



# LA POLARISATION DE LA LUMIÈRE

# 1. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

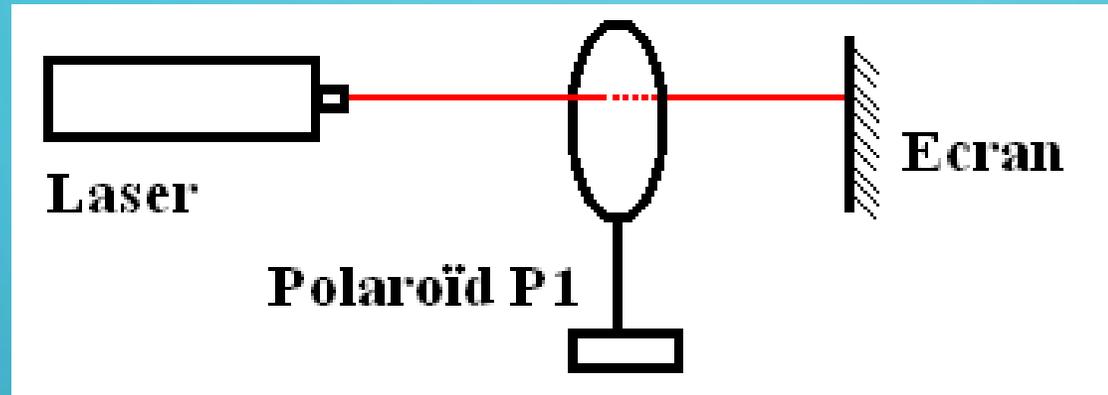
## 1.1 EXPÉRIENCE AVEC UN POLAROÏD

Film : le côté obscur de la lumière



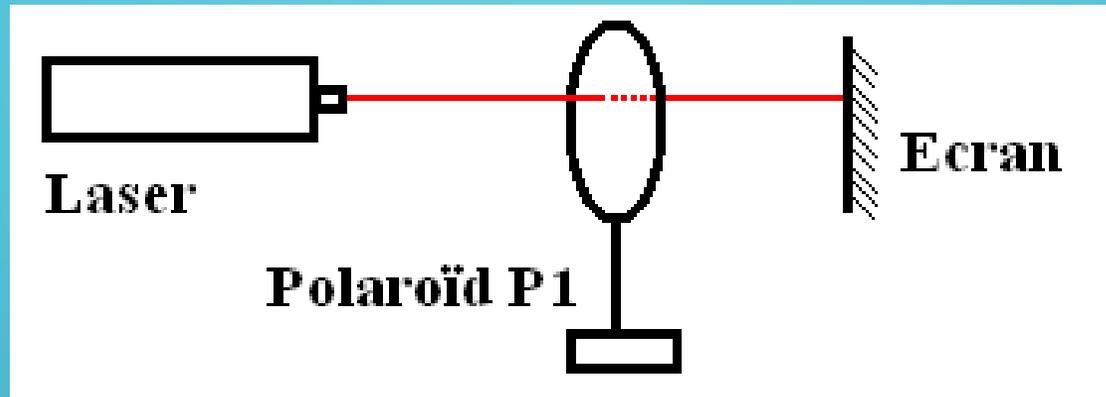
- Polaroid : lame transparente de plastique enrobant de longues molécules de polymères parallèles les unes aux autres et conductrices.
- La lame polaroid a une direction de polarisation.
- On peut la faire tourner d'un angle  $\alpha$ .

# SCHÉMA DE MONTAGE :



- Observations :
- Conclusion :

# SCHÉMA DE MONTAGE :



## Observations :

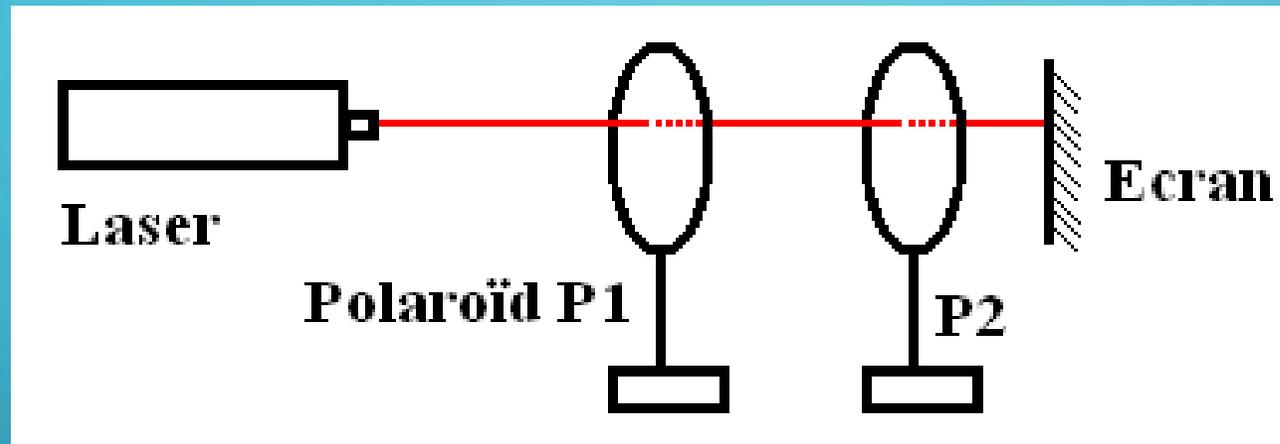
- La tache observée sur l'écran est moins lumineuse que s'il n'y avait pas P1.
- Quelque soit  $\alpha$ , la tache est identique.

## Conclusion :

- La lame polaroïd absorbe une partie de la lumière.

## 1.2 EXPÉRIENCE AVEC DEUX POLAROÏDS

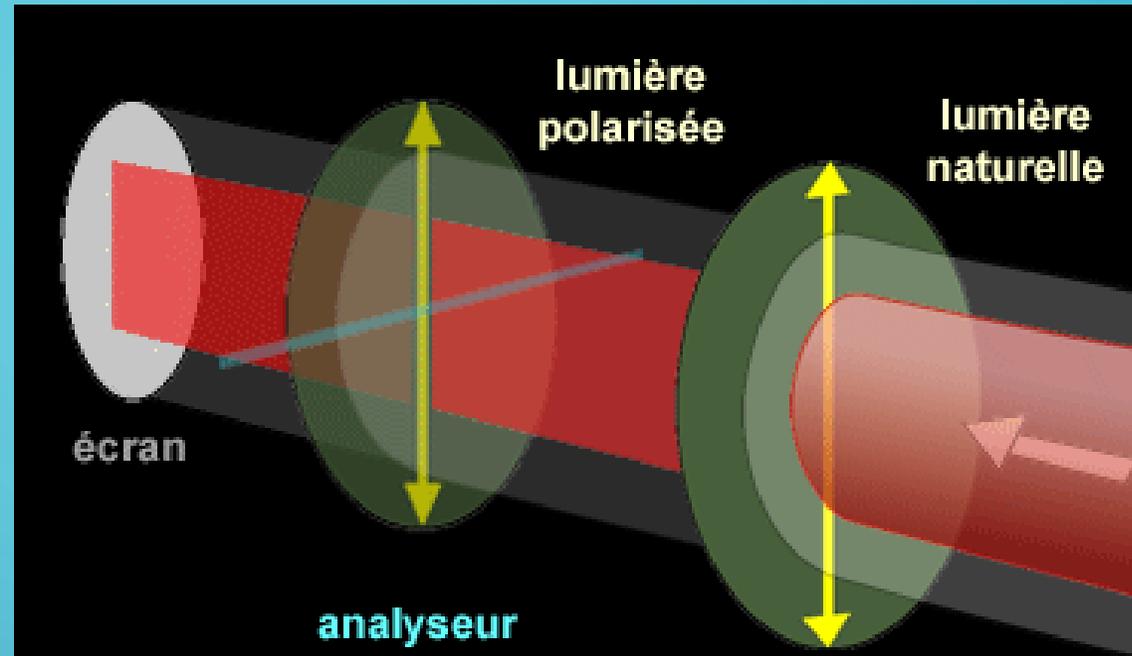
Schéma expérimental :



On fait varier la direction de polarisation de P2.

