

OD3 – Ondes électromagnétiques dans le vide

6.1.3. Ondes électromagnétiques dans le vide		
Equations de propagation d'un champ électromagnétique dans une région sans charge ni courant.	Etablir et citer les équations de propagation d'un champ électromagnétique dans le vide.	
Structure d'une onde plane progressive harmonique.	Etablir et exploiter la structure d'une onde électromagnétique plane progressive harmonique. Utiliser la superposition d'ondes planes progressives harmoniques pour justifier les propriétés d'ondes électromagnétiques planes progressives non harmoniques.	Notion de paquet d'ondes.
Polarisation des ondes électromagnétiques planes progressives harmoniques : polarisation elliptique, circulaire et rectiligne. Loi de Malus.	Relier l'expression du champ électrique à l'état de polarisation de l'onde. Utiliser la loi de Malus. Reconnaître une lumière polarisée rectilignement. Distinguer une lumière non polarisée d'une lumière totalement polarisée. Utiliser une lame quart d'onde ou demi-onde pour modifier ou analyser un état de polarisation, avec de la lumière totalement polarisée.	Partie qu'on verra principalement en TP

I – Equation de propagation

I-1) Équations de Maxwell dans le vide

I-2) Équations de d'Alembert

II - Ondes planes progressives harmoniques

II-1) Onde plane

II-2) Onde plane progressive harmonique

- a) Représentation complexe
- b) Equations de Maxwell en notation complexe
- c) Relation de dispersion
- d) Structure de l'OPPH
 - i. Transversalité
 - ii. Lien entre \vec{E} et \vec{B}
- e) Spectre électromagnétique

II-3) Généralisation aux ondes planes

II-4) Polarisation des OPPH

- a) Représentation vectorielle d'une OPPH
- b) Lumière naturelle
- c) Polarisation rectiligne
- d) Polarisation elliptique
- e) Polarisation circulaire

