

POLARISATION DE LA LUMIERE : POLARISEURS ET POLARIMETRIE

I.	RAPPELS SUR LA POLARISATION DE LA LUMIERE	54
II.	DIFFERENTS TYPES DE POLARISEURS.	54
A.	LES LAMES DICHROÏQUES	54
B.	LES PRISMES BIREFRINGENTS	54
III.	TRANSMISSION D'UN POLARISEUR	55
A.	FACTEUR DE TRANSMISSION DU POLARISEUR :	55
B.	TAUX D'EXTINCTION DU POLARISEUR :	56
IV.	POLARISATION SOUS INCIDENCE DE BREWSTER :	56
A.	PRESENTATION-COEFFICIENTS DE FRESNEL	56
V.	PRINCIPE DE LA POLARIMETRIE ET DU POLARIMETRE DE LAURENT	58
A.	POLARISATION ROTATOIRE-LOI DE BIOT	58
B.	POLARIMETRE DE LAURENT	58
VI.	MONTAGE ET MESURES	60
A.	MISE EN EVIDENCE DE LA BIREFRINGENCE D'UN CRISTAL DE CALCITE	60
B.	EXTINCTION D'UN POLARISEUR LINEAIRE.....	60
1.	<i>Coefficients d'extinction</i>	<i>60</i>
2.	<i>Vérification de la loi de Malus.....</i>	<i>61</i>
C.	MESURE DE L' ANGLE DE BREWSTER	61
D.	MESURE DU POUVOIR ROTATOIRE D'UNE SOLUTION DE SACCHAROSE.....	62
1.	<i>Réglage du polarimètre.....</i>	<i>62</i>
2.	<i>Lecture du vernier.....</i>	<i>62</i>
3.	<i>Concentration de la solution</i>	<i>63</i>
4.	<i>Remplissage du tube.....</i>	<i>64</i>
5.	<i>Mesure du pouvoir rotatoire $[\alpha]$ avec une concentration initiale $C_i = 0,2 \text{ g.cm}^{-3}$</i>	<i>64</i>
6.	<i>Mesure du pouvoir rotatoire $[\alpha]$ pour différentes concentrations</i>	<i>65</i>

I. RAPPELS SUR LA POLARISATION DE LA LUMIERE

- La lumière est une onde électromagnétique qui est définie par la donnée de trois vecteurs ($\vec{E}$, $\vec{B}$, $\vec{k}$).
- La lumière ne présente pas d'état de polarisation stable dans le temps, à l'état naturel : on dit alors que la lumière naturelle n'est pas polarisée. En moyenne, sur 1 seconde, toutes les directions possibles du vecteur $\vec{E}$, dans le plan formé par ($\vec{E}$, $\vec{B}$), sont explorées.
- Pour imposer un état de polarisation à la lumière il faut se « débarrasser » des états indésirables : on va sélectionner un état de polarisation. On dispose pour cela de différents « outils » regroupé sous le nom de « polariseurs ».

II. DIFFERENTS TYPES DE POLARISEURS.

Il existe différents types de polariseurs reposants sur des phénomènes physiques très différents. Nous nous limiterons ici à la description des types suivants :

- les lames dichroïques
- les prismes biréfringents
- la polarisation par réflexion sous angle de Brewster

Ces polariseurs permettent d'obtenir de la lumière polarisée linéairement.

A. LES LAMES DICHROÏQUES

Ces polariseurs, les plus couramment utilisés, reposent sur les propriétés d'absorption optique de certains matériaux organiques. Ces matériaux en feuilles constituées de chaînes de polymères orientées présentent un coefficient d'absorption qui dépend fortement de la direction de polarisation de l'onde incidente. Ce phénomène est appelé dichroïsme linéaire. La lumière émergente est alors polarisée dans la direction correspondant au plus faible coefficient d'absorption.