- Observations :

## OBSERVATIONS :

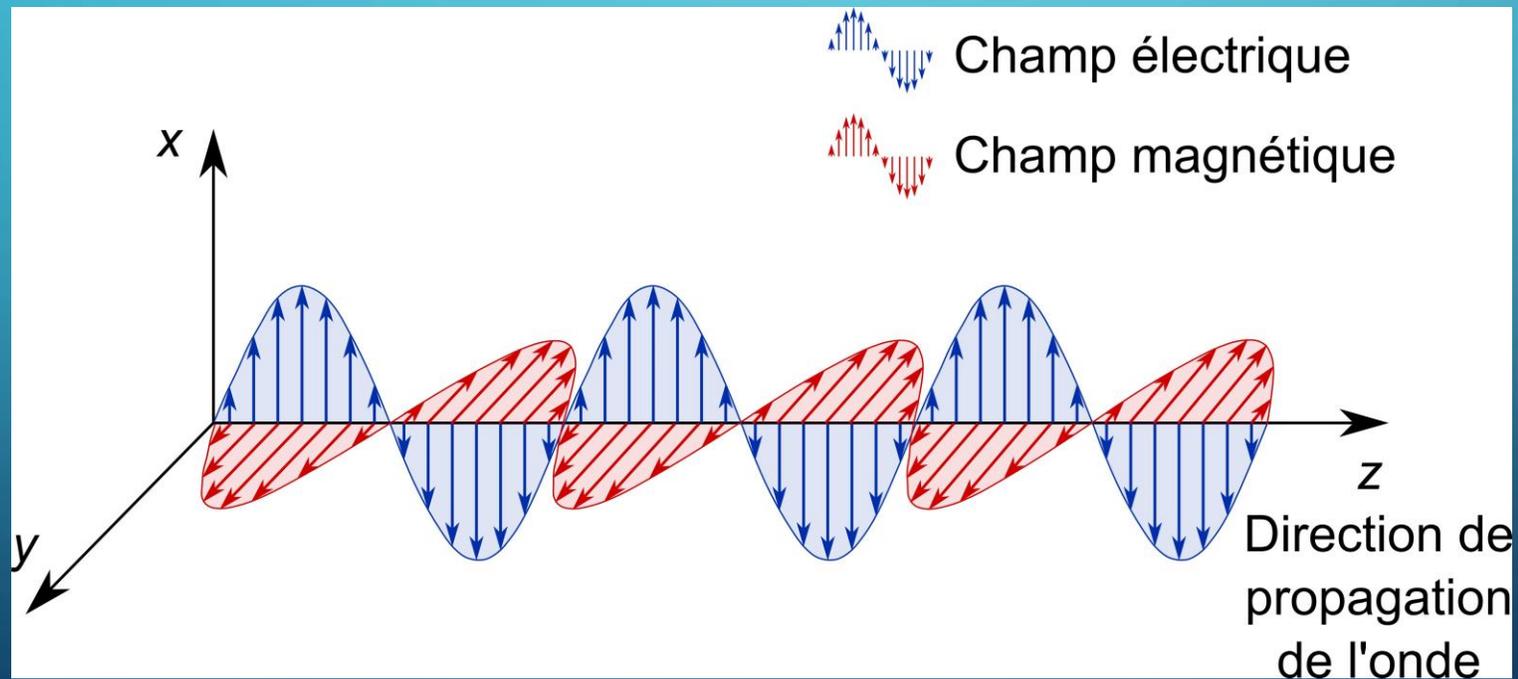


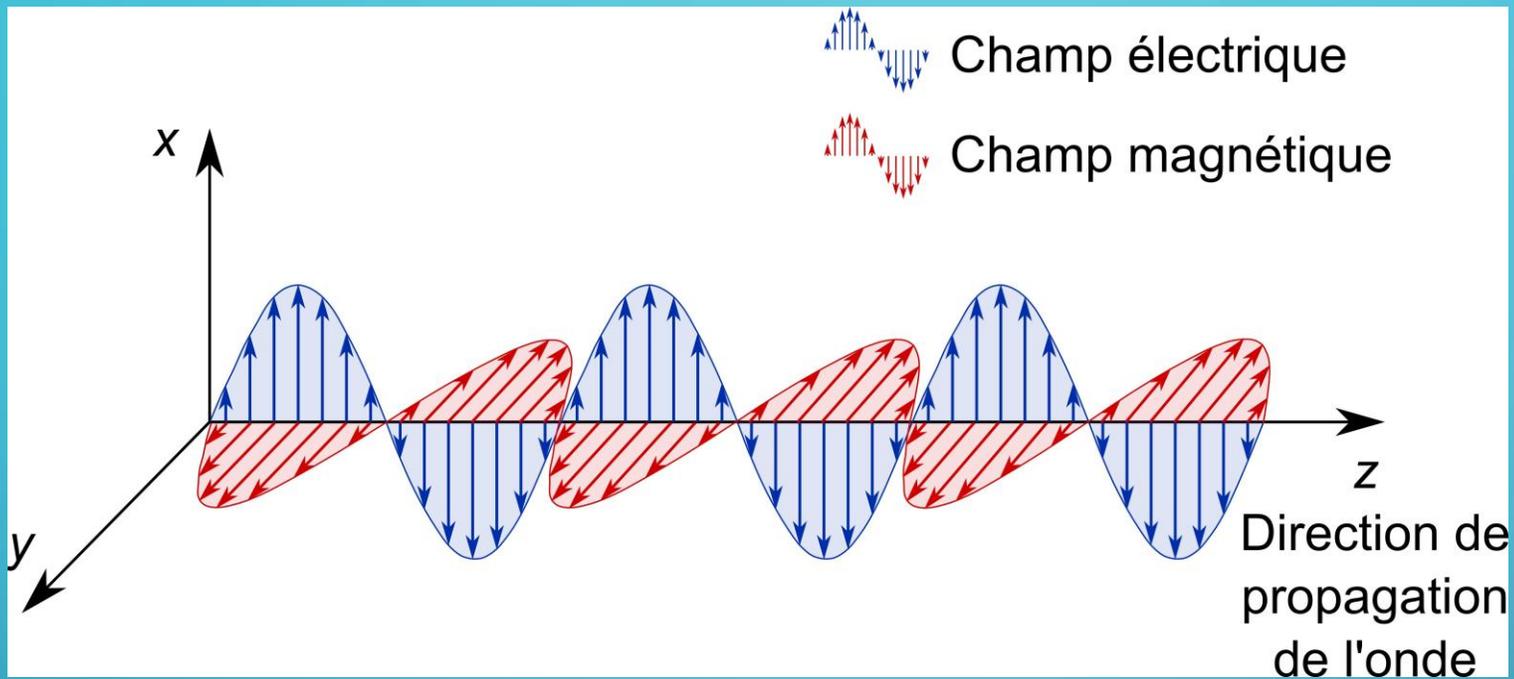
- La luminosité de la tache sur l'écran varie.
- Si les deux directions de polarisations sont parallèles, elle est maximale.
- Si les deux directions sont perpendiculaires (« croisées ») elle est nulle : il y a extinction.

## 2. INTERPRÉTATION DE L'EXPÉRIENCE

### 2.1 NATURE VIBRATOIRE DE LA LUMIÈRE

- La lumière est une onde électromagnétique : c'est la propagation d'un champ magnétique et d'un champ électrique en ligne droite à partir d'une source .





Les champs  $\vec{B}$  et  $\vec{E}$  sont toujours perpendiculaires entre eux.

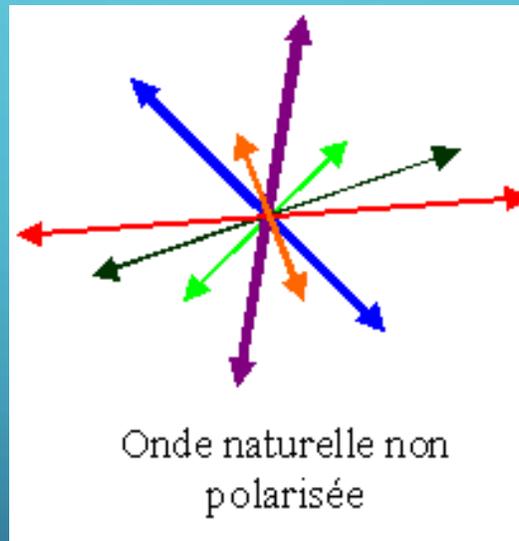
Il s'agit d'une onde transversale :  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  vibrent dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation.

Notre rétine est sensible à l'intensité lumineuse,  $I$ .

