

Polarisation d'une onde électromagnétique

I. Les notations

On considère une onde représentée par $\vec{E} = E_{0x} \cos(\omega t - kz) \vec{e}_x + E_{0y} \cos(\omega t - kz + \phi) \vec{e}_y$.

Il faut distinguer pour cette onde:

- la direction de propagation de l'onde: *phase: $\omega t - kz$: l'onde se propage selon (Oz)*
- la direction du vecteur champ électrique à tout instant: *le champ électrique est dans le plan contenant \vec{e}_x et \vec{e}_y car l'onde est transverse*

Dans tout le cours, je vais parler des deux composantes du champ électrique, ce sont *les deux composantes du champ \vec{E} dans le plan \perp à la directⁿ de propagation*

Ici elles ont pour expression:

$$E_x = E_{0x} \cos(\omega t - kz)$$

$$E_y = E_{0y} \cos(\omega t - kz + \phi)$$

ϕ est le déphasage de E_y à E_x

II. Différents types de polarisation

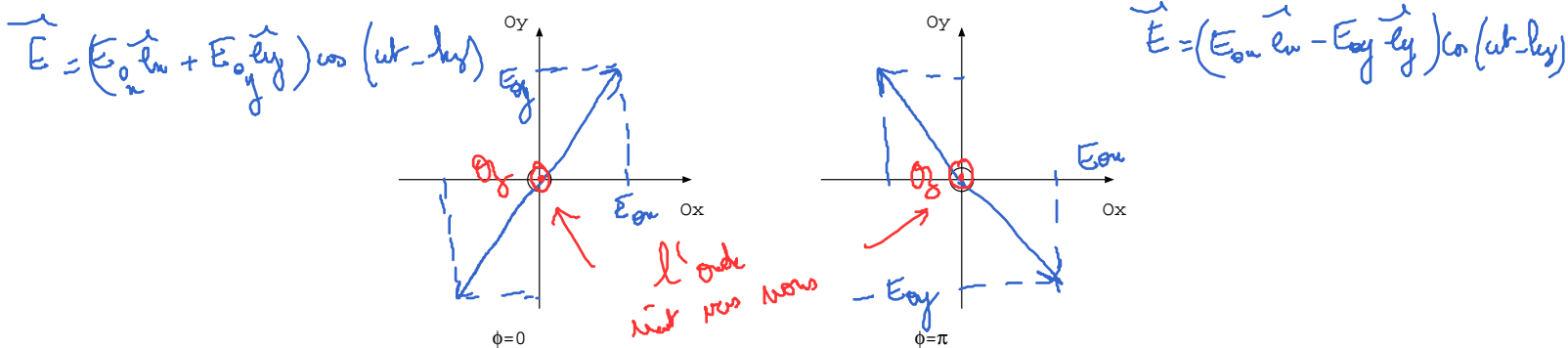
L'onde est dite polarisée lorsque le déphasage ϕ entre les deux composantes dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation, ne dépend pas du temps. Ce sera le cas dans tout ce paragraphe. On distingue alors trois types de polarisation suivant les valeurs de ϕ .

Sur la feuille jointe est représenté le vecteur champ électrique à un instant t pour différents types d'OPPH se propageant selon $+Oz$. Répondre aux questions suivantes:

- Représenter les vecteurs \vec{u} , \vec{E} , et \vec{B} en différents points de l'axe Oz .
- Qu'observe-t-on lorsqu'on place son oeil sur l'axe Oz en regardant l'onde venir vers nous?

1. La polarisation est dite rectiligne lorsque l'extrémité du vecteur champ électrique *décrit un segment*

pour $\phi = 0$ ou $\phi = \pi$: les composantes du champ électrique oscillent en phase ou en opposition de phase:

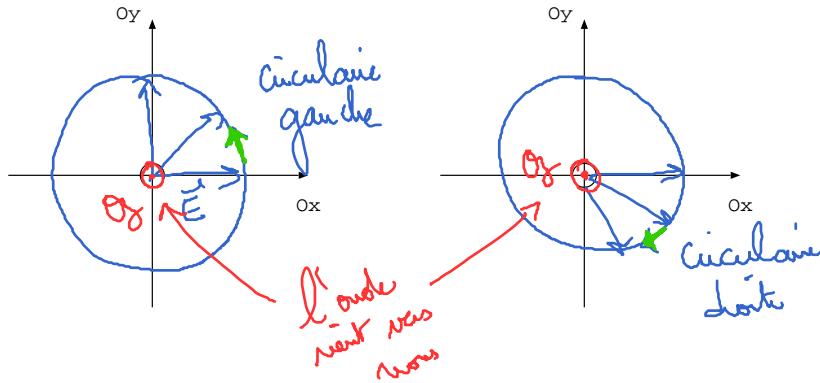


Dans ce cas, le champ électrique peut s'écrire simplement:

