec{E}$  est pour un milieu D.L.H.I. où il n'y a pas de déphasage entre  $\vec{P}$  et  $\vec{E}$ . Dans le cas général d'un milieu diélectrique, on écrit la relation en complexe et  $\chi_e$  est remplacé par une matrice  $3 \times 3$  avec des coefficients complexes.
7. **VRAI**
8. **VRAI**
9. **FAUX** : dans une zone d'absorption, l'indice optique est complexe
10. **VRAI**
11. **VRAI**
12. **FAUX** : on écrit les équations de MAXWELL en complexe et on remplace  $\epsilon_0$  par  $\epsilon_0 \epsilon_r$
13. **FAUX** : avec les conventions choisies, on obtient le champ électrique sous la forme  $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-k''r} e^{i(\omega t - k' \cdot r)}$ , l'onde se propage avec absorption si  $k'' > 0$  et si  $k' \neq 0$  (sinon il n'y a pas de propagation)
14. **FAUX** : il faut écrire la relation de structure en complexe
15. **FAUX** : l'indice optique complexe est bien  $\underline{n}^2 = \epsilon_r$  mais c'est sa partie réelle qui est l'indice de réfraction. Les deux sont égaux uniquement dans le cas d'un milieu transparent.