L'intensité lumineuse est proportionnelle à  $E^2$  :  $I = k E^2$ .

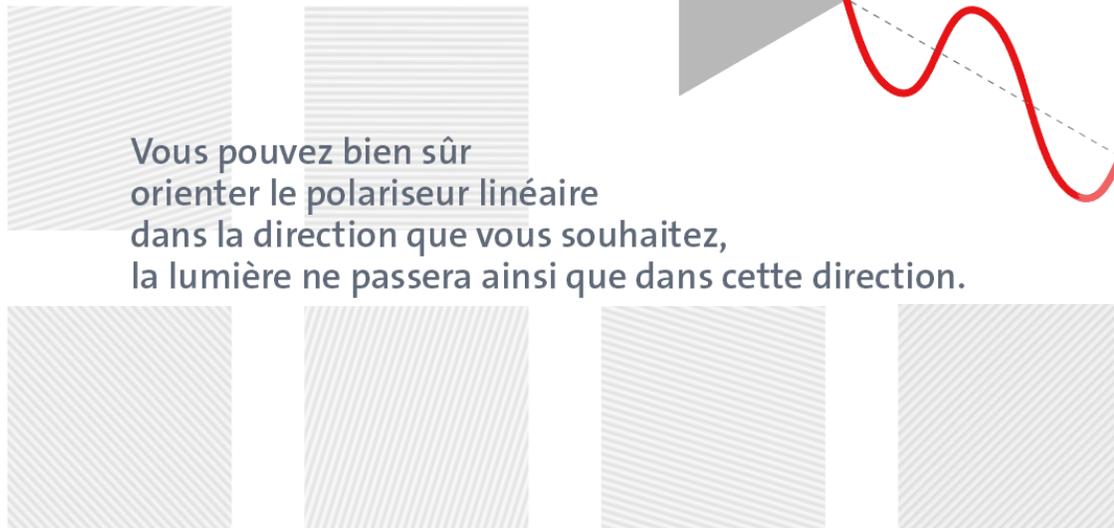
La lumière naturelle n'est pas polarisée : les multiples atomes ou ions émetteurs émettent des trains d'ondes indépendamment.

On a donc en tout point des vecteurs  $\vec{E}$  dans toutes les directions.

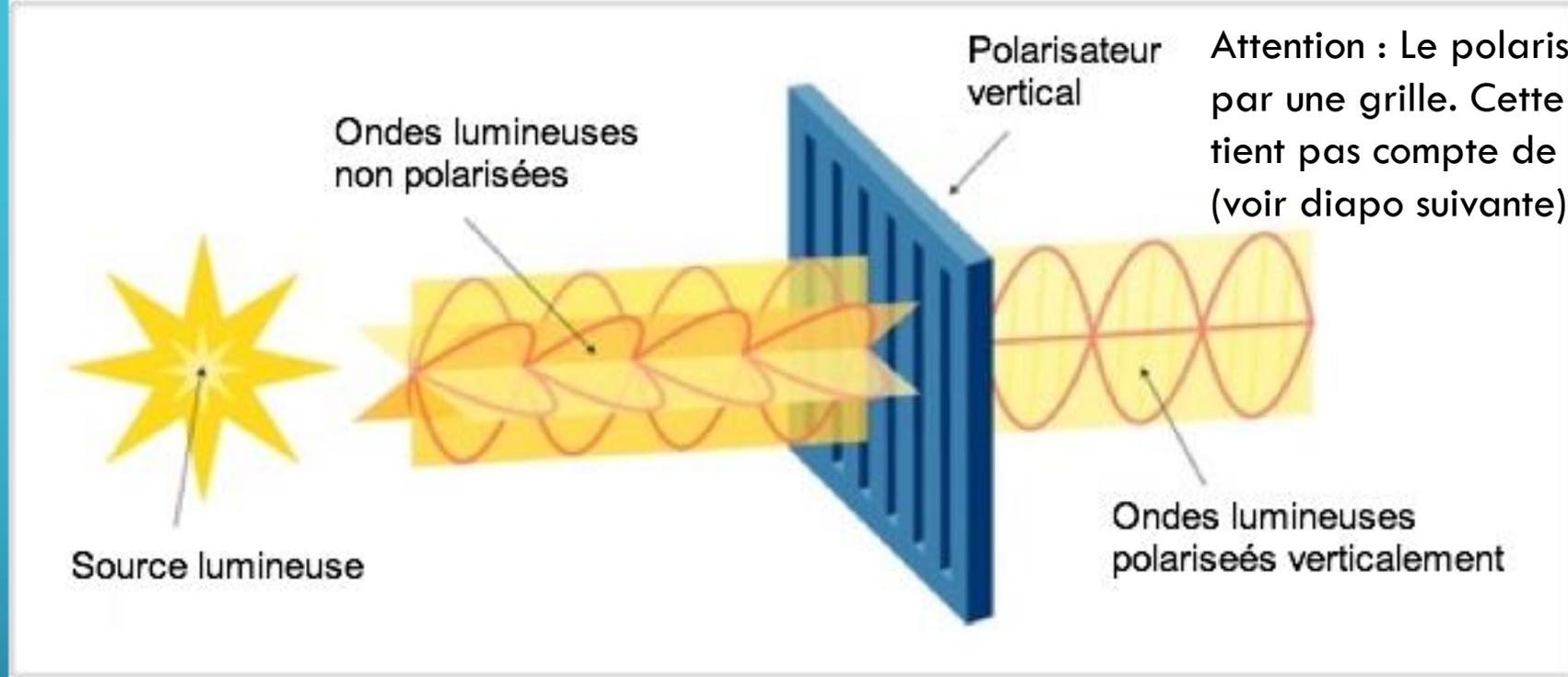


## 2.2 LA LUMIÈRE POLARISÉE

Avec un polariseur vertical, une partie de la lumière est stoppée. Seule la composante lumineuse parallèle à l'axe optique du polariseur pourra passer.



## 2.2 LA LUMIÈRE POLARISÉE

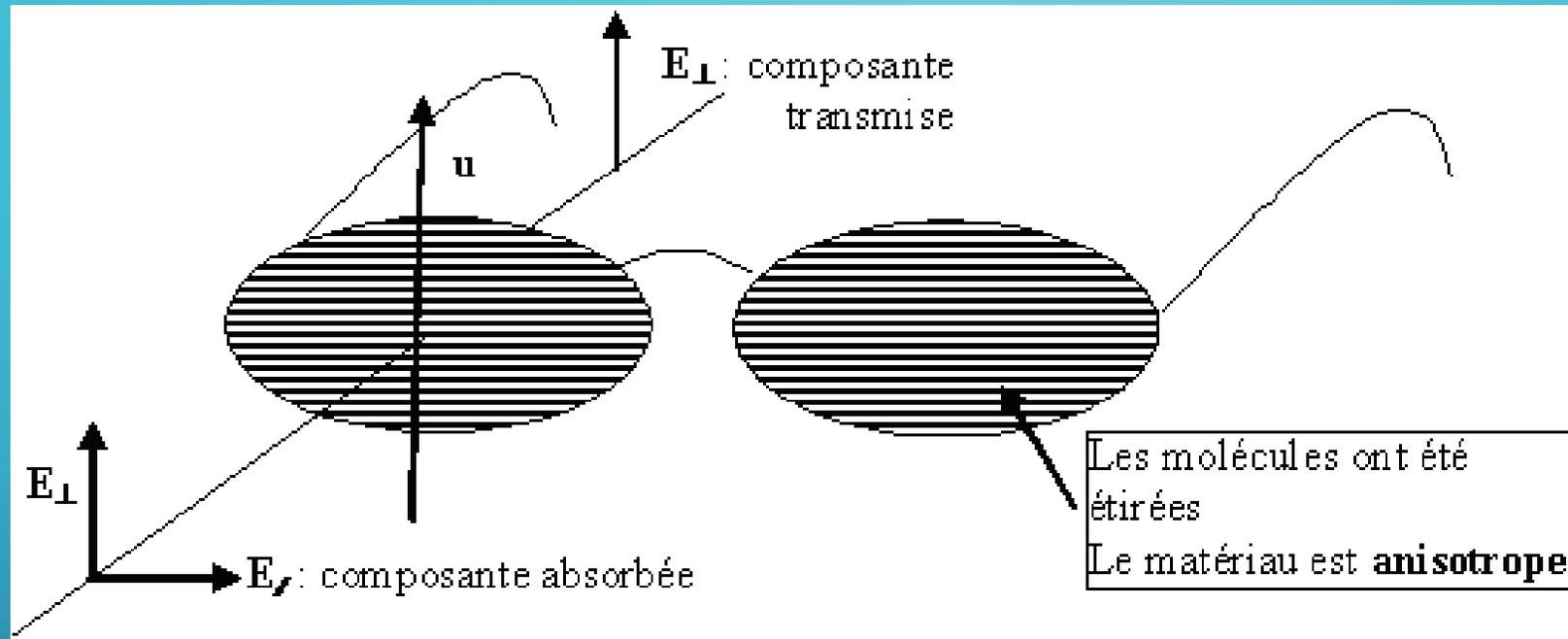


Attention : Le polariseur a été modélisé par une grille. Cette représentation ne tient pas compte de sa structure réelle (voir diapo suivante).