III – Aspects énergétiques

III-1) Densité volumique d'énergie

III-2) Vecteur de Poynting

III-3) Vitesse de propagation de l'énergie

III-4) Flux de photons

III-5) Valeurs moyennes

- a) A partir des expressions réelles
- b) A partir des expressions complexes

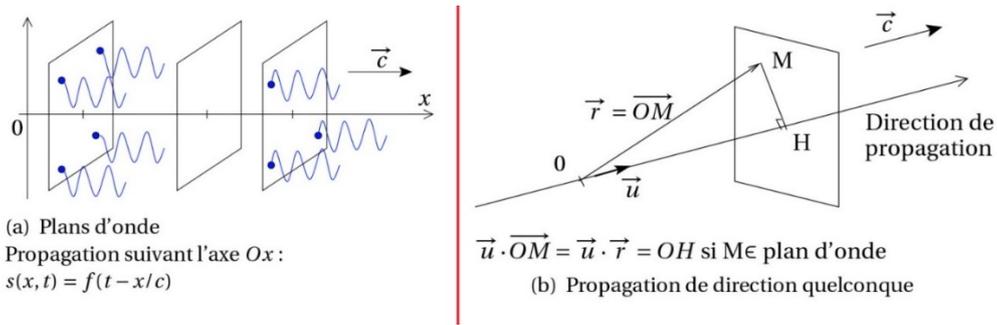
III-6) Quelques ordres de grandeur

IV – Analyse d'une polarisation inconnue

IV-1) Principe

IV-2) Tableau récapitulatif

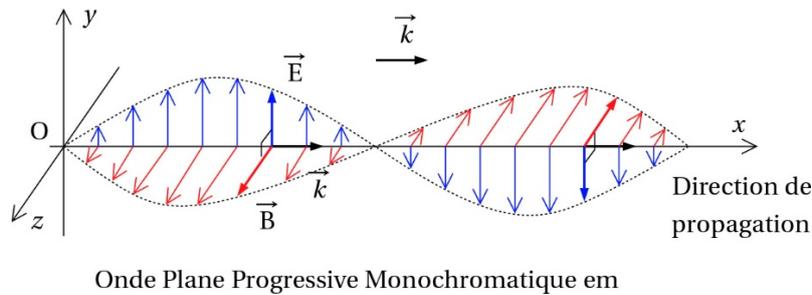
II-1) Onde plane



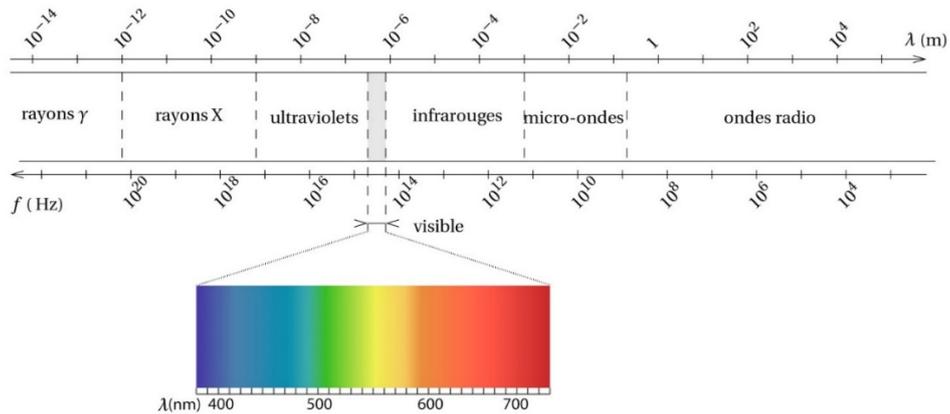
II-2-b) Equations de Maxwell en notation complexe

Les différents opérateurs	$\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	$\frac{\partial \vec{E}}{\partial x}$	$\overrightarrow{grad} p$	$\overrightarrow{rot} \vec{E}$	$div \vec{E}$
$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$	$i\omega \vec{E}$	$-ik \vec{E}$	$-i\vec{k} p$	$-i\vec{k} \wedge \vec{E}$	$-i\vec{k} \cdot \vec{E}$
$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t + \vec{k} \cdot \vec{r})}$	$i\omega \vec{E}$	$ik \vec{E}$	$i\vec{k} p$	$i\vec{k} \wedge \vec{E}$	$i\vec{k} \cdot \vec{E}$

