

TP N.01

Polarisation réctiligne (TP-Cours)

OBJECTIFS DU TP

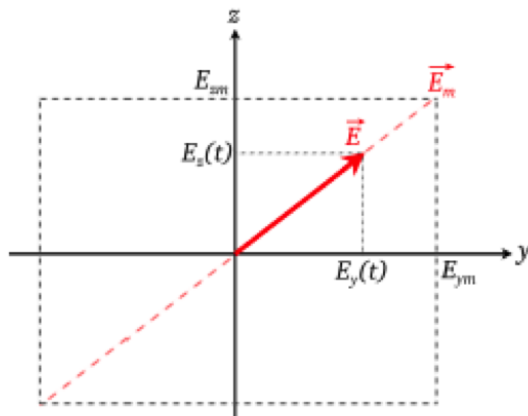
Le but de ce TP est d'analyser la polarisation de la lumière et de mettre en évidence quelques phénomènes qui peuvent la modifier.

Matériel :

- 1 banc optique muni de cavaliers , 1 lampe avec condenseur.
- 1 diaphragme circulaire et 1 fente réglable
- 1 lentille $f' = 20$ cm et 1 miroir plan
- 1 écran , 2 polariseurs-analyseurs

1 Introduction :

Dans tout le TP, l'axe de propagation de la lumière (axe du banc optique) est noté (Ox), dirigé selon $\vec{u}_x$. La lumière blanche utilisée dans ce TP peut être décomposée en une somme d'OPPM polarisées rectilignement mais dans des directions aléatoires. Pour chaque OPPM, on note le champ électrique :



$$\vec{E} = \begin{cases} E_x &= 0 \\ E_y &= E_{y0} \cos(\omega t - kx + \varphi_y) \\ E_z &= E_{z0} \cos(\omega t - kx + \varphi_z) \end{cases}$$

Après réarrangement, on obtient l'expression la plus générale entre y et z , qui est celle d'une ellipse :

$$\left(\frac{Y}{Y_0}\right)^2 + \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^2 + 2\left(\frac{Y}{Y_0}\right)\left(\frac{Z}{Z_0}\right)\cos\varphi = \sin^2\varphi$$

2 Rappels sur la polarisation :

2.1 Définition :

La polarisation de la lumière est la direction du champ électrique dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation quand on regarde l'onde arriver.

La polarisation est une propriété du champ électromagnétique due à sa nature vectorielle.

2.2 Etats de polarisation :

a)- Lumière polarisée ou non polarisée :

On dit que la lumière est polarisée si dans n'importe quel plan perpendiculaire à la direction de propagation la direction du champ électrique est **bien définie**, c'est-à-dire qu'elle ne varie pas **aléatoirement au cours du temps**. Dans le cas contraire, on dit que la lumière **n'est pas polarisée ou non polarisée**.

La lumière fournie par les lampes à incandescence est non polarisée, de même que celle fournie par les lampes spectrales. Certains lasers fournissent quant à eux une lumière totalement polarisée.

b)- Etats de polarisation d'une lumière polarisée :

La polarisation totale de la lumière peut être de trois sortes :

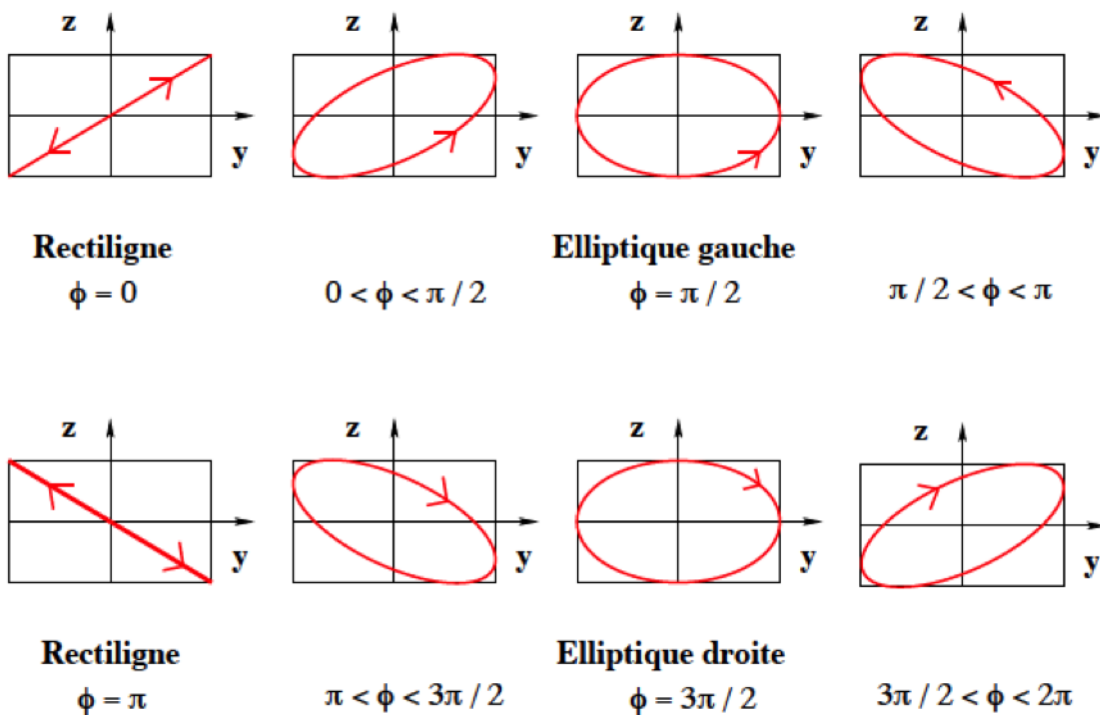
- **polarisation rectiligne** : la direction du champ électrique est constante au cours du temps et de la propagation.
- **polarisation circulaire** : la direction du champ électrique tourne au cours du temps mais son amplitude reste constante
- **polarisation elliptique** : la direction du champ électrique tourne au cours du temps avec une amplitude non constante