Après le passage à travers le polariseur, la vibration de  $\vec{E}$  ne se fait plus que dans un plan : le plan de polarisation.

On a une lumière polarisée.

# REMARQUE AU SUJET DU POLAROÏD

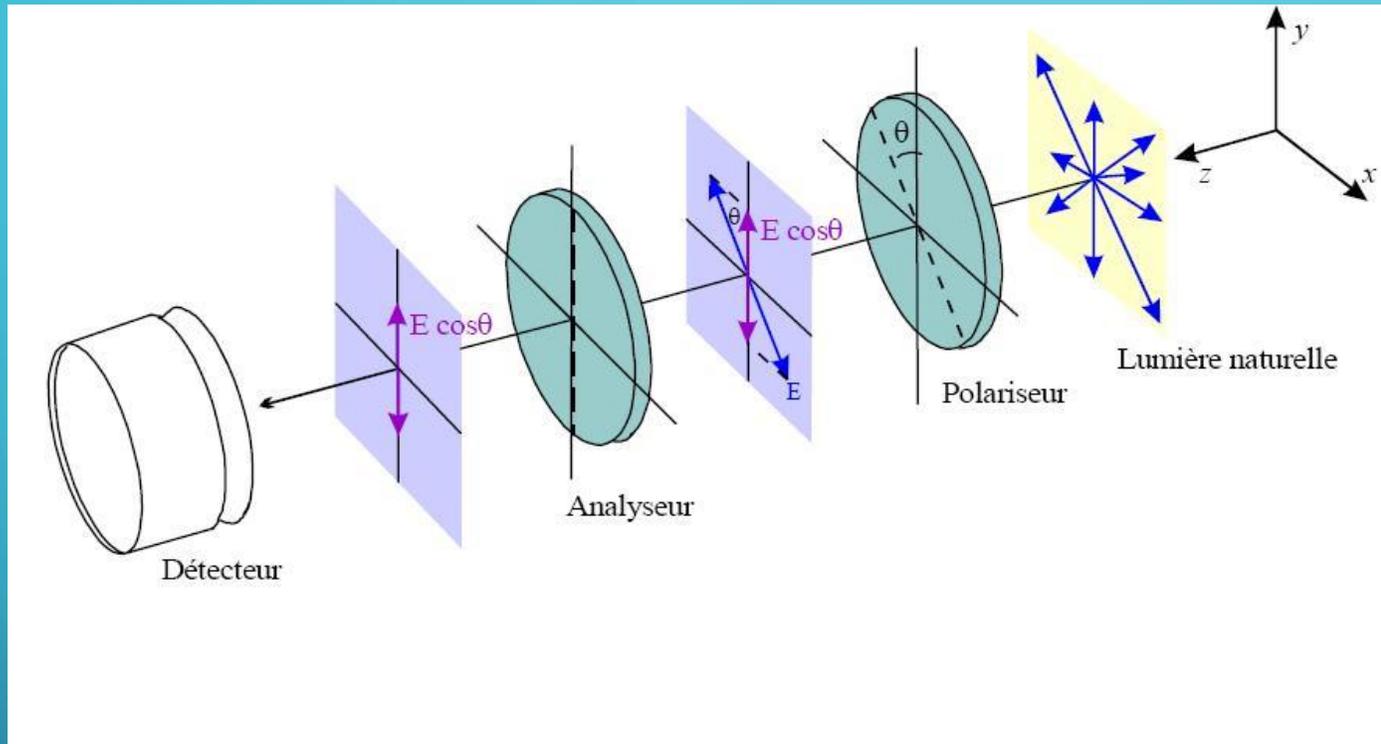


Lorsque une onde tombe sur ce réseau, avec ses vibrations parallèles aux conducteurs, ceux-ci absorberont les vibrations sous forme de courants induits ; par contre, si les vibrations sont perpendiculaires aux conducteurs, elles passeront presque sans perte.

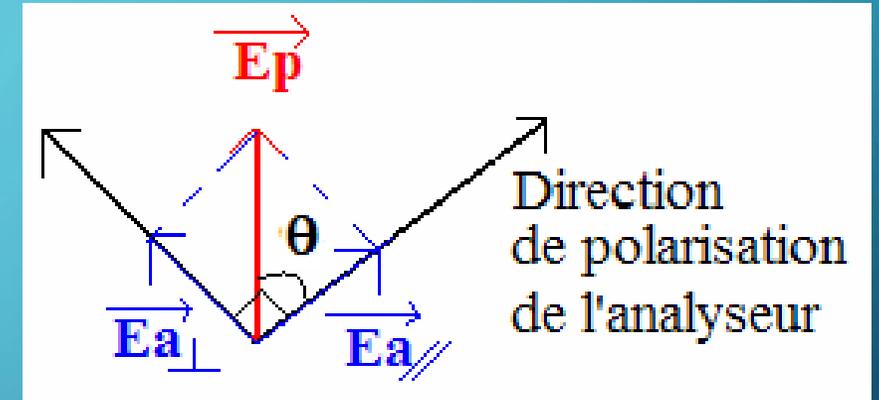
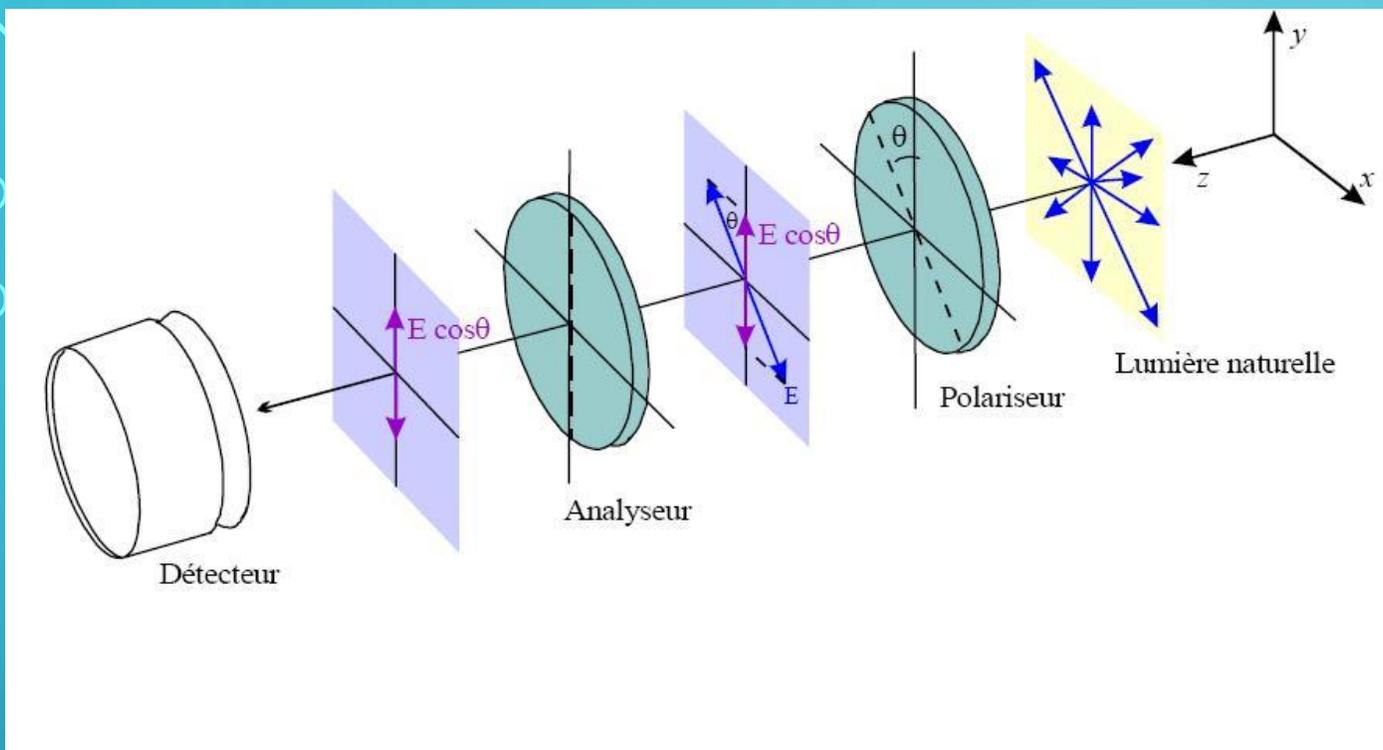
## 2.3 LA LUMIÈRE POLARISÉE AUTOUR DE NOUS

Il existe beaucoup de milieux qui polarisent la lumière par transmission ou réflexion : le verre, l'eau, la double réfraction dans certains cristaux...

