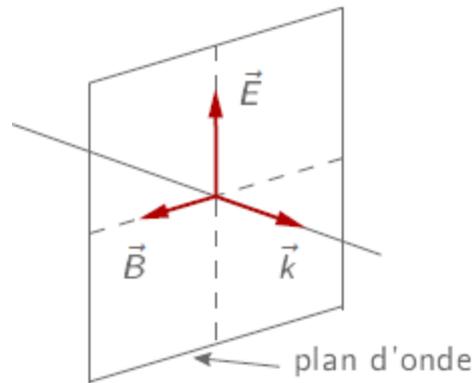


CH IV POLARISATION

I. transversalité des ondes :

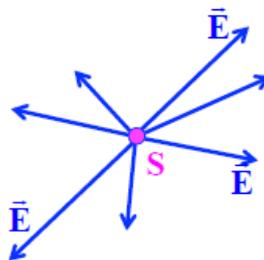
Une onde électromagnétique consiste en la propagation dans l'espace à la vitesse de la lumière d'un champ électrique \vec{E} et d'un champ magnétique \vec{B} , vibrant en phase. Les ondes électromagnétiques sont transversales : le vecteur du champ électrique \vec{E} et le vecteur du champ magnétique \vec{B} sont perpendiculaires l'un à l'autre et situés dans un plan normal à la direction de propagation.



Dans ce cas le vecteur \vec{E} est donné par la relation :

$$\vec{E} = E_0 \exp[i(\omega t - \varphi)] \vec{u} \quad \text{et } \vec{u} \text{ est le vecteur unitaire transversal.}$$

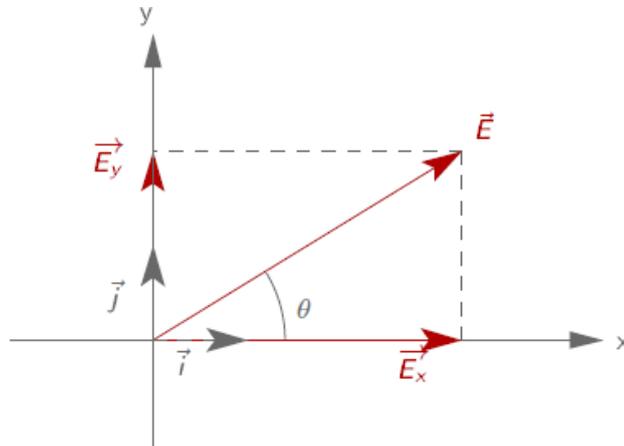
Une lumière est dite naturelle si dans le plan de vibration, le champ \vec{E} ne présente aucune direction privilégiée.



Une onde électromagnétique plane est dite **polarisée linéairement** si, lors de la propagation, les vecteurs champs électriques restent dans un même plan ; Le plan formé par le vecteur \vec{E} et la direction de propagation (vecteur \vec{k}) est appelé **plan de polarisation**. La direction du vecteur \vec{E} est la direction de polarisation de l'onde.

II. Structure d'une onde polarisée rectilignement :

Pour décrire le champ, on se place dans le plan xy et on décrit l'évolution du vecteur \vec{E} .



$$\begin{cases} E_x = E_{0x} \cos(\omega t - \varphi_1) \\ E_y = E_{0y} \cos(\omega t - \varphi_2) \end{cases}$$

Si, $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$, le champ E garde une direction fixe, la polarisation est rectiligne.

Si, $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi$, le champ garde encore une direction fixe, la polarisation est rectiligne.

Soit en général $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ on peut écrire :

$$\begin{cases} E_x = E_{0x} \cos(\omega t) \\ E_y = E_{0y} \cos(\omega t - \varphi) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{E_y}{E_{0y}} &= \cos(\omega t) \cos(\varphi) + \sin(\omega t) \sin(\varphi) \\ &= \frac{E_x}{E_{0x}} \cos(\varphi) + \sin(\omega t) \sin(\varphi) \end{aligned}$$

Donc

$$\sin(\omega t) \sin(\varphi) = \frac{E_y}{E_{0y}} - \frac{E_x}{E_{0x}} \cos(\varphi)$$

$$\text{et } \cos(\omega t) \sin(\varphi) = \frac{E_x}{E_{0x}} \sin(\varphi)$$

En éliminant le temps, on obtient l'équation :

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)\cos(\varphi) = \sin^2(\varphi)$$

C'est l'équation d'une ellipse : l'extrémité du champ décrit une ellipse.

Si $\varphi = \pm\pi/2$, et $E_{0x} = E_{0y} = E_0$ l'équation décrit un cercle :

$$\left(\frac{E_x}{E_0}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_0}\right)^2 = 1 \Rightarrow (E_x)^2 + (E_y)^2 = E_0^2$$

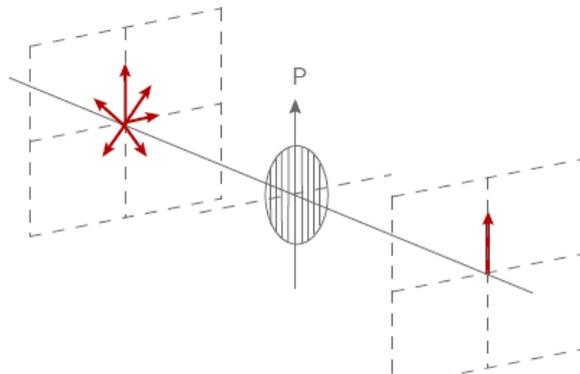
On parle alors de **polarisation circulaire**.

III. Réflexion et réfraction par les corps anisotropes transparents :

1. Polariseurs

Le polariseur est un système optique qui permet de transformer un faisceau de lumière naturelle en un faisceau de lumière polarisée rectilignement.