Une polarisation circulaire ou elliptique est qualifiée **de droite** lorsqu'on la voit tourner dans le **sens horaire** (donc vers la droite) lorsqu'elle nous vient dans l'oeil.

Au contraire, une polarisation circulaire ou elliptique est qualifiée **de gauche** lorsqu'on la voit tourner dans le **sens trigonométrique** (donc vers la gauche) lorsqu'elle nous vient dans l'oeil.

b)- Représentations de ces types de polarisation :

Dans un plan $x = \text{cste}$, l'extrémité du vecteur $\vec{E}$ décrit les figures suivantes :



3 Action d'un polariseur sur la lumière :

Pour obtenir une onde polarisée dans un état donné, et à défaut de source polarisée, on utilise un polariseur, c'est-à-dire un dispositif susceptible d'agir soit sur la lumière naturelle, soit sur de la lumière dans un état de polarisation différent. Les polariseurs les plus utilisés sont les polariseurs rectilignes, qui permettent de transformer la lumière incidente en lumière polarisée rectilignement.

Définition 1. Un filtre polaroïd est en général composé d'une mince lame plastique constituée de longues chaînes de polymères disposées selon une seule direction $\vec{u}_a$. De ce fait, la lame possède deux axes privilégiés perpendiculaires de directions $\vec{u}_a$ et $\vec{u}_t$ tels que :

- la lame absorbe toute OPPM polarisée selon la direction d'absorption $\vec{u}_a$.
- la lame est transparente pour toute OPPM polarisée selon la direction $\vec{u}_t$.

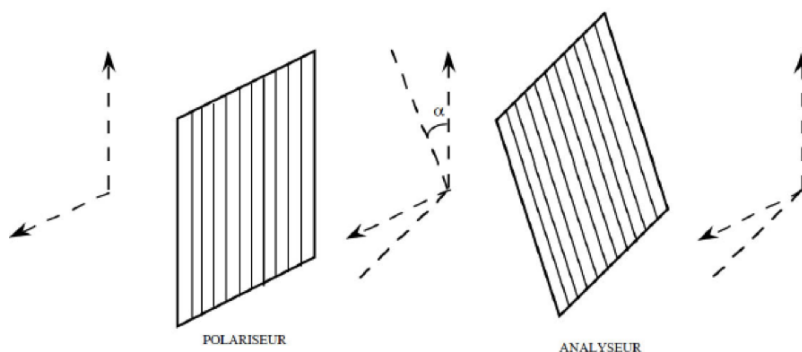
Les directions $\vec{u}_a$ et $\vec{u}_t$ sont appelés les axes du polaroïd.

Dans les questions suivantes, on suppose que les axes du polaroïd sont parfaitement connus.

1. On considère une OPPM polarisée rectilignement selon la direction $\vec{u}_y$. Écrire la forme du champ électrique.
2. On place un polariseur puis un écran sur l'axe de propagation de cette OPPM. Ce polariseur peut tourner autour de l'axe de propagation. Expliquer ce que l'on voit sur l'écran lorsque $\vec{u}_y = \vec{u}_a$ puis lorsque $\vec{u}_y = \vec{u}_t$.
3. On considère maintenant une OPPM dont l'état de polarisation est quelconque (forme du champ électrique donnée en introduction) et on place le polaroïd sur le trajet de l'onde. On choisit le repère Oxyz de manière à ce que $\vec{u}_y = \vec{u}_a$.
Quelle est la forme du champ électrique en sortie de polaroïd ?

