

# TP cours : Polarisation d'une onde électromagnétique

## I. Polarisation d'une onde em

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?
- Cas général: le champ  $\vec{E}$  est transverse : cela signifie que

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

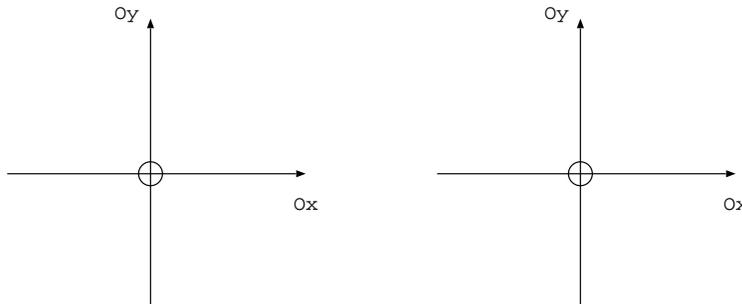
Il faut distinguer pour cette onde:

- la direction de propagation de l'onde:
- la direction du vecteur champ électrique à tout instant:

*Différents types de polarisation* : L'onde est dite polarisée lorsque le déphasage  $\phi$  entre les deux composantes ne dépend pas du temps, ce sera le cas dans tout ce paragraphe. On distingue alors trois types de polarisation suivant les valeurs de  $\phi$ :

- **La polarisation est dite rectiligne** lorsque l'extrémité du vecteur champ électrique

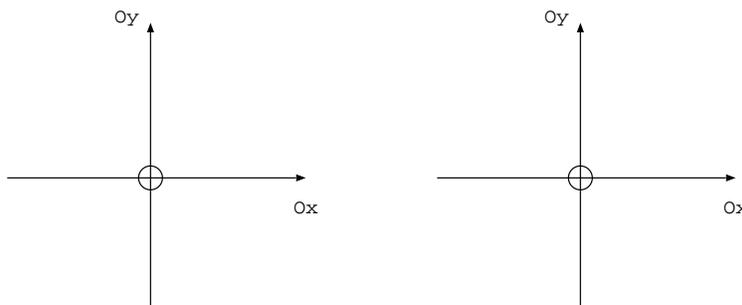
pour  $\phi = 0$  ou  $\phi = \pi$  : les composantes du champ électrique oscillent en phase ou en opposition de phase:



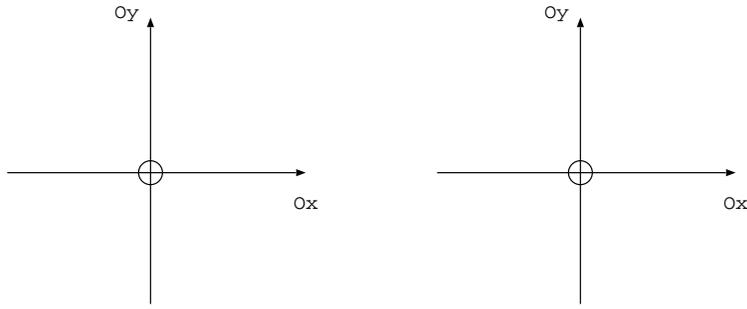
Dans ce cas, le champ électrique peut s'écrire simplement:

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

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:



- La polarisation est dite **elliptique** lorsque l'extrémité du vecteur champ électrique



*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

On observe les deux composantes du champ électrique (on appelle les deux composantes du champ électrique,

Cas 1 : elles sont en phase ou en opposition de phase:

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

Cas 3 : ce sont tous les autres cas:

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

- 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  $t_2 = \frac{\pi}{2\omega} =$

Si le champ électrique tourne dans le sens trigo, la polarisation est dite

Si le champ électrique tourne dans le sens horaire, la polarisation est dite

*Exercice d'application:* identifier sur les expressions suivantes, la direction de propagation et la nature de la polarisation de l'onde: rectiligne, circulaire ou elliptique, droite ou gauche.

$$\vec{E}_a = 2E_0 \cos(\omega t - ky) \vec{e}_x - 3E_0 \cos(\omega t - ky) \vec{e}_z$$

$$\vec{E}_b = 2E_0 \cos(\omega t + kx) \vec{e}_y + E_0 \sin(\omega t + kx) \vec{e}_z$$

$$\vec{E}_c = -E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{e}_x + E_0 \sin(\omega t - kz) \vec{e}_y$$

$$\vec{E}_d = 2E_0 \cos(\omega t + ky) \vec{e}_x + E_0 \cos(\omega t + ky - \pi/4) \vec{e}_z$$

## II. Polariseur

*Notion d'intensité lumineuse:* l'intensité lumineuse, aussi appelé éclairement, est égale la valeur moyenne (dans le temps) de la norme du vecteur de Poynting soit:

*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.



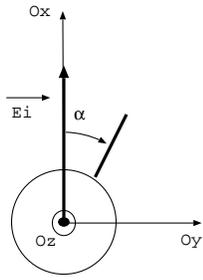
Représentation du polariseur sur un schéma:



*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 de cette onde.