### 3. INTERPRÉTATION DE L'EXPÉRIENCE



- Le premier polaroid est appelé polariseur (P1).
- Le second est l'analyseur (P2).
- Le polariseur polarise la lumière, elle vibre dans une direction précise (en bleu sur le schéma) modélisée par le vecteur  $\vec{E}_P$ .



- Seule la composante parallèle à la direction de propagation de l'analyseur de  $\vec{E}_P$  peut passer à travers l'analyseur.
- Elle correspond à la projection du vecteur  $\vec{E}_P$  sur la direction de polarisation de l'analyseur (notée  $\vec{E}_{a//}$  sur le schéma de droite).
- On note  $\theta$  l'angle formé par les deux directions de polarisations. (En noir sur le schéma).

## 4. LOI DE MALUS

D'après l'interprétation précédente on a  $E_{A//} = E_p \cos \theta$ .

Soit  $I_0$  l'intensité lumineuse qui arrive sur l'analyseur et  $I$  celle qui en sort.

On a donc  $I_0 = k E_p^2$ .

Et  $I = k E_{A//}^2 = k (E_p \cos \theta)^2 = k E_p^2 \cos^2 \theta$

Soit :

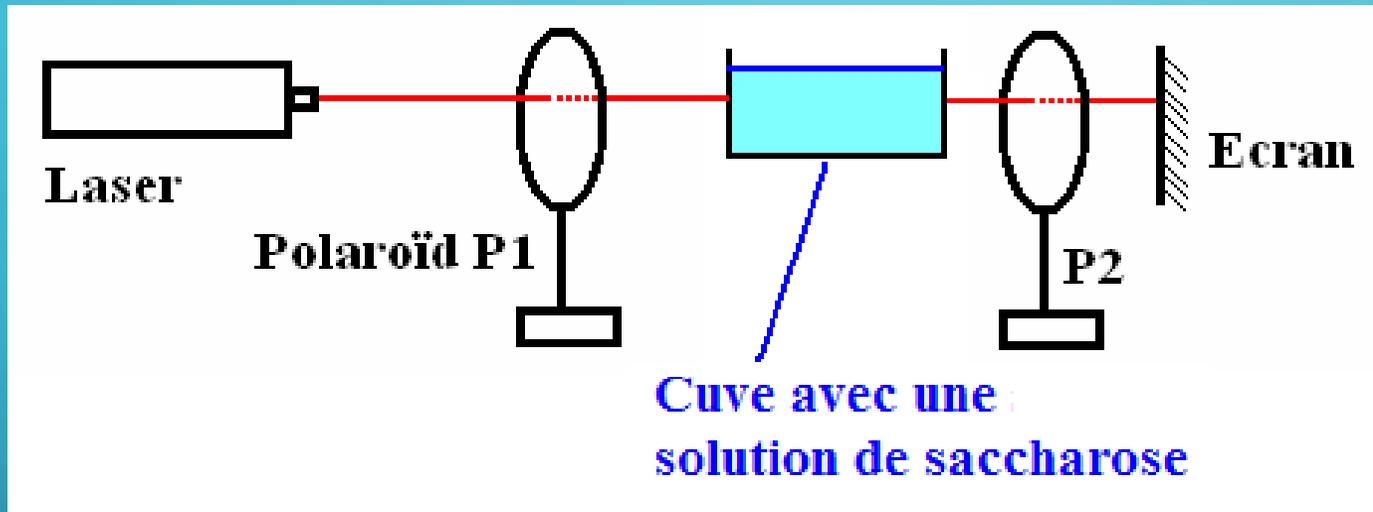
$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- $I$  : intensité lumineuse émergeant de l'analyseur en  $\text{W.m}^{-2}$ .
- $I_0$  : intensité lumineuse arrivant sur l'analyseur en  $\text{W.m}^{-2}$ .
- $\theta$  : Angle entre les directions de polarisation du polariseur et de l'analyseur.

# 5. POLARISATION ROTATOIRE DE LA LUMIÈRE

## 5.1 ASPECT EXPÉRIMENTAL

### Schéma de montage :



### Observations :

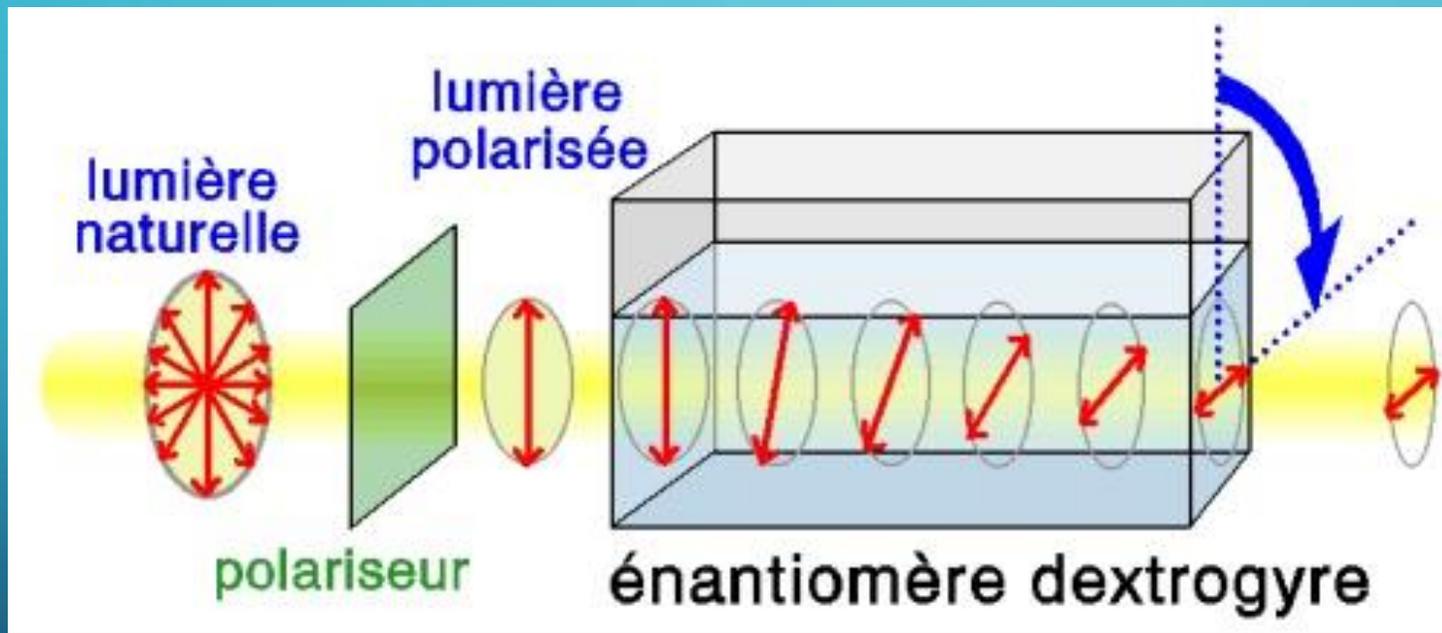
- En l'absence de cuve, avec P1 et P2 croisés.
- Avec la cuve.

## Observations :

- On met Pet A de manière à ce qu'ils soient croisés : il y a extinction en l'absence de cuve.
- On place la cuve et la lumière réapparaît.
- On tourne la direction de polarisation de l'analyseur d'un angle  $\alpha$  et on obtient une nouvelle extinction.

