

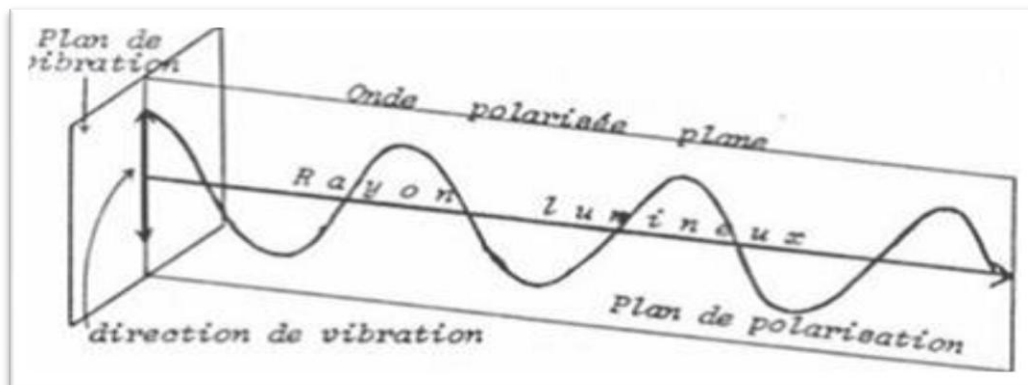
Polarimétrie (Chapitre IV)

1-Définition.de la Lumière polarisée

La lumière polarisée a été découverte par Malus en 1809. C'est une lumière dont la direction de vibration est bien définie. •Lorsque la vibration a lieu toujours dans la même direction tout le long du rayon lumineux et qu'on peut placer toutes ces vibrations dans un plan normal au plan de vibration, nous obtenons une lumière polarisée plane. , Ce nouveau plan est dit plan de polarisation.

Cette lumière polarisée s'obtient à l'aide d'un polariseur ou encore polaroïd, composé d'un polymère filtrant les composantes du champ électrique selon la direction perpendiculaire aux "lignes de polymères".

Ce sont deux lames polaroïds placées devant une source de lumière laisseront passer la lumière si elles sont parallèles, et la bloqueront lorsqu'elles seront perpendiculaires.



2-Principe de la polarimétrie

Le polarimètre est un dispositif optique permettant de mettre en évidence le phénomène du pouvoir rotatoire dû à l'activité optique d'une substance. Il comprend :

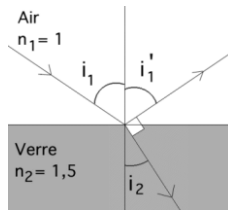
- Une source lumineuse le plus souvent une lampe à vapeur de sodium
- Un polariseur
- Un analyseur

3-L'obtention de la lumière polarisée:

a)-Polarisation par réflexion:

A partir de la lumière naturelle, on peut obtenir une lumière polarisée rectilignement par réflexion sur un milieu transparent isotrope (eau, verre) à condition que cette lumière arrive sous une incidence convenable dite **incidence brewstérienne** et caractérisée par:

$$\text{tg } i = n$$



Puisque $\Rightarrow \sin i = n \sin r$

Il en résulte que $\cos i = \sin r$ et i et r sont complémentaires

Le rayon réfléchi et le rayon réfracté sont perpendiculaires. par réflexion, la lumière est polarisée dans le plan d'incidence donc le plan de polarisation est le plan d'incidence.

b)-Polarisation par simple réflexion :

Dans ce cas, la polarisation de la lumière n'est pas complète.

c)-Polarisation par double réfraction :

On utilise soit des prismes biréfringents soit des lames polaroïds. Pour le prisme biréfringent le plus employé est le prisme de Nicol. Dans tous les cas, on obtient deux rayons réfractés :

-Dans les cristaux dits uniaxes :

-L'un des rayons réfractés suit les lois de DESCARTES $\rightarrow$ C'est le rayon **ordinaire** (est réfléchi totalement ou il est absorbé).

