

T.P. d'optique Lumière polarisée .

But de T.P. :

Nous allons étudier la variation d'intensité lumineuse lors d'une polarisation, l'influence de l'incidence et de la nature d'une lame sur cette polarisation.

I. Loi de MALUS :

Un polariseur est un système optique qui ne laisse passer qu'une seule direction de vibration. Un deuxième polariseur placé dans un montage peut être appelé « analyseur ».

C'est la loi de Malus qui détermine la variation de l'intensité ou énergie lumineuse transmise par polariseur et analyseur en fonction de l'angle entre les deux directions privilégiées.

Lorsque $\theta=0$, on dit que polariseur et analyseur sont parallèles et l'intensité est aussi grande que possible, égale à $I_0/2$. Lorsque $\theta=(2k+1)\pi/2$, on dit qu'ils sont croisés et l'intensité transmise est nulle.

Dans notre montage, le détecteur de lumière est une cellule photorésistante branchée directement aux bornes d'un ohmmètre. La grandeur proportionnelle à l'énergie lumineuse reçue est la conductance $G=1/R$.

Courbes :

Pour tracer les courbes $G=f(\theta)$ et $G=f(\cos^2\theta)$ on se place à « l'extinction » c'est à dire que l'on tourne le polariseur jusqu'à obtenir la plus grande résistance possible sur l'ohmmètre.

On fixe le polariseur et on fait varier θ tous les 10° grâce à l'analyseur.

θ	$\cos^2(\theta)$	$G=1/R$
90	0	0.0000038
80	0.0301	0.000277
70	0.1169	0.000909
60	0.25	0.00169
50	0.4131	0.0025
40	0.5868	0.003125
30	0.75	0.0037
20	0.883	0.00405
10	0.9698	0.00423
0	1	0.00429

Voir courbes en annexe.

Les résultats obtenus correspondent à nos attentes c'est à dire : $1/R = 0.0042 \cdot \cos^2\theta + 0.0004$ (voir courbe).

II. Polarisation par réflexion vitreuse

On étudie maintenant la réflexion de la lumière laser sur une surface plane de verre placée à la sortie du polariseur.

La réflexion et la réfraction se produisent quand une onde lumineuse rencontre une surface séparant deux milieux d'indice différents. On à l'habitude d'appeler «dioptré » une surface séparant 2 milieux de réfraction différente.

Manipulations : on place le dioptré de sorte que le faisceau laser soit rasant ; a cette position on relève sur la platine goniométrique la mesure angulaire L1. On fait tourner la lame d'un angle $2.f_B$ et on mesure l'angle d'observation du rayon réfléchi (L2).

Les mesures de L1 et L2 permettent de calculer $f_B : 2f_B + (L1-L2)=180^\circ$

On procède à 4 mesures :

Calcul de $r : \tan f_B = \frac{1}{r_0} = r$

(avec $r_0=1$)

L1 (°)	L2 (°)	L1-L2 (°)	incidence	r
359,35	293,43	65,92	57,04	1,542
359,34	293,35	65,99	57,005	1,54
359,33	293,46	65,93	57,035	1,5419
359,35	293,41	65,94	57,03	1,5416

$$\overline{f_B} = 57.0275 \quad \text{et} \quad \overline{r_0} = 1.5413$$

On en déduit l'écart type expérimental :

$$s(f_B) = \sqrt{\sum (f_B - \overline{f_B})^2}$$

$$s(f_B) = 1.10^{-3} (^\circ)$$

incertitude de répétabilité :

$$u_R = \frac{s(f_B)}{\sqrt{4}}$$

$$u_R = 5.10^{-4} (^\circ)$$

incertitude de lecture :

$$u_l^2 = \left(\frac{\partial f_B}{\partial L_1} \right)^2 u_l^2(L_1) + \left(\frac{\partial f_B}{\partial L_2} \right)^2 u_l^2(L_2)$$

$$u_l^2 = 2.10^{-4} (^\circ)$$

incertitude composée :

$$u_c^2(f_B) = u_R^2(f_B) + u_l^2(f_B)$$

$$u_c(f_B) = 2.10^{-2} (^\circ)$$

D'où $\overline{f_B} = (57.03 \pm 2.10^{-2})^\circ$

Et $\frac{u_c(r)}{\overline{r}} = \frac{u_c(f_B)}{\overline{f_B}} \Rightarrow \overline{r} = 1.541 \pm 1.10^{-3}$

III. Etude des lames biréfringentes

Etude qualitative : nous allons identifier les lames.

Sachant qu'une lame $\lambda/2$ transforme une polarisation rectiligne en une polarisation rectiligne symétrique par rapport à une ligne neutre et qu'une lame $\lambda/4$ la transforme en polarisation elliptique.

Donc l'analyse de la lumière à la sortie de l'analyseur (placé après la lame) pourra nous aider à les distinguer. On se place volontairement en dehors des axes neutres du polariseur et analyseur puis on tourne la l'analyseur dans son plan : il y aura extinction si c'est une lame $\lambda/2$ car la polarisation sera rectiligne alors qu'avec une polarisation elliptique ($\lambda/4$) il n'y aura pas d'extinction.

On trouve donc que les lames N°1 et 3 sont des lames $\lambda/2$ et les lames N°2 et 4 sont des $\lambda/4$.

Mesure quantitative : on se propose de mesurer le déphasage ϕ de l'une de ces lames par la méthode de la quart d'onde, basé sur le résultat suivant : une lame $\lambda/4$ dont les lignes neutres sont parallèles aux axes de symétrie de l'ellipse, transforme une polarisation elliptique en une polarisation rectiligne .

On suit la procédure expérimentale suivante :

- on croise polariseur et analyseur
- on introduit entre les deux la lame inconnue, et on tourne celle ci pour obtenir l'extinction.
- On introduit la quart d'onde pour le rouge du laser hélium-néon et l'on recherche de nouveau l'extinction.
- On tourne la lame de 45° dans son plan ; le polariseur polarise et la lame transforme la vibration rectiligne en elliptique.
- On rétablit l'extinction en tournant l'analyseur de γ , sachant que $\phi = 2\gamma$.

On peut donc en déduire la différence de phase ϕ :

On effectue plusieurs mesures :

$\gamma = 44.25$; $\gamma = 44.09$; $\gamma = 44.12$; $\gamma = 44.29$; $\gamma = 44.35$ donc $\gamma_{\text{moy}} = 44.22^\circ$

$\gamma = 44.22^\circ$ d'où $\phi = 88.44^\circ$ ce qui est cohérent pour une $\lambda/4$ car $\phi = 2\pi/4$ (λ jaune laser)

IV. Conclusion :

Dans ce TP nous avons pu étudier le phénomène de polarisation de la lumière, la variation d'intensité lumineuse provoquée par cette polarisation. Ces variations d'intensité peuvent nous permettre d'en déduire la nature d'une lame d'ordre inconnue.