

Isabelle Bricaud : ibricaud@yahoo.frBenoît Malet : maletbenoit@yahoo.frPierre Salles : lycee.salles@laposte.netValérie Hoornaert : vhornaert@gmail.comPascal Olive : psi1montaigne@gmail.comFrançois Lelong : psi2phch@gmail.comJérôme Fanjeaux : jerome.fanjeaux@free.fr**PSI2. PHYSIQUE. Semaine de colle 13, du lundi 5 au vendredi 9 janvier 2026.****Passage à l'électrodynamique***Dans le cas statique,**MA s'écrit : $\vec{\text{rot}}(\vec{B}) = \mu_0 \vec{j}$ qui donne $\oint_{\text{contour}} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \iint_{\text{surface}} \vec{j} \cdot \vec{n} dS = \mu_0 I_{\text{enlacé}}$* *En dynamique, il faut tenir compte du courant de déplacement :**MA s'écrit : $\vec{\text{rot}}(\vec{B}) = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}_d)$ qui donne $\oint_{\text{contour}} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \iint_{\text{surface}} (\vec{j} + \vec{j}_d) \cdot \vec{n} dS$* *Voir exercice sur le condensateur en régime variable.**En-dehors des distributions de charges et courants, le champ électromagnétique est une onde.**Utilisation des relations de Maxwell pour obtenir un champ magnétique à partir d'un champ électrique fourni ou l'inverse.***Aspect énergétique.***Densité d'énergie électromagnétique $u_{em} = u_e + u_m = \epsilon_0 \frac{E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$ en $J.m^{-3}$.**Vecteur de Poynting $\vec{\Pi} = \vec{E} \wedge \frac{\vec{B}}{\mu_0}$ en $W.m^{-2}$. Donne la direction et le sens de la propagation de l'énergie.**L'équation de conservation de l'énergie est : $\text{div}(\vec{\Pi}) + \vec{j} \cdot \vec{E} + \frac{\partial u_{em}}{\partial t} = 0$.**Prop : la puissance traversant une surface S orientée est égale au flux du vecteur de Poynting à travers cette surface.**On peut obtenir l'autoinductance L d'une bobine de N spires, de longueur ℓ , de section droite S :*

$$L \approx \frac{\mu_0 S N^2}{\ell}$$

Ondes électromagnétiques dans le vide. UNIQUEMENT DANS LE VIDE.**Si réflexion sur métal parfait, indiquer les propriétés***En l'absence de charges et de courants, le champ électromagnétique obéit à l'équation de d'Alembert suivantes :*

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

*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 $\vec{\Pi}$ est selon Oz donc il y a transfert d'énergie selon les z croissants**e) $u_{em}=2u_e=2u_m$ et $\Pi = u_{em}.c$, 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 :*

$$\vec{E}(M, t) = \vec{E}_0 \cdot \exp[j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})] \qquad \vec{B}(M, t) = \vec{B}_0 \cdot \exp[j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})]$$

$$\vec{E}_0 \cdot \vec{k} = 0 \qquad \vec{B}_0 \cdot \vec{k} = 0 \qquad \vec{E}_0 \cdot \vec{B}_0 = 0$$

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: $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega}$ 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 $\vec{\Pi}$, le passage en réel est **OBLIGATOIRE** avant tout calcul.

Polarisation de la lumière. Exemple de la polarisation rectiligne, polaroïd, exemple du cinéma 3D.

Effet Doppler classique à savoir retrouver : émetteur fixe (fréquence f), la fréquence vue par un détecteur s'éloignant à la vitesse v est $f' = f \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right)$. Applications.

Dualité Onde-Corpuscule: Les ondes électromagnétiques peuvent, selon la nature de l'expérience, apparaître :

comme une onde de fréquence f et de longueur d'onde λ (présent cours d'électromagnétisme)
ou comme une particule (le photon) : particule relativiste de masse nulle, se propageant à la vitesse c selon l'axe Ox dans le vide, d'énergie $E=hf=hc/\lambda$ et d'impulsion $\vec{p} = \frac{hf}{c} \vec{u}_x$ avec $h=6,62 \cdot 10^{-34} J.s$ constante de Planck.

Pression de radiation. Mise en évidence qualitative par choc de photon sur paroi. Expression possible de P_{rad} par AD avec le vecteur de Poynting et c .

Lumière visible.

Dans le sens des longueurs d'onde croissantes, ou des énergies de photon décroissantes :

UV (400nm)	Visible (800nm)	IR
10eV	$E_{typique}=1eV=1,6 \cdot 10^{-19}J$	0,1eV
	$f_{typique}=10^{14} Hz$	

Spectre continu. Le corps noir. Relation $\lambda_{max} \cdot T = Cte$. $T=6000K$ correspond à $\lambda_{max}=500nm$.

Spectre discret. Transitions électroniques en liaison avec la chimie.

Source quasimonochromatique : le LASER.