

POLARISEURS – LAMES A RETARD – POLARISATION PAR REFLEXION

1. Objectifs

On se propose d'introduire expérimentalement la notion de polarisation. On verra le rôle d'un polariseur. La polarisation de la lumière est aisément manipulée à l'aide de lames à retard : on va chercher à caractériser les lignes neutres d'une lame à retard, et à étudier l'action des lames demi-onde et quart d'onde sur une polarisation linéaire. On conclura par une étude de la polarisation partielle de la lumière par réflexion sur un milieu transparent, en mesurant les coefficients de réflexion en intensité. En particulier, on mesurera l'angle de Brewster et on en déduira l'indice du plexiglas.

2. Introduction

On appelle polarisation de la lumière la direction du champ électrique qui la compose. Dans la lumière naturelle, cette direction change au hasard tous les 10^{-10} à 10^{-8} s et en moyenne, il n'y a pas de direction privilégiée. Cette lumière est dite non-polarisée.

Par simple réflexion sur de l'eau ou une vitre, il apparaît une différence entre la composante du champ électrique parallèle au plan d'incidence et celle perpendiculaire : une direction privilégiée apparaît au milieu des directions au hasard, et la lumière réfléchie est partiellement polarisée.

Certains systèmes permettent d'absorber la composante du champ électrique dans une certaine direction et de ne laisser passer que la composante dans la direction perpendiculaire : ce sont les polariseurs. Nous verrons en cours comment ils sont constitués. Ce qu'il faut retenir ici, c'est qu'à leur sortie, le champ électrique possède une direction donnée : la lumière est polarisée linéairement. On voit aussi qu'il y a eu de l'absorption, donc perte d'intensité. Le lien entre changement d'intensité et changement de polarisation linéaire fait l'objet de la loi de Malus (3.).

Certains matériaux, appelés biréfringents, décomposent une polarisation linéaire en deux composantes (lignes neutres) qui se propagent avec des indices différents. A la sortie du matériau, l'une des composantes est en retard sur l'autre : on parle de lame à retard. Ce retard modifie la forme de la polarisation : elle peut rester linéaire mais avoir tourné d'un certain angle, devenir circulaire (le champ électrique décrit un cercle autour de la direction de propagation) ou elliptique.

Deux types importants de lames à retard sont les lames demi-onde et quart d'onde.

3. Loi de Malus

On utilise un laser He-Ne comme source lumineuse, et on élargit son faisceau d'un facteur 10 à l'aide d'un télescope (système afocal).

Placer un polariseur P sur le faisceau, et le faire tourner.

- Si l'intensité est constante, le laser n'est pas polarisé et un peu moins de la moitié de sa puissance est transmise. Expliquer cela à l'aide de l'introduction.
- Si l'intensité varie, le laser est polarisé linéairement. L'intensité transmise s'annule lorsque la direction passante du polariseur est perpendiculaire à celle de la polarisation du laser et est maximale lorsque ces deux directions sont parallèles. Expliquer cela à l'aide de l'introduction.

Choisir une direction de P qui laisse passer le maximum de lumière, tout en ayant une graduation simple (0° si possible).

On place derrière P un deuxième polariseur identique, qu'on appelle A comme analyseur car il va servir à analyser la polarisation issue de P.

Placer un puissance-mètre (sucette) à la sortie de A.

Faire tourner A. Lorsque la puissance lue est maximale, les directions passantes de P et A sont parallèles.

L'angle α entre ces directions est nul.

Mesurer la puissance transmise par A lorsque α varie de 0° à 90° , et faire un tableau de mesures sous Excel.

Ajouter au tableau les valeurs de la puissance divisée par la puissance maximale transmise (puissance relative), et les valeurs de $\cos^2(\alpha)$.

Tracer le graphe représentant la puissance relative en fonction de $\cos^2(\alpha)$. Tracer la droite de régression et donner son équation.

En déduire la loi de Malus qui relie l'intensité transmise par A en fonction de l'intensité incidente (assimilée à l'intensité maximale transmissible) et de l'angle α .

Application : on veut atténuer d'un facteur 3 l'intensité issue de P. Quelle valeur faut-il donner à α ?

Montrer vos résultats à un professeur.

4. Recherche des lignes neutres d'un biréfringent

Laisser assez d'espace entre P et A pour intercaler un composant.

Croiser P et A, c'est-à-dire régler la puissance transmise par A au minimum.