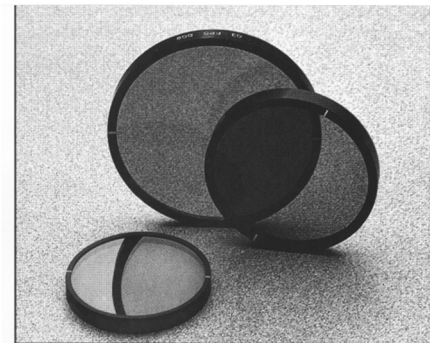


Figure 1: Lames dichroïques Melles Griot

B. LES PRISMES BIREFRINGENTS

Ces polariseurs à fort taux d'extinction ($< 10^{-5}$) sont réalisés à partir de cristaux biréfringents taillés de manière spécifique. Ces matériaux anisotropes se caractérisent par l'existence de 2 indices optiques. Par exemple, pour un cristal uniaxe, comme la calcite (spath d'Islande) ces deux indices correspondent à **un rayon dit ordinaire (n_o) et un rayon dit extraordinaire (n_e)**. Pour le rayon ordinaire, l'indice n_o est indépendant de la direction de

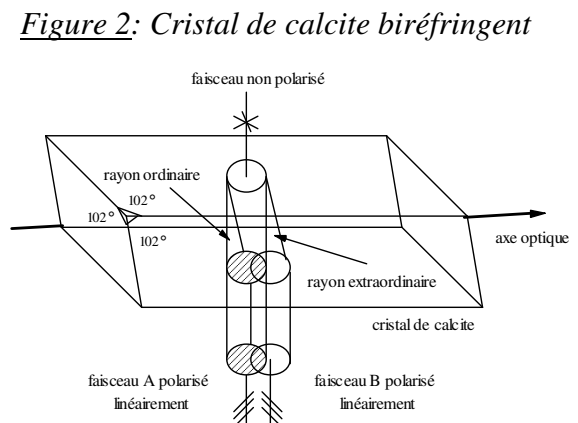


Figure 2: Cristal de calcite biréfringent

propagation dans le matériau, alors que pour le rayon extraordinaire, l'indice dépend de la direction de propagation et varie entre n_0 et n_e . **Ces deux rayons correspondent à des ondes polarisées dans des directions à 90° .**

En taillant ces matériaux de manière spécifique, il est possible de sélectionner l'un ou l'autre des rayons, voire les deux et obtenir ainsi un état de polarisation linéaire très pur. Suivant le type de rayon sélectionné, ces polariseurs portent des noms différents : Wollaston, Glan-Thomson, Glan-Taylor,

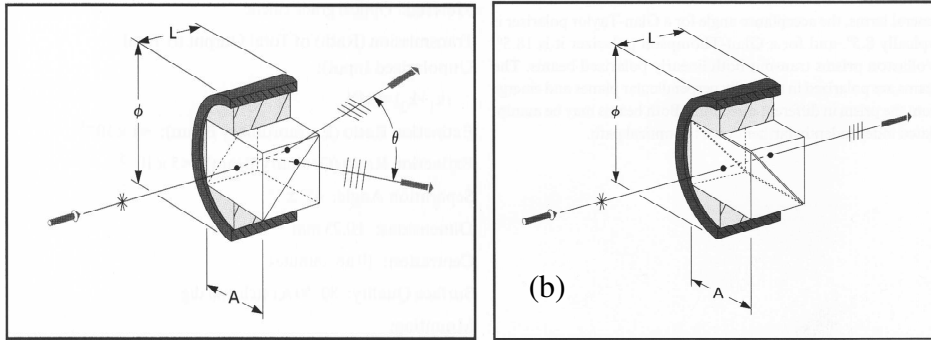
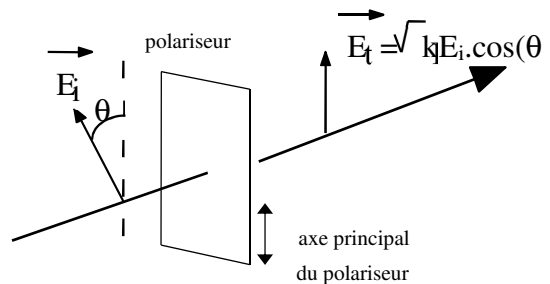


Figure 3 : Polariseurs Wollaston (a) et Glan-Taylor (b)

III. TRANSMISSION D'UN POLARISEUR

Un polariseur linéaire est un milieu optique caractérisé par un axe principal P ; pour un polariseur idéal, seule la composante du champ électrique parallèle à cet axe est transmise. Ainsi, pour une onde incidente de polarisation quelconque, l'onde émergente sera polarisée linéairement suivant l'axe principal du polariseur.