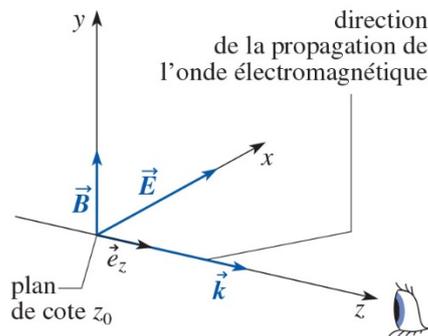
II-2-d) Structure de l'OPPH



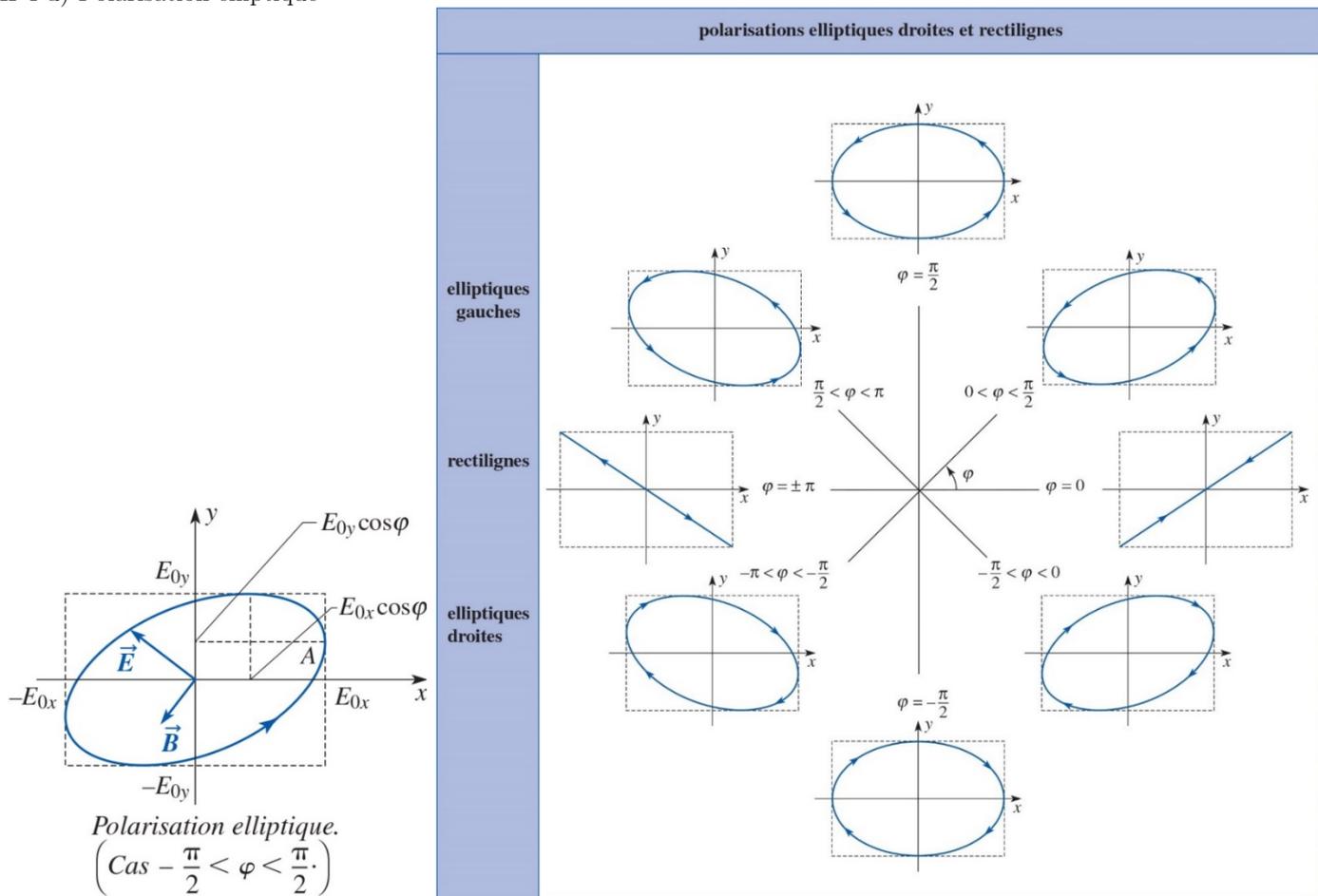
II-2-e) Spectre électromagnétique



II-4-a) Représentation vectorielle d'une OPPH



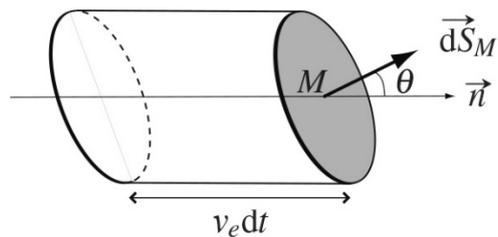
II-4-d) Polarisation elliptique



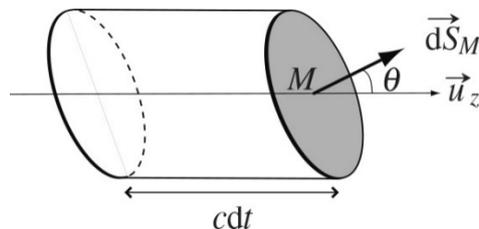
II-4-e) Polarisation circulaire

polarisations circulaires	
circulaire gauche $\varphi = \frac{\pi}{2}$	circulaire droite $\varphi = -\frac{\pi}{2}$
notation réelle $E_x = E_0 \cos(\omega t)$ $E_y = E_0 \sin(\omega t)$	notation réelle $E_x = E_0 \cos(\omega t)$ $E_y = -E_0 \sin(\omega t)$
notation complexe $\underline{E}_x = E_0 e^{j\omega t}$ $\underline{E}_y = -j\underline{E}_x = -jE_0 e^{j\omega t}$	notation complexe $\underline{E}_x = E_0 e^{j\omega t}$ $\underline{E}_y = j\underline{E}_x = jE_0 e^{j\omega t}$

III-3) Vitesse de propagation de l'énergie



III-4) Flux de photons



III-6) Quelques ordres de grandeur

Système	Soleil	Laser 1mW	Téléphones en veille	Téléphone émettant un appel
$\langle I \rangle$ en $W m^{-2}$	1400	1000	0,008	0,5
E_0 en Vm^{-1}	1200	1000	2,39	20

IV-2) Tableau récapitulatif

Le protocole d'analyse d'une polarisation inconnue peut être résumé au travers du schéma suivant :

