

Optique physique: la lumière polarisée

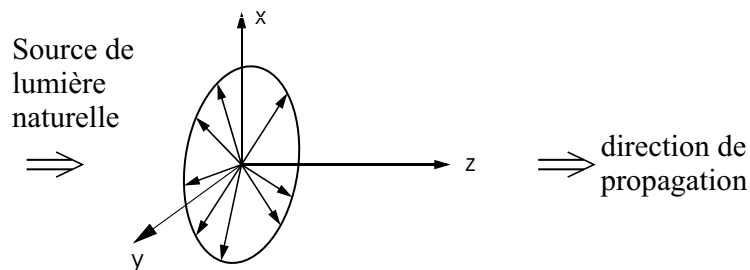
• Onde polarisée linéairement

Une onde EM est dite **polarisée linéairement** si, lors de la propagation de l'onde, le vecteur \vec{E} (et \vec{B}) reste parallèle à une direction donnée:

$$\begin{cases} E_x(z, t) = E_0 \cos \theta \sin[kz - \omega t + \phi(t)] \\ E_y(z, t) = E_0 \sin \theta \sin[kz - \omega t + \phi(t)] \end{cases}$$

Onde sinusoidale, se propageant selon z , polarisée linéairement, dont le vecteur \vec{E} forme un angle θ par rapport à l'axe x [$\vec{E} = (E_x, E_y, 0)$].

La **lumière naturelle** n'est pas polarisée:

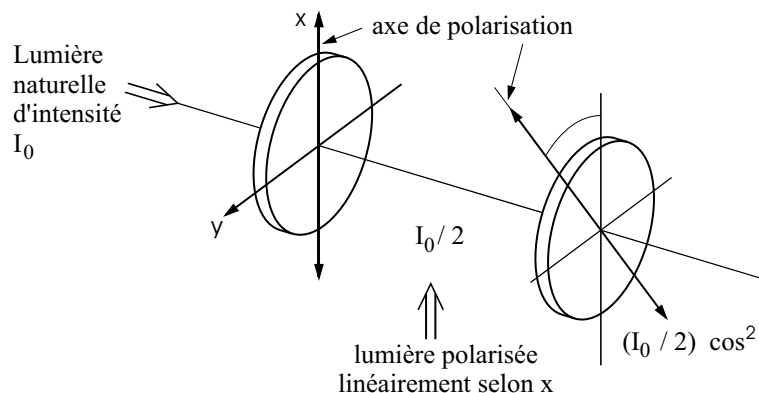


$$\begin{cases} E_x(z, t) = E_0 \sin[kz - \omega t + \phi_x(t)] \\ E_y(z, t) = E_0 \sin[kz - \omega t + \phi_y(t)] \end{cases}$$

$\phi_x(t)$ et $\phi_y(t)$ fluctuent indépendamment.

• Loi de Malus et polariseur

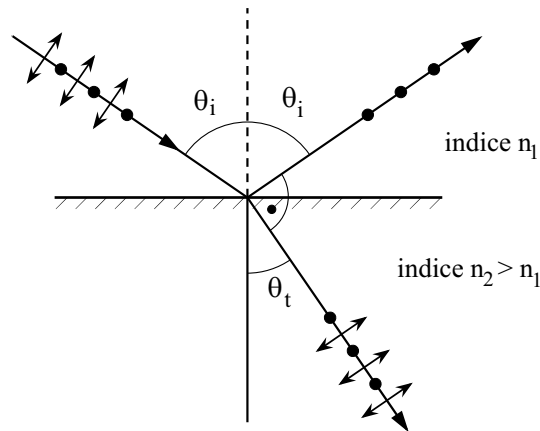
Un **polariseur** est formé d'un matériau qui ne laisse passer que la composante du champ électrique selon une direction donnée, notée axe de polarisation:



L'intensité lumineuse après le second polariseur est donnée par la **loi de Malus**:

$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta$$

- Polarisation par réflexion



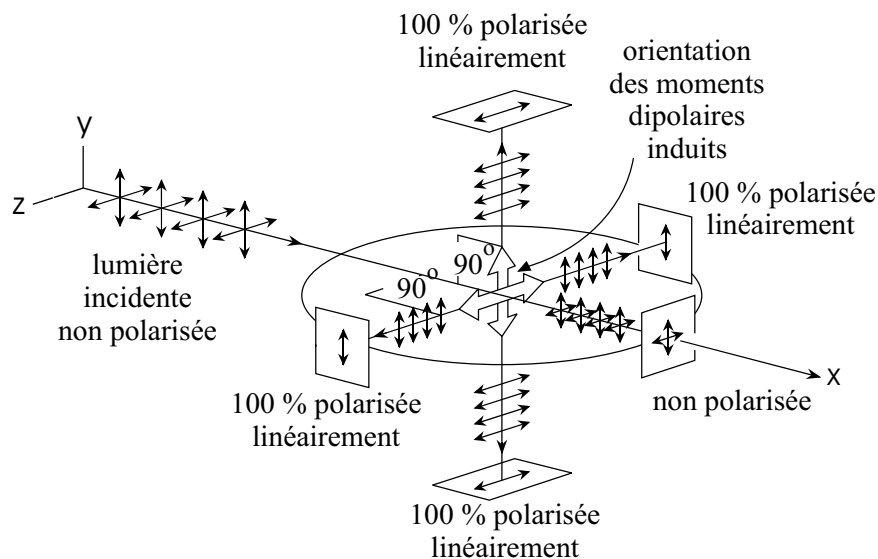
L'angle de **Brewster** θ_i est tel que:

$$\theta_i + \theta_t = \frac{\pi}{2} \quad \Rightarrow \quad \tan \theta_i = \frac{n_2}{n_1}$$