4 Expérimentation :

- Sur le banc optique, placer successivement la lampe, un diaphragme, une lentille convergente. Régler le condenseur de la lampe pour concentrer la lumière sur l'iris puis placer l'iris dans le plan focal objet de la lentille convergente par autocollimation. L'ensemble constitue un collimateur, qui réalise un objet quasi ponctuel à l'infini.
Ajouter un polariseur et un écran et observer ce qui se passe lorsque l'on tourne le polariseur autour de son axe. Que peut-on dire alors de la lumière émise par la lampe ? Faire un schéma du montage.
 - Quelle est la nature de la lumière sortant du polariseur ? Comment le vérifier ? Sait-on quelle est la direction de polarisation de l'onde ? Peut-on déterminer les axes $\vec{u}_a$ et $\vec{u}_t$ du polariseur ?
4. En complétant le schéma ci-dessous, démontrons la loi par le calcul de Malus



- Fixer sur l'écran un luxmètre (appareil mesurant l'intensité lumineuse qu'il reçoit, en lux). Faire varier l'angle α entre les deux polarimètres et mesurer l'intensité en fonction de α , en prenant comme repère $\alpha = 0$ lorsque l'intensité est maximale. On prendra un point de mesure tous les 10 degrés.
- Tracer à l'ordinateur la courbe $I = f(\alpha)$. Vérifier la loi de Malus en traçant la courbe permettant d'obtenir une droite. Imprimer la courbe obtenue.

Conclusion 1. *Un polariseur produit une lumière polarisée rectilignement.*

S'il est éclairé avec une lumière incidente polarisée rectilignement, l'intensité passe par un maximum et un minimum nul lorsque l'on tourne le polariseur ; on a la loi de Malus : si α est l'angle entre la polarisation incidente et la direction passante du polariseur, alors $I(\alpha) = I_0 \cos^2 \alpha$.

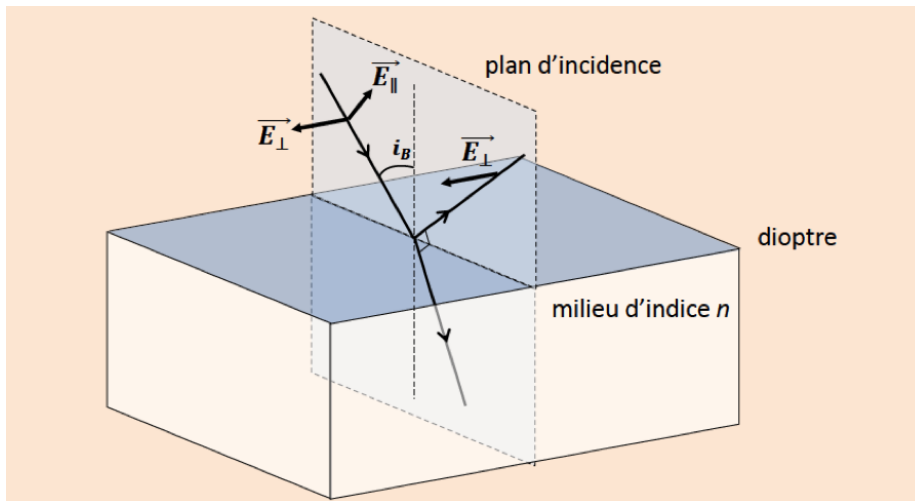
On retiendra que le champ électrique en sortie du polariseur est la projection du champ incident sur l'axe passant du polariseur.

5 Polarisation par réflexion :

5.1 Rappel :

La lumière naturelle devient partiellement polarisée après réflexion sur des surfaces lisses et non-métalliques (vitres, lacs, matières plastiques,...). Pour un certain angle, appelé angle de Brewster, tel que les rayons réfléchi et réfracté font ensemble un angle de 90° , la lumière réfléchie est totalement polarisée rectilignement. L'angle de Brewster dépend de l'indice du matériau transparent utilisé :

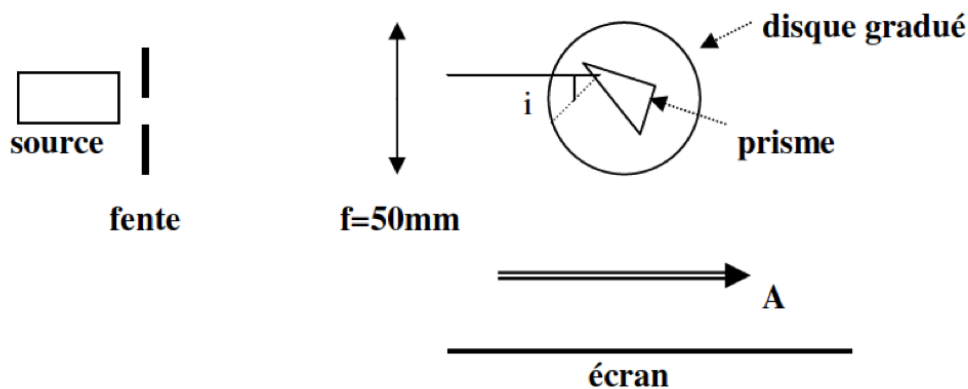
$$\tan(i_B) = n$$



5.2 Expérience :

Il s'agit de vérifier qu'une lumière non polarisée le devient après réflexion ; on montre que cette polarisation par réflexion s'effectue dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence.

► Réaliser le montage ci-dessous



► Faire varier l'angle d'incidence i par rotation du disque gradué jusqu'à ce qu'en tournant l'analyseur, on observe l'extinction totale de la lumière réfléchie sur l'écran. L'angle $i = i_B$ (incidence de Brewster) correspondant, est tel que $\tan(i_B) = n$. En déduire l'indice moyen n du prisme.