

Optique Anisotrope



I) Polarisation.

On considère une onde plane $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$

On choisit la repère de telle sorte à ce que $\vec{k} = k \vec{e}_z$.

Alors $\vec{E}_0 = E_{0x} e^{i\varphi_x} \vec{e}_x + E_{0y} e^{i\varphi_y} \vec{e}_y$.

Le vecteur unitaire $\vec{u} = \frac{\vec{E}_0}{\|\vec{E}_0\|}$ est appelé **état de polarisation** de l'onde.

La polarisation réfère donc à la description de l'évolution de l'amplitude de l'onde au cours du temps, dans un plan orthogonal à la direction de propagation.

L'état de polarisation se définit à une phase près, on peut donc le récrire : $\vec{u} = A_x \vec{e}_x + A_y e^{i\Delta\varphi} \vec{e}_y$.

$\Delta\varphi = \Delta\varphi(t) \Rightarrow$ Soit τ son temps de variation typique :

$\rightarrow$ Si $\tau \gg T_{\text{détecteur}}$: l'onde est dite polarisée, on peut suivre l'évolution de $\vec{u}$.

$\rightarrow$ Si $\tau \ll T_{\text{détecteur}}$: la polarisation fluctue beaucoup plus vite que le temps de réponse du détecteur. $\Delta\varphi$ est aléatoire : pas de polarisation.

$\rightarrow$ Polarisation rectiligne, circulaire...

• Pour une source thermique la lumière vient de la désexcitation spontanée des atomes.

La polarisation de chaque train d'onde est aléatoire et diffère d'un atome à l'autre.

$\Rightarrow$ lumière de la source = superposition de trains d'ondes de polarisation aléatoire.

$\Rightarrow$ lumière non polarisée.

• Pour polariser une onde :

$\rightarrow$ Réflexion à l'angle de Brewster ($\approx 60^\circ$)

$\rightarrow$ Diffusion de la lumière sur les cotes.

$\rightarrow$ Polariseurs.

• Loi de Malus : on considère une lumière polarisée de manière rectiligne.

Alors, après le passage par un polariseur tournée de θ par rapport à la direction de polarisation de l'onde, on a :

$$I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta)$$

II Milieu anisotrope

Dans un milieu diélectrique homogène et isotrope, on a $\vec{P} = \epsilon_0 [\chi_r] \vec{E} \Rightarrow \vec{D} = \epsilon_0 (1 + [\chi_r]) \vec{E} = \epsilon_0 [\epsilon_r] \vec{E}$.

On appelle **axes principaux du milieu** les axes dont les directions sont définies par les vecteurs propres de $[\epsilon_r]$.

Si on les note (x, y, z) , on a alors :

$$[\epsilon_r] = \begin{pmatrix} \epsilon_{rx} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{ry} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{rz} \end{pmatrix}$$

→ Si $\epsilon_{rx} \neq \epsilon_{ry} \neq \epsilon_{rz} \neq \epsilon_{rx}$, alors le milieu est **biaxe**.

→ Si $\epsilon_{rx} = \epsilon_{ry} \neq \epsilon_{rz}$, on dit que le milieu est **uniaxe**.

Dans le cas d'un milieu **uniaxe**, on a deux indices optiques associés aux différents axes :

→ un indice dit **ordinaire** : $n_o = n_x = n_y = \sqrt{\epsilon_{rx}}$

→ un indice dit **extraordinaire** : $n_e = \sqrt{\epsilon_{rz}} \Rightarrow$ on appelle **axe optique** l'axe principal qui correspond à l'indice **EXTRA** ordinaire.

• Dans un milieu diélectrique, non magnétique, les équations de Maxwell sont :

$$\left. \begin{array}{l} \text{div } \vec{D} = 0 \quad \text{et} \quad \text{div } \vec{B} = 0 \\ \text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{rot } \vec{B} = \mu_0 \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{milieu homogène}} \Delta \vec{E} - \frac{[\epsilon_r]}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

Ainsi, si on se place dans la base des axes principaux, on voit que la vitesse de phase pour la composante E_i est $\frac{c}{n_i}$.

• D'après l'équation de Maxwell-Ampère : $(\vec{E}, \vec{D}, \vec{B})$ forment un trièdre direct.

• Le vecteur de Poynting est $\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$ donc $(\vec{\Pi}, \vec{E}, \vec{B})$ forment un trièdre direct.

Mais comme $\vec{E}$ et $\vec{D}$ ne sont pas colinéaires, $\vec{E}$ et $\vec{\Pi}$ ne sont pas nécessairement colinéaires.

D'après la relation $\vec{D} = \epsilon_0 [\epsilon_r] \vec{E}$, $\vec{D}$ et $\vec{E}$ ne sont colinéaires que si $\vec{E}$ est un vecteur propre de $[\epsilon_r]$, c'est à dire que si $\vec{E}$ est polarisé selon l'un des axes principaux.

Exemples de matériaux uniaxes : cristaux de quartz et de calcite.