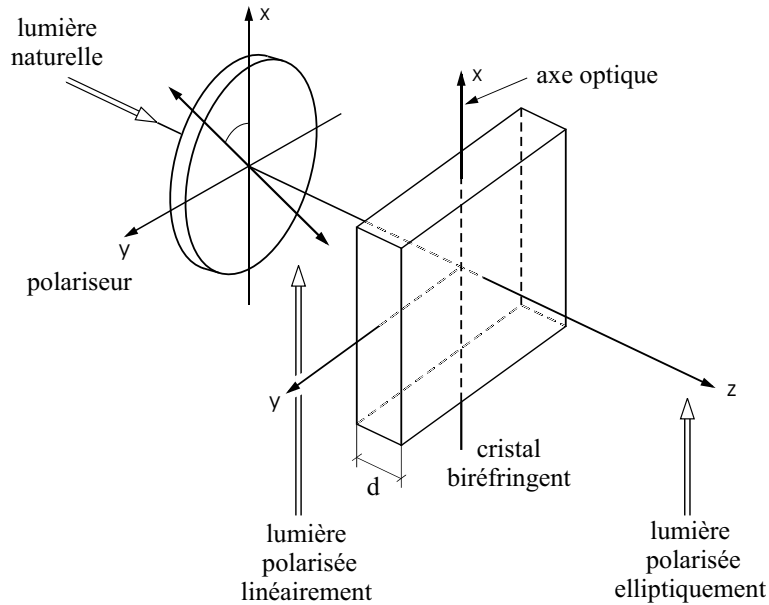
Lorsque une onde lumineuse (non polarisée) est **incidente** avec un angle θ_i égal à l'**angle de Brewster** sur la surface de séparation de deux milieux d'indice n_1 et n_2 ($n_2 > n_1$), seule la composante du champ électrique parallèle à la surface de séparation est réfléchiée. L'onde réfléchiée est **linéairement polarisée**.

- Polarisation par diffusion

Une onde lumineuse, par exemple émise par le soleil, incidente sur les molécules de l'atmosphère induit des dipôles électriques. L'onde EM alors réémise par les dipôles (onde diffusée) est totalement ou partiellement polarisée:



- **Cristal biréfringent uniaxe**



Dans un **cristal biréfringent uniaxe**, la célérité de l'onde dont le champ \vec{E} est orienté selon l'axe optique ($\vec{E} \parallel \hat{x}$) est différente de la célérité de l'onde dont le champ \vec{E} est perpendiculaire à l'axe optique ($\vec{E} \parallel \hat{y}$).

Si les composantes E_x et E_y de l'onde sont en phase avant le passage à travers le cristal biréfringent, elles sont alors **déphasées** de $\Delta\phi$ à la sortie du cristal:

$$\Delta\phi = \frac{\omega}{c}(n_1 - n_2)d = 2\pi(n_1 - n_2)\frac{d}{\lambda}$$

où n_1 est l'indice de réfraction pour $\vec{E} \parallel$ axe optique, n_2 l'indice de réfraction pour $\vec{E} \perp$ axe optique, et d l'épaisseur du cristal.

- **Lame 1/2 onde et 1/4 onde**

- Une **lame demi-onde** est un cristal biréfringent tel que $\Delta\phi = \pi$. Elle transforme une onde polarisée avec \vec{E} formant un angle θ par rapport à x , en une autre onde polarisée avec \vec{E} formant un angle $-\theta$ par rapport à x .
- Une **lame quart d'onde** est un cristal biréfringent tel que $\Delta\phi = \pi/2$. Une onde polarisée linéairement et formant un angle $\theta = 45^\circ$ par rapport à l'axe optique du cristal biréfringent est transformée en une onde polarisée **circulairement** après passage de la lame 1/4 onde (l'extrémité du vecteur \vec{E} décrit en fonction du temps un cercle dans le plan (x, y) pour une valeur de z donnée):

$$\begin{cases} E_x(z, t) &= E_0 \sin[kz - \omega t + \phi(t)] \\ E_y(z, t) &= \pm E_0 \cos[kz - \omega t + \phi(t)] \end{cases}$$

Le signe $+$ ou $-$ détermine le sens de rotation.

- Un **milieu optiquement actif** est un milieu qui fait tourner la direction de polarisation d'une onde linéairement polarisée.