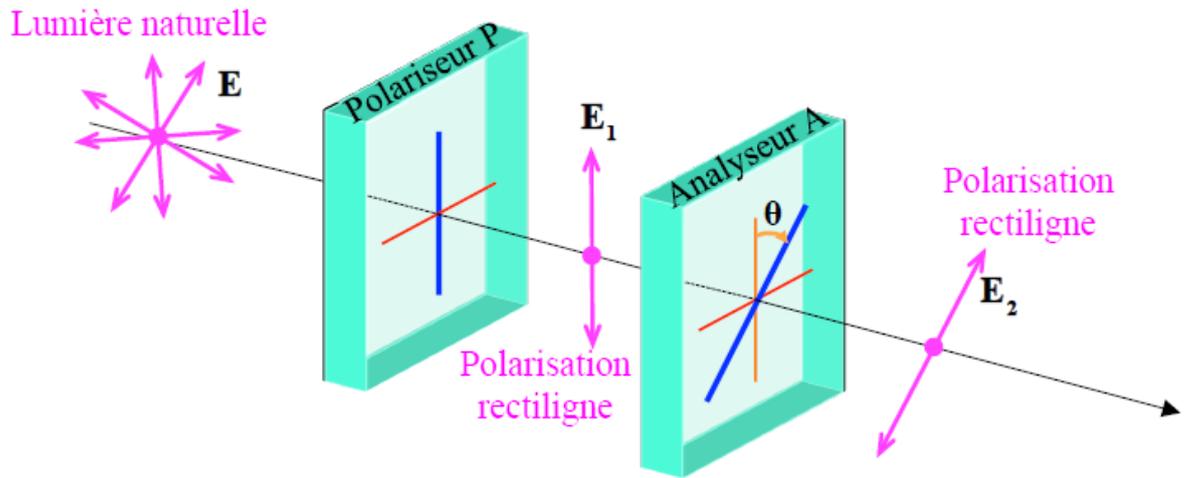
Généralement, les polariseurs sont des lames "polaroid" ne laissant passer, du champ incident, que la composante parallèle à une certaine direction de la lame "direction de polarisation". La composante du champ perpendiculaire à la direction de polarisation est totalement absorbée.



2. Analyseur

Dispositif capable de déterminer si une lumière est polarisée rectilignement ou non, et si c'est le cas, de déterminer sa direction de polarisation.

Un analyseur est tout simplement un polariseur dans lequel on fait traverser la lumière à analyser. Si, pour une orientation particulière de l'analyseur, on observe une extinction de lumière en sortie, c'est que la lumière incidente est polarisée rectilignement dans une direction perpendiculaire à l'axe de l'analyseur.



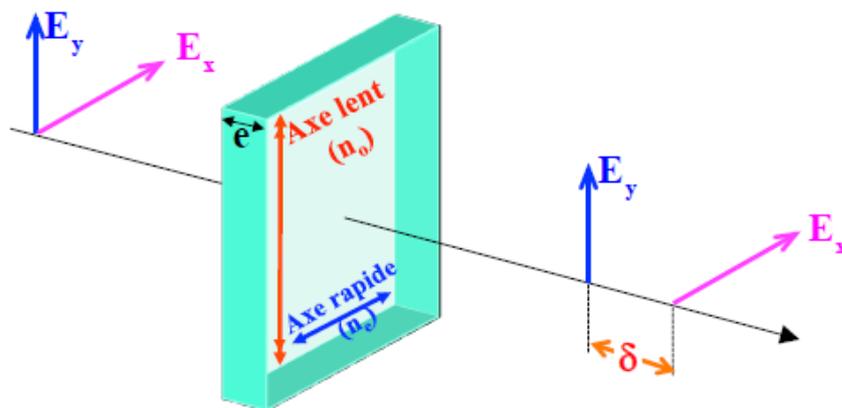
Si le champ ayant traversé P a pour amplitude E_1 , le champ traversant A est, à un facteur près, la projection de E_1 sur la direction de polarisation de A :

$$E_2 = E_1 \cos\theta$$

L'intensité lumineuse qui sort de A est : $I_2 = I_1 \cos^2\theta$ c'est la loi de Malus

3. Lames de phase

Ce sont des lames minces taillées dans un cristal ayant des propriétés optiques anisotropes, agissant sur l'état de polarisation d'une onde.



Pour une lumière polarisée rectilignement qui traverse la lame d'épaisseur e , la composante de la vibration incidente suivant l'axe lent subit un retard de phase par rapport à la composante suivant l'axe rapide.

Soit une onde incidente polarisée rectilignement. A la traversée de la lame :

$$\begin{cases} E_x = E_{0x} \cos(\omega t) \\ E_y = E_{0y} \cos(\omega t - \varphi) \end{cases} \quad \text{avec} \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_o} \delta$$

Ces deux ondes de même fréquence polarisées suivant les axes lent et rapide, subissent le déphasage :

$$\delta = (\mathbf{n}_e - \mathbf{n}_o)e$$

où n_o : indice ordinaire

n_e : indice extraordinaire

e : l'épaisseur de la lame.

$$|\delta| = \frac{\lambda_o}{2} \Rightarrow |\varphi| = \pi$$

- si la lame est dite *demi-d'onde* ou lame $\lambda/2$. Dans ce cas la polarisation est rectiligne.

$$|\delta| = \frac{\lambda_o}{4} \Rightarrow |\varphi| = \frac{\pi}{2}$$

- Si la lame est dite *quart-d'onde* ou lame $\lambda/4$. Dans ce cas la polarisation est circulaire.