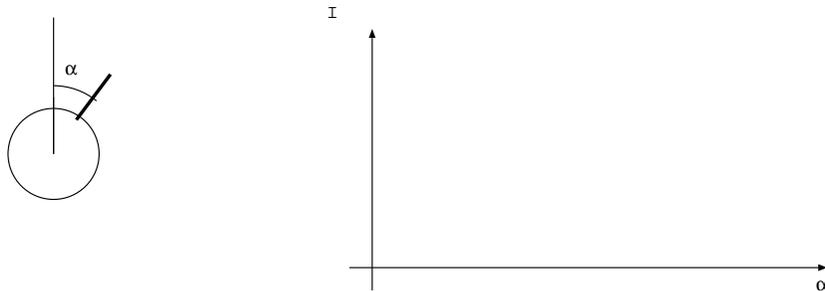
Cette onde traverse un polariseur dont l'axe principal fait un angle  $\alpha$  par rapport à  $Ox$ . Exprimer le champ électrique  $\vec{E}_e$  et l'intensité de l'onde émergente.



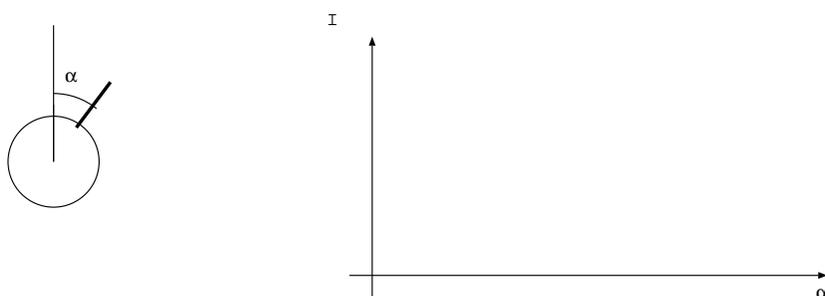
La loi de Malus s'écrit:

Représentation de l'intensité en fonction de  $\alpha$  l'angle entre la direction du champ électrique incident et l'axe de polarisation du polariseur:

*Action d'un polariseur sur une lumière polarisée circulairement:*

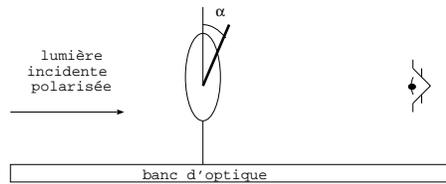


*Action d'un polariseur sur une lumière polarisée elliptiquement:*



*Conclusion:*

On éclaire un polariseur avec une lumière supposée polarisée. On fait tourner l'axe du polariseur (soit on fait varier  $\alpha$ ) et on observe l'intensité de l'onde qui émerge du polariseur. On peut identifier la polarisation de l'onde incidente à partir de l'observation de l'intensité de l'onde émergente en fonction de  $\alpha$ . Dans cette expérience, le polariseur sert à analyser la nature de la polarisation de la lumière, on l'appelle analyseur.



Cas 1: en faisant varier  $\alpha$ , on observe que l'intensité de l'onde émergente ne varie pas:

Cas 2: en faisant varier  $\alpha$ , on observe que l'intensité de l'onde émergente passe par des maxima et des minima nuls:

Cas 3: en faisant varier  $\alpha$ , on observe que l'intensité de l'onde émergente passe par des maxima et des minima non nuls:

Remarque : si l'on fait l'expérience avec une lumière non polarisée, on observe que l'intensité de ne varie pas quand on tourne l'axe du polariseur donc

### III. Manipulations

Analyser une lumière signifie observer la lumière à travers un polariseur dont on fait tourner l'axe de polarisation sur un tour complet en observant l'intensité de la lumière sortante. Ce polariseur s'appelle analyseur.

Dans chacun des cas, il est demandé d'analyser la lumière issue du dispositif décrit et de conclure sur la polarisation de la lumière étudiée:

- la lampe de lumière blanche
- la lampe de lumière blanche suivie d'une lame  $\lambda/2$  (faire la manip pour des positions différentes de l'axe de la lame)
- la lampe de lumière blanche suivie d'une lame  $\lambda/4$  (faire la manip pour des positions différentes de l'axe de la lame)
- la lampe de lumière blanche suivie d'un polariseur (faire la manip pour des positions différentes de l'axe du polariseur)
- la lampe de lumière blanche suivie d'un filtre, d'un polariseur et d'une lame  $\lambda/4$  dont l'axe fait un angle de  $0^0$  ou de  $90^0$  par rapport à la direction de l'axe du polariseur
- la lampe de lumière blanche suivie d'un filtre, d'un polariseur et d'une lame  $\lambda/4$  dont l'axe fait un angle de  $45^0$  ou de  $135^0$  par rapport à la direction de l'axe du polariseur
- la lampe de lumière blanche suivie d'un filtre, d'un polariseur et d'une lame  $\lambda/4$  dont l'axe fait un angle quelconque différent de  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$  et  $135^0$  par rapport à la direction de l'axe du polariseur
- la lampe de lumière blanche suivie d'un filtre, d'un polariseur et d'une lame  $\lambda/2$  dont l'axe fait un angle de  $0^0$  ou de  $90^0$  par rapport à la direction de l'axe du polariseur
- la lampe de lumière blanche suivie d'un filtre, d'un polariseur et d'une lame  $\lambda/2$  dont l'axe fait un angle différent de  $0^0$  et  $90^0$  par rapport à la direction de l'axe du polariseur
- la lumière émise par le soleil
- la lumière émise par le soleil après réflexion

A retenir :

Comment fabrique-t-on une lumière polarisée rectilignement? Une lumière polarisée circulairement? une lumière polarisée elliptiquement?