

Isabelle Bricaud : i.bricaud@yahoo.frBenoît Malet : maletbenoit@yahoo.frPierre Salles : lycee.salles@laposte.netValérie Hoornaert : vhoornaert@gmail.comPascal Olive : psi1montaigne@gmail.comFrançois Lelong : psi2phch@gmail.comJérôme Fanjeaux : jerome.fanjeaux@free.fr**PSI2. PHYSIQUE. Semaine de colle 14, du lundi 12 au vendredi 16 janvier 2026.****Ondes électromagnétiques dans le vide, dans la matière usuelle, dans un métal.***En l'absence de charges et de courants, le champ électromagnétique obéit à l'équation de d'Alembert suivantes :*

$$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0} \quad \Delta \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

Si on cherche une OPP selon les z croissants, les équations de Maxwell permettent de montrer que:

- a) Les champs électrique et magnétique sont transverses et orthogonaux entre eux.
- b) $E = cB$
- c) Le trièdre $(\vec{e}_z, \vec{E}, \vec{B})$ forme un trièdre orthogonal direct
- d) Le vecteur de Poynting \vec{P} est selon Oz donc il y a transfert d'énergie selon les z croissants
- e) $u_{em} = 2u_e = 2u_m$ et $\Pi = u_{em} \cdot c$, ce qui montre que l'énergie se propage à la vitesse c.

La forme générale d'une OPPH est en $\cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})$, où \vec{k} est le vecteur d'onde et sa norme $k = \frac{\omega}{c}$ est le nombre d'onde. $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ est la périodicité spatiale ou longueur d'onde. \vec{k} indique la direction et le sens de la propagation de l'onde.

Si on adopte la notation complexe, le champ électromagnétique peut s'écrire :

$$\underline{\vec{E}}(M, t) = \underline{\vec{E}_o} \exp[j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})] \quad \underline{\vec{B}(M, t)} = \underline{\vec{B}_o} \exp[j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})]$$

$$\underline{\vec{E}_o} \cdot \vec{k} = 0 \quad \underline{\vec{B}_o} \cdot \vec{k} = 0 \quad \underline{\vec{E}_o} \cdot \underline{\vec{B}_o} = 0$$

Avec une telle écriture, la dérivation temporelle devient une multiplication par $j\omega$ et le vecteur \vec{V} devient $-j\vec{k}$. Les relations de Maxwell permettent alors de retrouver les propriétés précédentes et en plus la relation générale: $\underline{\vec{B}} = \frac{\vec{k} \wedge \underline{\vec{E}}}{\omega}$ à connaître.

REMARQUE : il existe d'autres solutions que l'OPPH. **Vérifier que l'onde proposée est bien une OPPH avant d'utiliser les propriétés ci-dessus.** Se méfier aussi avant d'écrire $k = \frac{\omega}{c}$ valable uniquement pour une OPPH dans le vide.

Utilisation des relations de Maxwell pour obtenir toutes la structure électromagnétique à partir de la donnée du champ électrique (ou magnétique).

Pour les calculs énergétiques sur u_{em} ou Π , le passage en réel est OBLIGATOIRE avant tout calcul.

Polarisation de la lumière. Effet Doppler classique à savoir retrouver .Dualité Onde-Corpuscule.Pression de radiation. Lumière visible.

Ondes électromagnétiques dans un milieu linéaire transparent.

Changement par rapport au vide. vitesse de phase et indice optique. Ecriture d'une OPPH dans un milieu d'indice n. Liaison avec l'optique géométrique.

Propagation d'une onde dans un métal.

Obtention de l'équation de diffusion en négligeant le courant de déplacement devant le courant de conduction. Effet de peau. Obtention de l'épaisseur de peau par analyse dimensionnelle ou par calcul.

Cas limite du conducteur parfait : présence de courants et charges surfaciques à la surface extérieure du métal, champ électromagnétique nul à l'intérieur.

Réflexion d'une onde sur un métal parfait en incidence normale.

Existence d'une onde réfléchie, obtention de son expression, onde totale stationnaire. Présence de courants surfaciques et d'une pression de radiation d'origine magnétique. Fin du calcul non faite, pression de radiation par analyse dimensionnelle.