## 5.2 INTERPRÉTATION

La solution de saccharose fait tourner le plan de vibration (ou plan de polarisation) de la lumière d'un angle  $\alpha$ . Ep a tourné de  $\alpha$ .



La solution de saccharose est optiquement active, ou douée d'un pouvoir rotatoire.

## 5.3 SUBSTANCES DEXTROGYRES ET LÉVOGYRES

Pour un observateur recevant la lumière :

- Si le plan de vibration a tourné à droite, la substance est dextrogyre ( $\alpha > 0$ ).
- Si le plan de vibration a tourné à gauche, la substance est lévogyre ( $\alpha < 0$ ).

## 5.4 LOI DE BIOT

### 5.4.1 POUR UNE SOLUTION

La loi de Biot donne le pouvoir rotatoire d'une solution.

$$\alpha = [\alpha_0]_{\lambda}^T \cdot l \cdot c$$

- $\alpha$  : pouvoir rotatoire de la solution en  $^{\circ}$ .
- $[\alpha_0]_{\lambda}^T$  : pouvoir rotatoire spécifique de la solution. Il dépend de  $\lambda$ , la longueur d'onde employée, de la température et de la nature de la solution. Il est exprimé en  $^{\circ} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- $l$  : Longueur de la cuve en m.
- $c$  : concentration massique de la solution en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

## 5.4.2 ADDITIVITÉ DES ROTATIONS

Quand une solution comporte plusieurs substances actives, la rotation du plan de polarisation de la lumière produite est égale à la somme de leurs rotations.

$$\alpha = \sum [\alpha_{0i}]_{\lambda}^T \cdot l \cdot c_i$$

- $[\alpha_{0i}]_{\lambda}^T$  : pouvoir rotatoire spécifique du soluté i.
- $c_i$  : concentration massique du soluté i.
- **Remarque** : conserver les signes des  $[\alpha_{0i}]_{\lambda}^T$ .

## 5.5 APPLICATIONS

Mesurer un pouvoir rotatoire permet de :

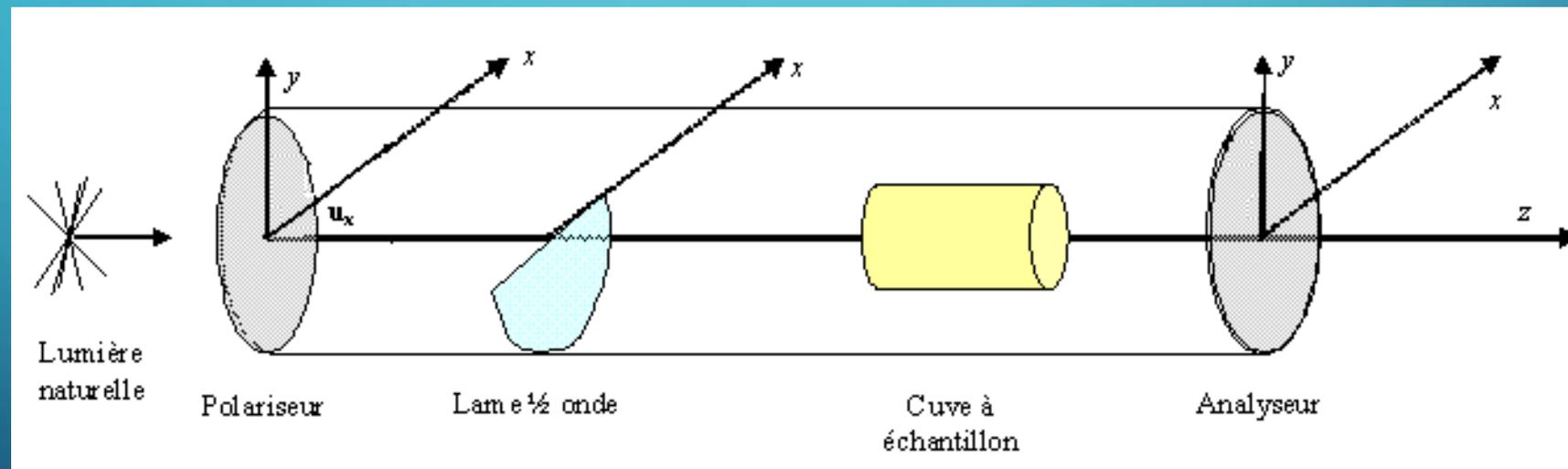
- Doser une solution.
- Identifier un soluté.
- Suivre l'évolution d'une réaction chimique (apparition ou disparition d'un composé optiquement actif).

## 6. LE POLARIMÈTRE DE LAURENT

Le polarimètre de Laurent, ou polarimètre à équipénombre sert à mesurer précisément l'angle de rotation du plan de polarisation de la lumière.