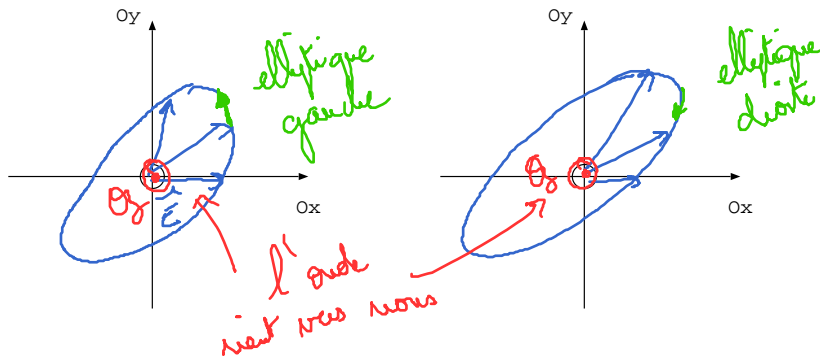
$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kz)$$

- La polarisation est dite **circulaire** lorsque l'extrémité du vecteur champ électrique *décrit un cercle*

pour $E_{0x} = E_{0y}$ et $\phi = \pi/2$ ou $\phi = -\pi/2$: les composantes du champ électrique ont même amplitude et oscillent en quadrature de phase:



2. La polarisation est dite **elliptique** lorsque l'extrémité du vecteur champ électrique *écrit une ellipse*



3. Méthode pour déterminer la polarisation d'une onde à partir de l'écriture de son champ électrique

A partir de l'expression de la phase (terme de la forme $\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM}$), on détermine *la direct^o de propagation*

On observe les deux composantes du champ électrique (on appelle les deux composantes du champ électrique, *les deux composantes dans le plan \perp à \vec{k}*)

Cas 1 : elles sont en phase ou en opposition de phase: *polarisation rectiligne*

Cas 2 : elles sont en quadrature de phase et ont même amplitude: *polarisation circulaire*

Cas 3 : ce sont tous les autres cas: *polarisation elliptique*

Dans les cas d'une polarisation circulaire ou elliptique, pour déterminer si la polarisation est droite ou gauche, on trace les axes Ox , Oy et Oz de sorte que l'axe correspondant à la direction et au sens de propagation de l'onde vient vers nous. Le plan qui contient le champ électrique est le plan de la feuille.

On écrit les expressions du champ électrique:

- Dans le plan $x = 0$ si la phase est de la forme $\omega t - kx$, en $y = 0$ si la phase est de la forme $\omega t - ky$ ou en $z = 0$ si la phase est de la forme $\omega t - kz$

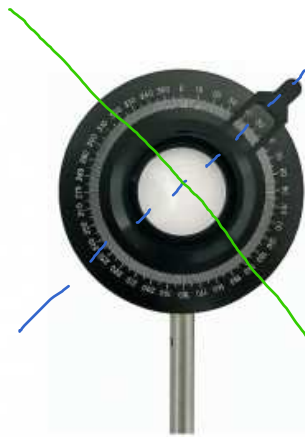
- Aux instants t_1 et t_2 tels que $\omega t_1 = 0$ et $\omega t_2 = \frac{\pi}{2}$ (ce temps t_2 correspond à $t_2 = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{T}{4}$)

Si le champ électrique tourne dans le sens trigo, la polarisation est dite *gauche*
 Si le champ électrique tourne dans le sens horaire, la polarisation est dite *droite*

III. Polariseur

1. **Définition:** un polariseur est un dispositif optique caractérisé par deux axes perpendiculaires entre eux. Un axe appelé axe de polarisation qui laisse passer le champ électrique de l'onde et un axe perpendiculaire à l'axe de polarisation qui coupe le champ électrique de l'onde. A la sortie du polariseur l'onde est donc polarisée

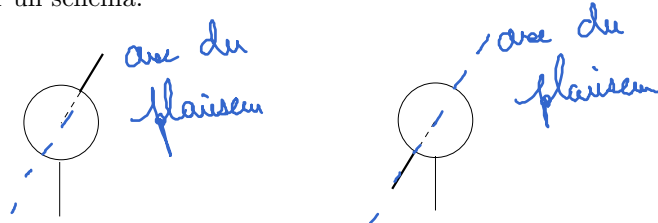
rectilignement dans la direct° de l'axe du polariseur



axe du polariseur : il laisse passer le champ \vec{E} dans sa direct°

axe \perp à l'axe du polariseur : il coupe le champ électrique dans sa direct°

Représentation du polariseur sur un schéma:



2. Action d'un polariseur sur une lumière polarisée rectilignement :

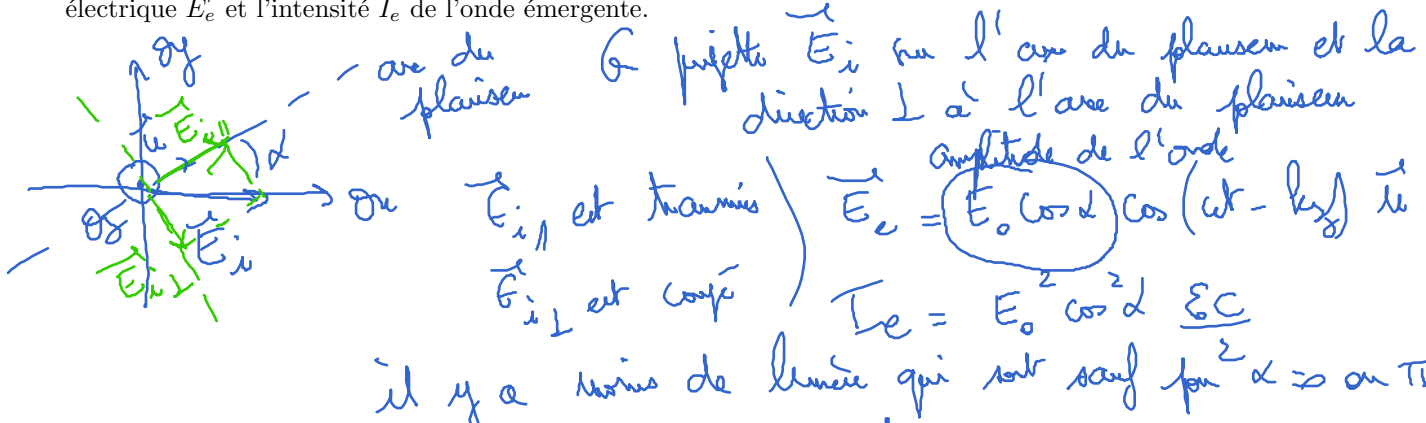
Soit une OPPH polarisée rectilignement selon Ox et se propageant selon Oz . Exprimer le champ électrique \vec{E}_i (on note E_0 son amplitude) et l'intensité I_i de l'onde incidente.

$$\vec{E} = E_0 \cos(ut - kz) \vec{e}_x$$

$$\vec{B} = \vec{e}_z \wedge \vec{E} = \frac{E_0}{c} \vec{e}_y \cos(ut - kz)$$

$$I_i = \langle \|\vec{R}_i\| \rangle = \left\langle \left\| \frac{\vec{E}_i \wedge \vec{B}_i}{\mu_0} \right\| \right\rangle = \left\langle \left\| \frac{E_0^2}{\mu_0 c} \cos^2(ut - kz) \vec{e}_z \right\| \right\rangle = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} = \frac{\epsilon_0 c E_0^2}{2}$$

Cette onde traverse un polariseur dont l'axe principal fait un angle α par rapport à Ox . Exprimer le champ électrique \vec{E}_e et l'intensité I_e de l'onde émergente.



La loi de Malus s'écrit:

$$I_e = I_i \cos^2 \alpha$$

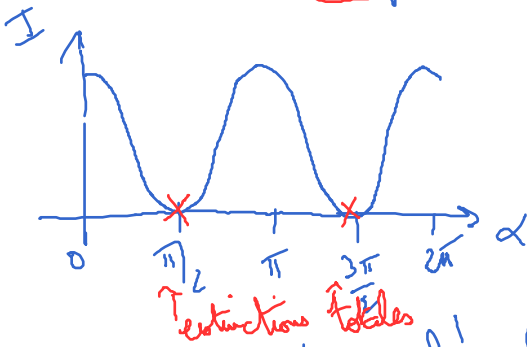
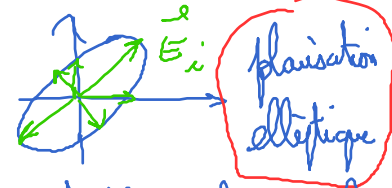
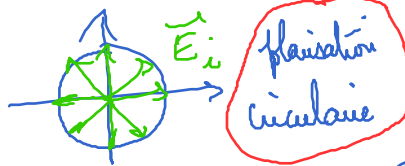
$\vec{E}_i \uparrow$ OPAH
 α
 axe du polariseur

3. Analyseur

En TP, un polariseur a deux applications:

- il sert à fabriquer une lumière polarisée rectilignement
 - il sert à analyser la lumière (le polariseur qui sert à l'analyse s'appelle analyseur)
- pour l'analyse, on fait tourner l'axe de l'analyseur sur un tour complet; on observe l'intensité émergente.

Étudions l'action d'un analyseur sur une lumière polarisée rectilignement, circulairement et elliptiquement.



quand on fait tourner l'analyseur on observe 2 extinctions totales

