

Chap.3 – Activités

Ondes électromagnétiques (OEM) dans le vide

1. Equation de propagation des OEM– Structure des OPPH

1.1. Equation d'onde de d'Alembert – Célérité des OEM dans le vide

Activité 1 : Equation d'onde des OEM dans le vide ★

- A. Donner les équations de Maxwell dans le vide.
- B. Quelles équations suggèrent l'existence d'un phénomène de propagation ?
- C. En prenant le rotationnel de MF, établir l'équation d'onde vérifiée par $\vec{E}$
Formule d'analyse vectorielle à utiliser : $\overrightarrow{rot}(\overrightarrow{rot}(\vec{A})) = \overrightarrow{grad}(\text{div}(\vec{A})) - \Delta\vec{A}$
- D. En prenant le rotationnel de MA, montrer que $\vec{B}$ vérifie la même équation.
- E. Application numérique pour la célérité : $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} SI$ et $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} SI$.
Conclusion ?
- F. (facultatif) L'expression de la célérité des OEM dans le vide vous évoque-t-elle celles des ondes mécaniques ?

1.4 « Structure des OPPH » $\stackrel{\text{def}}{=}$ liens entre les vecteurs $\vec{E}$, $\vec{B}$ et $\vec{k}$

Activité 2 : Structure des OPPH dans le vide ★

- A. Ecrire les équations de Maxwell en complexe (*car on étudie des OPPH*), en utilisant les opérateurs complexes vus au chapitre précédent
- B. En déduire que les OPPH sont transverses, et que $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ forme un trièdre direct

Pour simplifier les calculs suivants, on suppose que l'OPPH est polarisée rectilignement :

$$\vec{E} = E_{0y} \cos(\omega t - kx + \varphi_y) \vec{u}_y \quad \text{et} \quad \vec{B} = B_{0z} \cos(\omega t - kx + \psi_z) \vec{u}_z$$

- C. A partir des mêmes équations en complexe, établir la relation de dispersion
- D. La retrouver à partir de l'équation de d'Alembert 1D
- E. Déterminer le rapport $\frac{\|\vec{E}\|}{\|\vec{B}\|}$. Montrer que les champs vibrent en phase
- F. En déduire qu'en présence d'une OEM, une particule chargée non-relativiste ne subit pas de force magnétique

Activité 3 : Aspects énergétiques des OPPH dans le vide ☼

- A. Rappeler l'équation de conservation de l'énergie électromagnétique dans le vide de matière
- B. Montrer que l'énergie d'une OPPH est équitablement répartie entre les deux champs
- C. En invoquant la structure d'une OPPH, exprimer le vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$
- D. Etablir la relation entre l'énergie électromagnétique stockée par les champs et le vecteur $\vec{\Pi}$
- E. Interpréter physiquement cette relation, par analogie avec le transport par convection