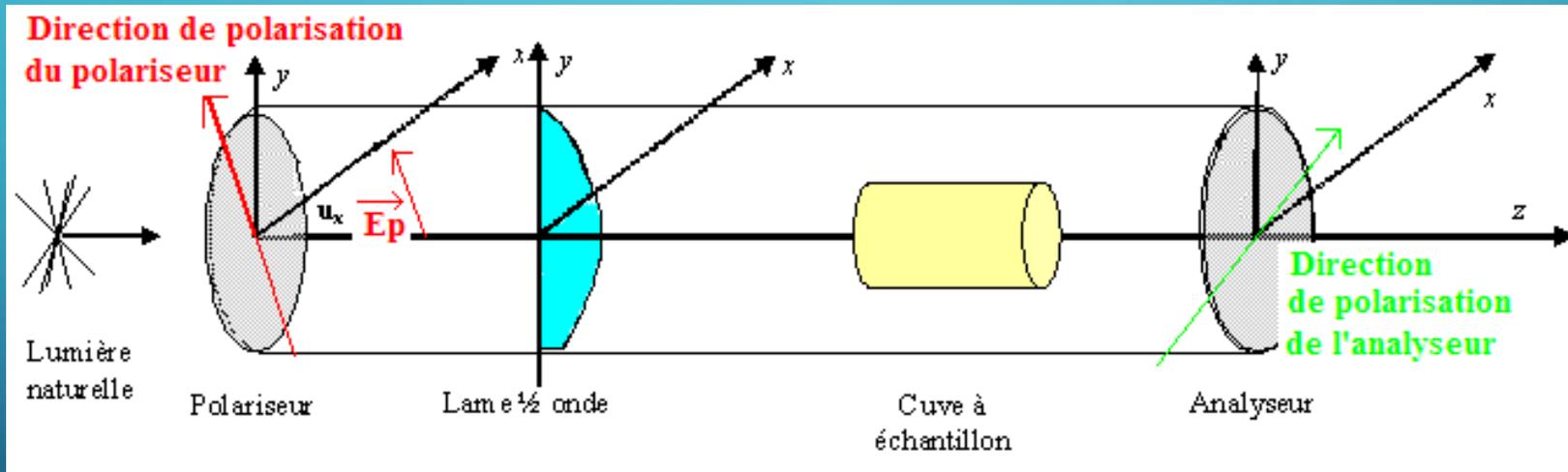


# SCHÉMA DE PRINCIPE DU POLARIMÈTRE DE LAURENT.

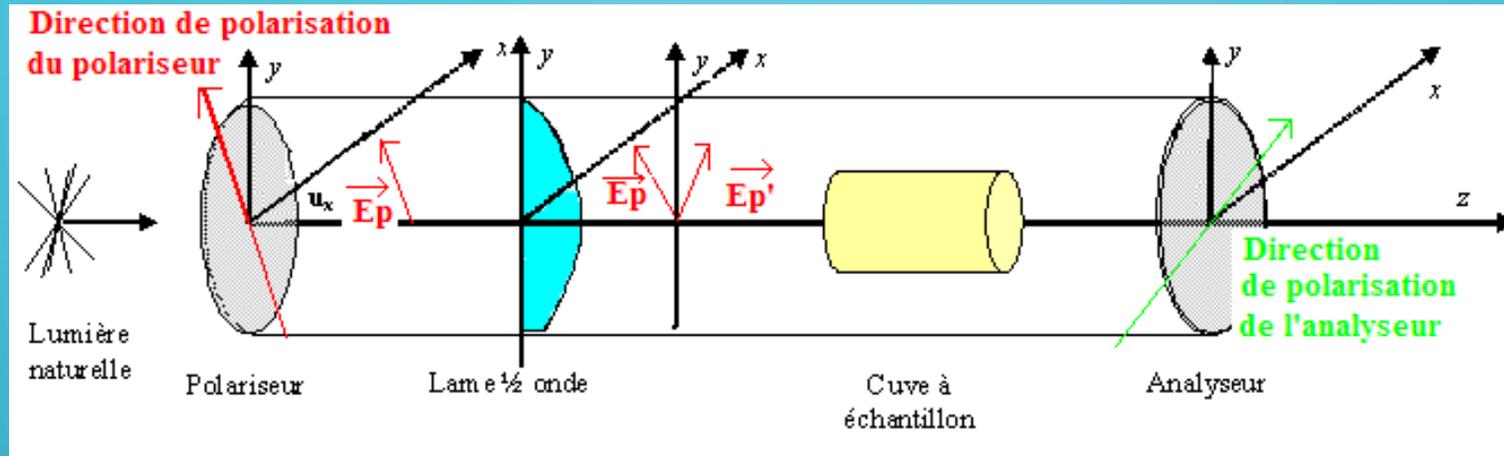


# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

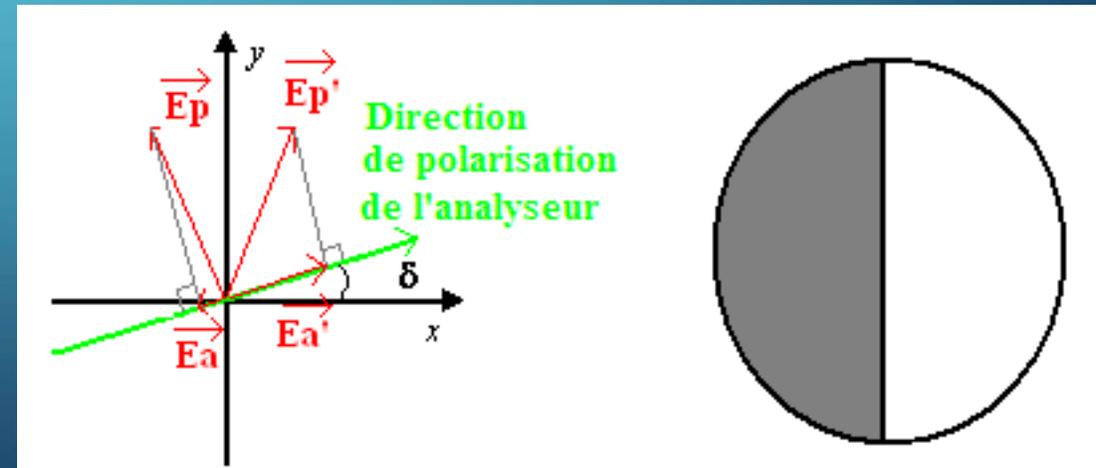
- Le polariseur polarise la lumière suivant le vecteur  $\vec{E}_p$ .
- La direction de polarisation de l'analyseur n'est pas tout à fait perpendiculaire à celle du polariseur.



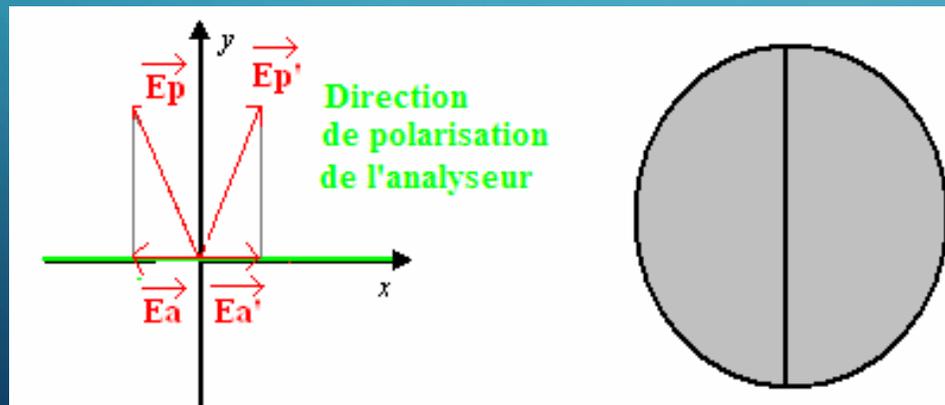
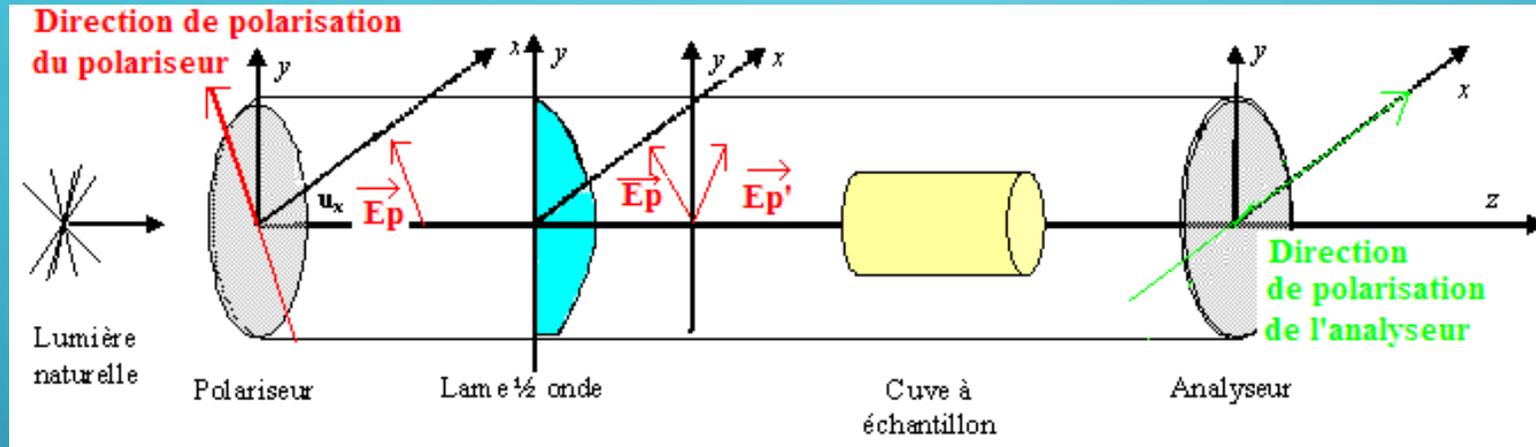
- La lame demi-onde, qui ne recouvre que la moitié de la lumière modifie la polarisation de la lumière en la faisant vibrer suivant un vecteur  $\vec{E}_{p'}$  symétrique de  $\vec{E}_p$  par rapport à l'axe des  $y$ .



- En l'absence de cuve, les projections de  $\vec{E}_p$  et  $\vec{E}_{p'}$  sur la direction de polarisation de l'analyseur sont différentes et on observe deux plages de luminosité différentes dans l'oculaire ( car  $E_a$  est différent de  $E_{a'}$ ).



- Il suffit de ramener  $\delta$  à 0 ( en tournant la direction de polarisation de l'analyseur) pour obtenir  $E_a = E_{a'}$  et ainsi observer l'équipénombre.
- C'est en fait le réglage initial qu'il faut faire avant de commencer la manipulation.