A. FACTEUR DE TRANSMISSION DU POLARISEUR :

On définit, pour une onde incidente dont le champ $\vec{E}$ fait un angle θ avec l'axe principal P, le facteur de transmission T du polariseur :

$$T = \frac{I(\theta)}{I_0} = k_1 \cos^2(\theta) + k_2 \sin^2(\theta)$$

Avec I_0 l'intensité du faisceau incident sur le polariseur (rappel : intensité lumineuse $I \sim |\vec{E}|^2$).

Pour un polariseur idéal $k_1 = 1$ et $k_2 = 0$

En réalité, k_1 est toujours inférieur à 1 et k_2 est non nul mais peut être considéré comme négligeable.

B. TAUX D'EXTINCTION DU POLARISEUR :

On définit, pour une onde incidente polarisée aléatoirement, les deux grandeurs suivantes pour l'association de deux polariseurs identiques :

configuration $\parallel$:

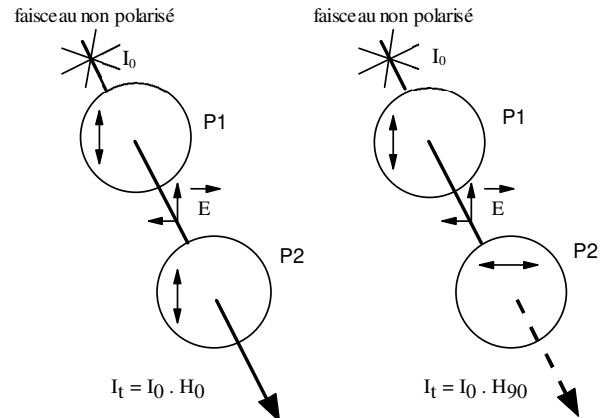
$$H_0 = T_{\text{paire}}(\theta=0^\circ) = \frac{1}{2} (k_1^2 + k_2^2)$$

configuration $\perp$:

$$H_{90} = T_{\text{paire}}(\theta=90^\circ) = k_1 k_2$$

où θ est l'angle entre les directions principales des deux polariseurs. H_{90} est appelé taux d'extinction du polariseur. Il caractérise sa qualité et peut varier en fonction du type de polariseur entre 10^{-3} et 10^{-5} .

Remarque : dans une telle association de deux polariseurs, on a coutume de nommer le premier « polariseur » et le second « analyseur ».



IV. POLARISATION SOUS INCIDENCE DE BREWSTER :

A. PRESENTATION-COEFFICIENTS DE FRESNEL

Les coefficients de réflexion et de transmission d'une onde électromagnétique à l'interface entre deux milieux d'indices optiques différents (dioptrie), comme l'interface air-verre par exemple, sont donnés par les coefficients de Fresnel.