Placer un cristal de quartz biréfringent entre P et A, sur un support qui peut tourner.

Faire tourner le cristal. On constate que la puissance transmise varie.

- Placer le cristal dans une position où l'intensité transmise par A n'est pas négligeable. Si le cristal n'était pas là, quelle serait l'intensité transmise ? Expliquer brièvement pourquoi le quartz modifie la polarisation issue de P.
- Combien y a-t-il de minimums et de maximums d'intensité lors d'une rotation de 360° ?
- Constater que les minimums correspondent à des extinctions. Le quartz modifie-t-il la polarisation issue de P dans ces positions ? Justifier votre réponse.
- Quel est l'angle entre deux minimums ?

On appelle *lignes neutres* les deux directions suivant lesquelles le biréfringent ne modifie pas la polarisation linéaire incidente. Elles sont perpendiculaires. On trouve leur direction en plaçant le cristal entre P et A croisés. Lorsqu'on tourne le cristal et qu'on obtient un minimum d'intensité, les directions des lignes neutres sont données par les directions passantes de P et A. Ces directions sont caractéristiques du cristal, pas de P ni de A. **Cette caractérisation expérimentale des lignes neutres est à retenir.**

5. lame demi-onde : rotation d'une polarisation linéaire

Remplacer la lame de quartz par une lame demi-onde ($\lambda/2$).

Déterminer ses lignes neutres.

A partir d'une position d'extinction, faire tourner la lame demi-onde d'un angle α .

Faire tourner A jusqu'à retrouver l'extinction. Le fait qu'on parvienne à éteindre la polarisation issue de la lame avec A prouve que cette polarisation est linéaire.

De quel angle a tourné la lame pour retrouver l'extinction ?

Faire plusieurs essais pour différentes valeurs de α .

Conclure sur ce qui arrive à la polarisation issue de P lorsqu'elle traverse la lame demi-onde.

Montrer une position de la lame demi-onde et celle correspondante de A.

6. lame quart d'onde : transformation d'une rectiligne en circulaire

Remplacer la lame demi-onde par une lame quart d'onde ($\lambda/4$).

Déterminer ses lignes neutres, puis orienter la lame de telle sorte que l'intensité transmise par A soit constante quelque soit l'orientation de A. La polarisation issue de la lame est alors circulaire.

Si l'intensité passe par des maximums et minimums, c'est qu'on a une polarisation elliptique (le grand axe correspond au max et le petit axe au min).

Montrer votre montage.

Quelle est l'orientation des lignes neutres de la lame quart d'onde pour obtenir une polarisation circulaire à partir d'une rectiligne ?

7. Polarisation par réflexion

Réaliser le montage de la figure 1, où la lame quart d'onde QO a ses lignes neutres à 45° de la direction passante de P. On a supprimé la télescope.

Vérifier au puissance-mètre que l'intensité émergente de A est la même quelle que soit l'orientation de A, en particulier horizontalement et verticalement ($P_{0//} \approx P_{0\perp}$, la première puissance est celle de la lumière incidente sur le plexiglas avec une polarisation parallèle au plan d'incidence ; la deuxième celle pour une polarisation perpendiculaire au plan d'incidence).

On pose le plexiglas sur un support gradué qu'on fera tourné pour faire varier l'angle d'incidence i . L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