-L'autre ne suit pas ces lois $\rightarrow$ C'est le rayon **extraordinaire** (ressort du prisme parallèlement à la direction du rayon incident).

-Dans les cristaux dits biaxes :

-Les deux rayons sont **extraordinaires**

4-Analyse d'une lumière polarisée :

Loi de MALUS :

L'analyse de la lumière s'effectue à l'aide de deux prismes de NICOL, le premier constituant le **Polariseur** et le second **L'analyseur**. Si I_0 est l'intensité de la lumière polarisée provenant du polariseur et I_e l'intensité émergente de l'analyseur α l'angle que font entre eux, les plans de polarisation du polariseur et de l'analyseur on a :

$$I_e = I_0 \cos^2 \alpha \text{ (Loi de MALUS)}$$

Si $\alpha = \pi/2 \rightarrow I_e = 0$ On dit que les deux nicols sont croisés.

5- Polarisation rotatoire :

a)- Pouvoir rotatoire : le pouvoir rotatoire ou l'activité optique est mesurée par l'angle dont a dévié le plan de polarisation de la lumière après traversée de la substance. il est du aussi à la présence d'atomes asymétriques dans la molécule.

On peut donc écrire la loi de Biot sous la forme :

$$\alpha = [\alpha]_T \cdot L \cdot c$$

Où :

α : angle de rotation observé en degrés. Ou pouvoir rotatoire

l : longueur de la cuve en dm.

c : concentration de la solution en g / ml.

$[\alpha]_T$: pouvoir rotatoire spécifique défini à une température T et mesuré pour une longueur d'onde donnée, exprimée en $\text{g}^{-1} \cdot \text{mL} \cdot \text{dm}^{-1}$.

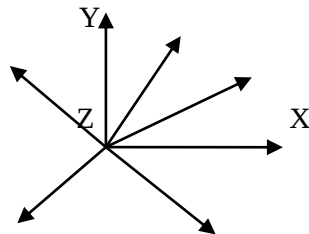
Pour une polarisation rotatoire d'un mélange de plusieurs corps de concentrations dans une solution d'épaisseur L est égale à la somme des polarisations rotatoires

$$\alpha = L [\alpha_1 C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3 + \dots + \alpha_n C_n]$$

6 Les différents états de polarisation de la lumière

L'état de polarisation d'une onde électromagnétique est défini à partir du champ électrique $\vec{E}$ associé à cette onde. Si on représente $\vec{E}$ dans le plan d'onde (plan transversal, perpendiculaire à) par des flèches à des instants successifs, plusieurs cas peuvent se présenter:

Cas 1: $\vec{E}$ n'a pas de direction privilégiée. L'onde est dite non polarisée, on parle également de lumière naturelle. L'extrémité de E se déplace de manière aléatoire dans le plan transversal. Ce cas correspond par exemple à la lumière émise par le soleil et arrivant au sommet de l'atmosphère.



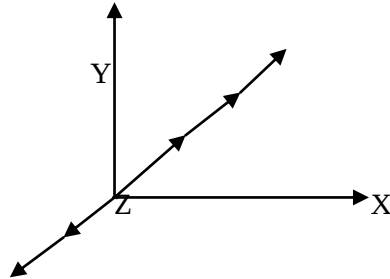
Cas 2: $\vec{E}$ reste le long d'une direction unique. On parle de vibration rectiligne ou polarisation rectiligne. La lumière est complètement polarisée. Soient, dans le cas d'une onde se propageant selon Oz, les composantes et du vecteur dans le plan xOy