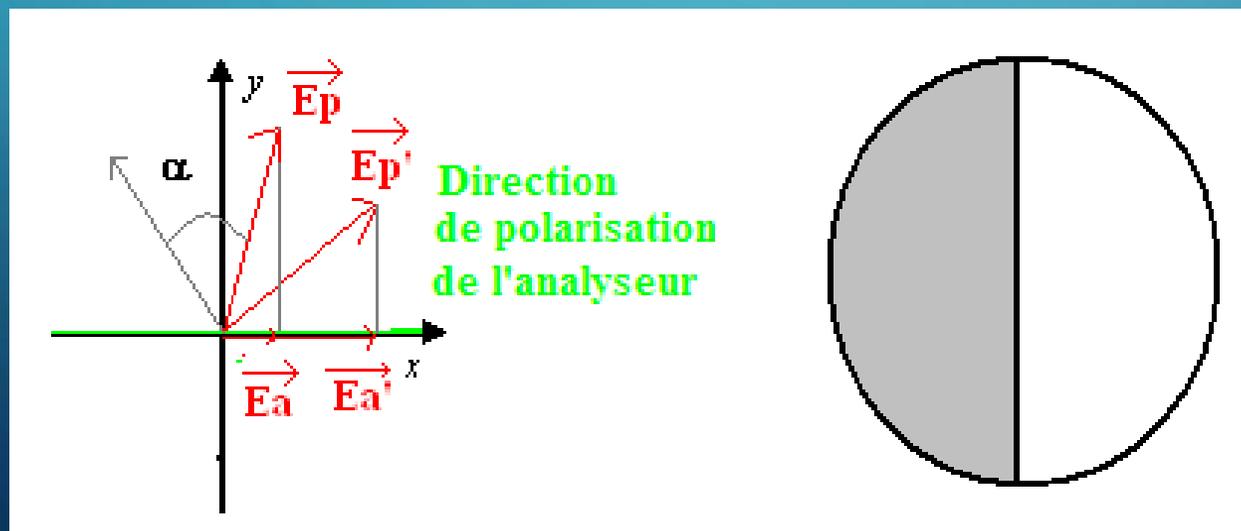
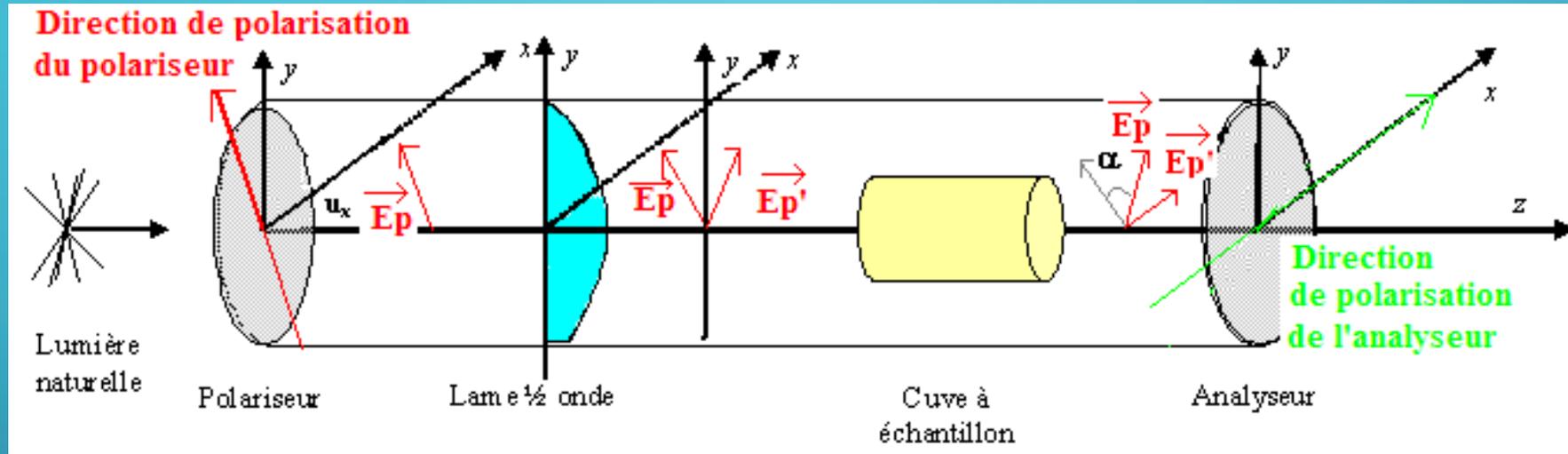


On a  $\delta = 0$  et la direction de polarisation de l'analyseur coïncide avec l'axe des « x ».

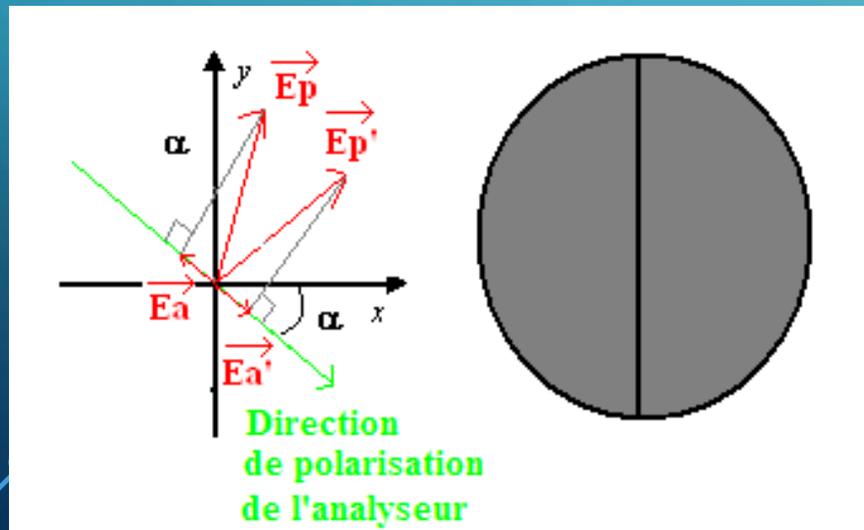
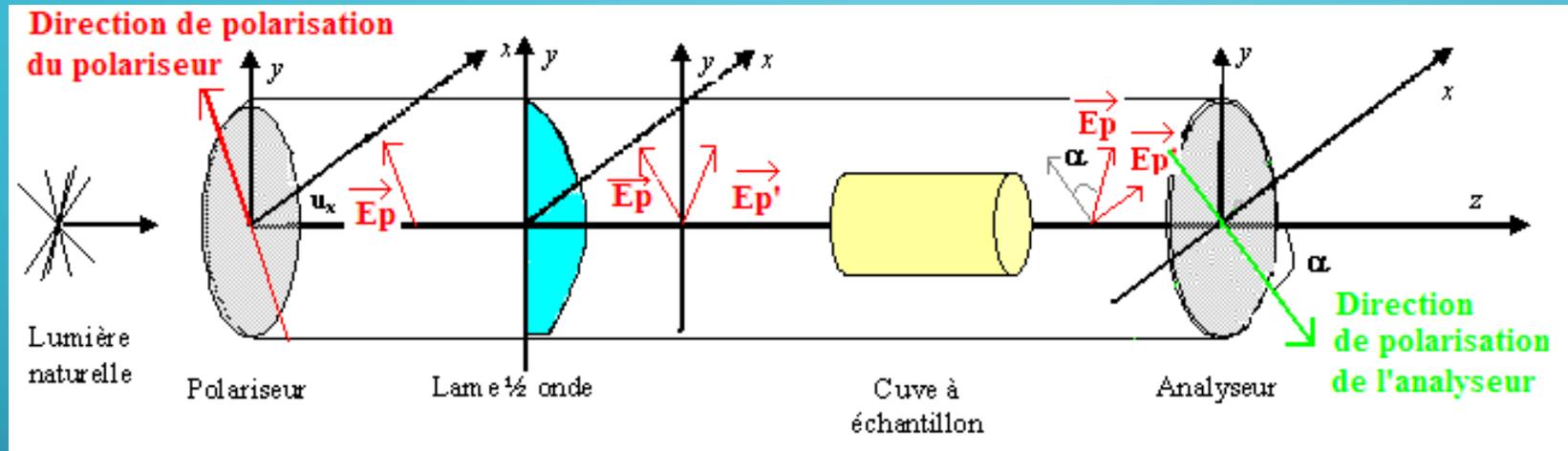
## REMARQUE :

- On pourrait réaliser « l'équi-clarté » en positionnant la direction de polarisation de l'analyseur sur l'axe des « y ».
- Mais comme dans l'expérience c'est avec l'œil qu'on cherche à obtenir deux plages d'égales luminosité et que l'œil est plus performant à distinguer des égalités lumineuses dans l'ombre que dans la lumière, on travaille avec l'équipénombre.

- On met dans la cuve une substance optiquement active :  $\vec{E}_p$  et  $\vec{E}_{p'}$  tournent d'un angle  $\alpha$ .
- L'équipénombre disparaît.



- Afin d'obtenir à nouveau l'équipénombre, il suffit de tourner la direction de polarisation de l'analyseur également, d'un angle  $\alpha$ .
- C'est de cette manière que  $\alpha$  est déterminé.



On a à nouveau  $E_a = E_a'$ .

On lit la valeur de  $\alpha$  sur le cadran de l'analyseur.

*FIN*