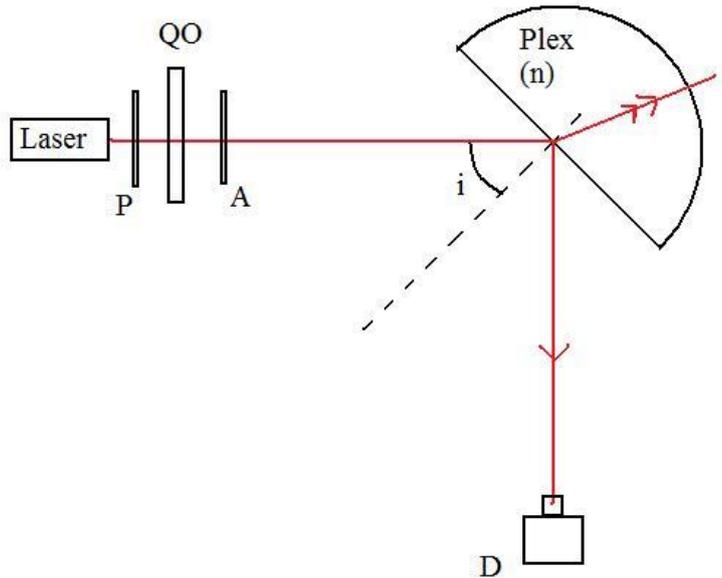


Figure 1 : Montage pour étudier la polarisation par réflexion

Pour chaque valeur de i entre 10° et 70° (tous les 5°, sauf entre 55° et 60° où on prend une valeur tous les degrés), relever la puissance réfléchi pour la polarisation dans le plan d'incidence (A horizontal) et dans le plan perpendiculaire (A vertical). On pourra utiliser une tige de verre afin de réaliser une fine trace laser pour mesurer avec précision l'angle d'incidence. On enlèvera cette tige pour mesurer les puissances.

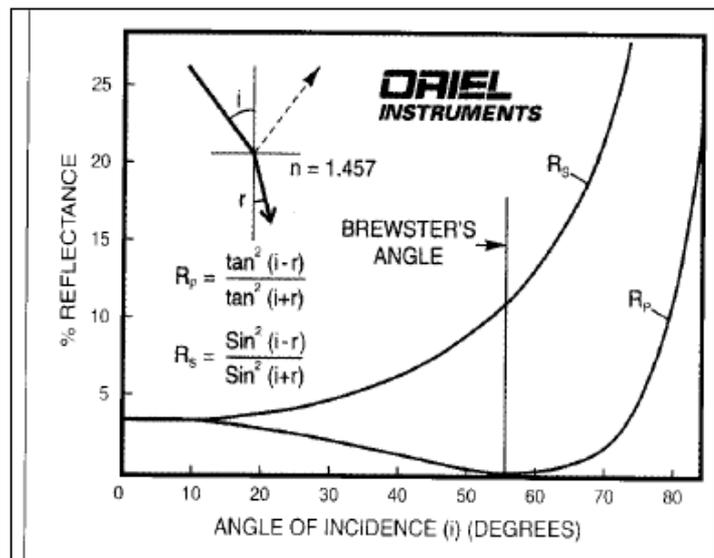
Faire un tableau de mesures contenant i , $P_{//}$ et P_{\perp} , puis le rapport de ces puissance à la puissance P_0 issue de A (coefficients de réflexions $R_{//}$ et R_{\perp}).

Représenter sur un même graphe les deux coefficients de réflexion en fonction de i .

Comparer l'allure des graphes à celle des courbes sur la figure 2. Cette figure montre point particulier où $R_{//}$ s'annule. Ce point correspond à l'incidence sous l'angle de Brewster : la lumière réfléchi y entièrement polarisée perpendiculairement au plan d'incidence.

Tracer $\text{Log}(R_{//})$ en fonction de i . Cette courbe doit tendre vers moins l'infini à gauche et à droite de l'incidence de Brewster. Estimer l'incidence de Brewster i_B en estimant à 0,1° près l'incidence de divergence.

Calculer l'indice n du plexiglas : $n = \tan(i_B)$.



un

Figure 2 : coefficients de réflexion en intensité

Pour un angle d'incidence donné, les deux polarisations parallèle et perpendiculaire au plan d'incidence sont-elles réfléchies avec le même coefficient de réflexion ? En déduire que la lumière réfléchi est partiellement polarisée. Quelle direction domine ?

NOMS :

DATE :

.....

.....

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

§	Travail à faire	A noter sur place	A noter à l'écrit
3	Loi de Malus Questions Montage Mesures, graphe, énoncé de la loi de Malus Application	 _____ / 2	_____ / 1 _____ / 2 _____ / 1
4	Lignes neutres Montage Réponse aux questions	_____ / 1	_____ / 1
5	Rôle d'une $\lambda/2$ Description de l'expérience, mesures, conclusion		_____ / 2
6	Rôle d'une $\lambda/4$ Montage Conclusion	_____ / 1	_____ / 1
7	Polarisation par réflexion Montage Mesures, tableau, graphe des coefficients de réflexion Détermination de i_B , calcul de n , polarisation partielle	_____ / 2	_____ / 3 _____ / 3

TOTAL : _____ / 20

Les comptes-rendus sont à rendre une semaine après le TP, le même jour de la semaine.

Un jour de retard : -2 points

Deux jours de retard : note / 2

Au-delà : points sur place / 2