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

$$E_y = E_{0y} \cos (\omega t - kx - \zeta_x)$$

Dans le cas d'une polarisation rectiligne, on a $j_x = j_y$. Les deux composantes E_x et E_y vibrent en phase (elles s'annulent et passent par leurs extrema en même temps). Le rapport E_y/E_x est indépendant du temps. On appelle direction de polarisation l'angle α que fait E avec l'axe O_x , défini par: $\tan \alpha = \frac{E_y}{E_x}$

$$= \frac{E_{0y}}{E_{0x}}$$



Cas 3: E décrit une ellipse. On parle de polarisation elliptique. Dans ce cas, la différence $\zeta_x - \zeta_y = \Phi$ n'est pas nulle et la polarisation de l'ellipse dans le plan xOy dépend de Φ . Si $\Phi = \pi/2$, cette ellipse admet O_x et O_y pour axes de symétrie, elle s'inscrit dans un rectangle de dimension $2E_{0x}$ et $2E_{0y}$. Si

$E_{0x} = E_{0y}$ l'ellipse devient un cercle et on a alors une polarisation circulaire.

7-Dichroïsme circulaire:

Certains cristaux anisotropes absorbent les rayons ordinaires et extraordinaires dans des proportions très différentes.

Un rayon lumineux se propageant à travers une épaisseur assez grande d'un tel cristal devient progressivement polarisé puisqu'un des rayons finit par être complètement absorbé.

L'onde incidente pénétrant dans la substance est séparée en un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. Après avoir traversé une certaine épaisseur de substance, L'un des rayons est entièrement absorbé; la lumière émergente est alors polarisée.

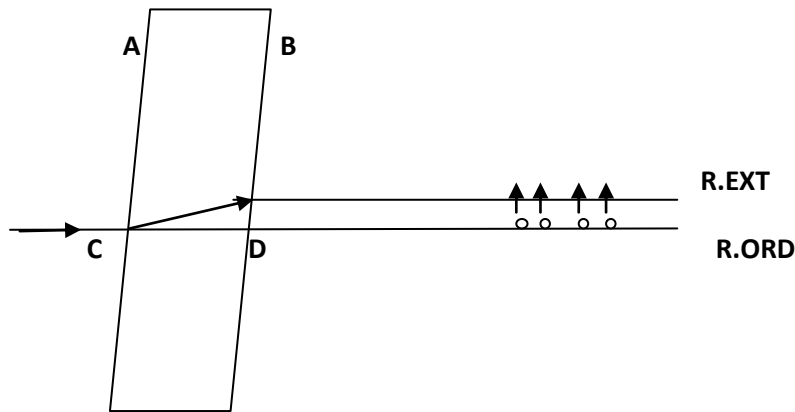
Ce phénomène est appelé **dichroïsme**.

L'absorption dépend également de la fréquence de la lumière, c'est pourquoi un cristal dichroïque éclairé par une lumière blanche apparaît différemment coloré selon la direction d'observation.

Le dichroïsme est le moyen le plus simple et le meilleur marché pour produire la lumière polarisée.

8-Passage de la lumière polarisée à travers les lames minces biréfringentes :

a-Lignes neutres de la lame:



Les lignes neutres sont les seules directions suivant lesquelles une vibration rectiligne puisse traverser une lame biréfringente sans modification, c'est à dire en restant polarisée rectilignement. On sait aussi que l'interposition d'une lame d'épaisseur e et d'indice n sur le trajet d'un rayon lumineux entraîne l'apparition d'une différence de marche: $\rightarrow \Delta = (n-1).e$

Et une différence de phase $\rightarrow \psi = \frac{2\pi}{\lambda} (n-1).e$

$$\psi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - 1).e$$

$$\psi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - 1).e$$

n_o et n_e étant les indices ordinaire et extraordinaire et la différence de phase sera, à la sortie :

$$\psi = \psi_2 - \psi_1 = \psi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e).e = \frac{2\pi\delta}{\lambda}$$

Si $\psi = k.\lambda + \frac{\lambda}{2}$ la lame est dite **demi-onde**

Si $\psi = k.\lambda$ la lame est dite **onde**

9-Appareillage:

- Polarimètre à extinction.
- Polarimètre de LAURENT.
- Polarimètre photoélectrique.