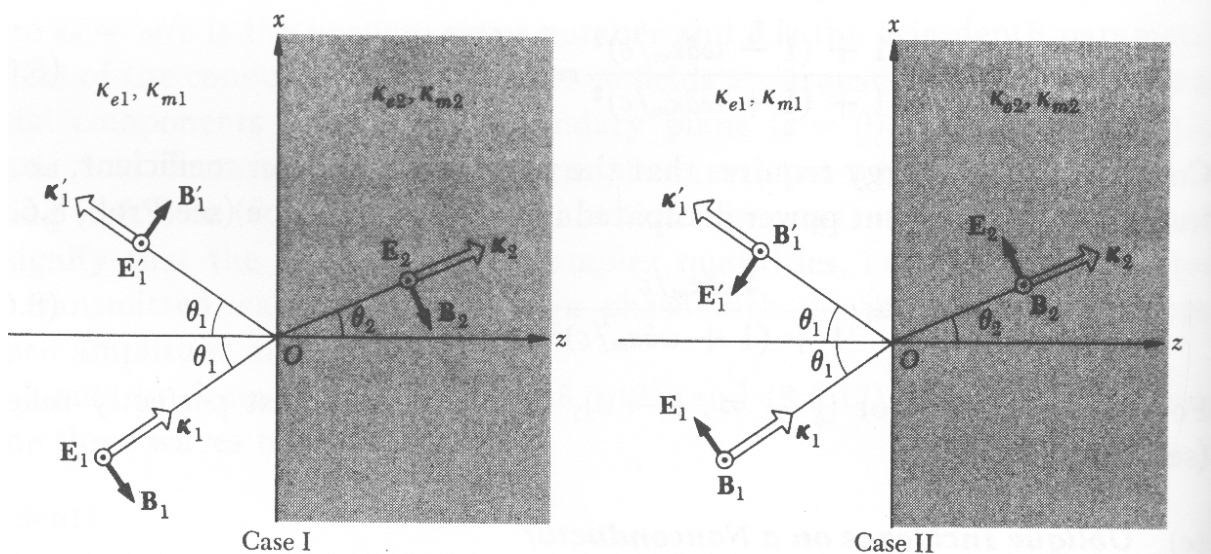


Figure 4 : Réflexion et réfraction d'une onde à l'interface air/verre

On peut montrer que ces coefficients peuvent se mettre sous la forme suivante (cf. cours de Propagation dans les Milieux):

$r_{TE} = -\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$ et $t_{TE} = \frac{2 \sin(\theta_2) \cos(\theta_1)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$, onde polarisée perpendiculairement au plan d'incidence

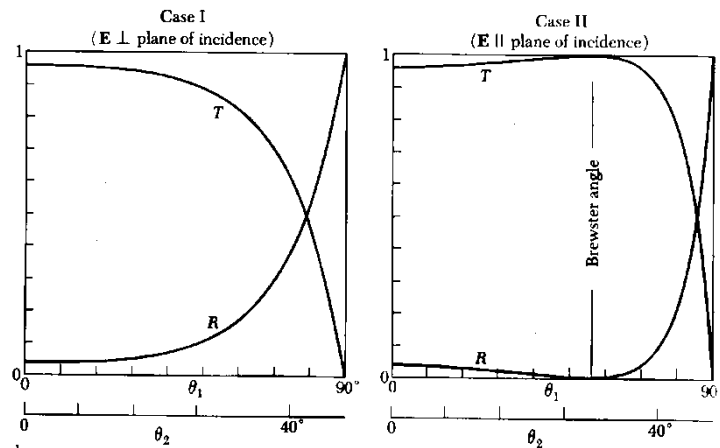
$r_{TM} = -\frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)}$ et $t_{TM} = \frac{2 \sin(\theta_2) \cos(\theta_1)}{\sin(\theta_1 + \theta_2) \cos(\theta_1 - \theta_2)}$, onde polarisée dans le plan d'incidence

Les angles θ_1 et θ_2 sont définis dans la figure 4 ci-dessus.

On peut de plus définir les coefficients de réflexion R et de transmission T en énergie : $R = |r|^2$ et $T = |t|^2$ avec $R + T = 1$. Cette dernière relation exprime la conservation de l'énergie.

La variation des coefficients de Fresnel en fonction de l'angle d'incidence est représentée sur la figure 5 ci-dessous. Ces coefficients sont différents suivant que l'onde incidente est polarisée dans le plan d'incidence (avec **E** contenu dans le plan d'incidence, polarisation p) ou perpendiculairement au plan d'incidence¹ (polarisation s). On parle aussi dans ce cas de polarisation TM (transverse magnétique) ou TE (transverse électrique).

Figure 5: Coefficients de Fresnel R et T en fonction des angles θ_1 et θ_2



On remarque qu'il existe un angle θ_B appelé **angle de Brewster**, tel que le coefficient de réflexion R s'annule pour l'onde de polarisation p (TM). L'onde réfléchie est alors totalement polarisée s (TE), alors que l'onde transmise possède une composante s et une composante p (TM).

Une des applications importantes de ce phénomène est la production de lumière laser polarisée linéairement. Il est en effet possible de construire des lasers émettant une lumière polarisée linéairement en plaçant dans la cavité, une fenêtre de verre ou de quartz sous angle de Brewster. Cette fenêtre permet alors de rejeter la composante s (TE).

On peut alors montrer, en utilisant les lois de Snell-Descartes que :

$$\tan(\theta_{\text{Brewster}}) = n_{\text{verre}}/n_{\text{air}}$$

¹ Le plan d'incidence est défini par le vecteur $\vec{k}$ et la normale au dioptre $\vec{N}$.

V. PRINCIPE DE LA POLARIMETRIE ET DU POLARIMETRE DE LAURENT

La polarimétrie consiste à observer et mesurer la rotation du plan de polarisation de la lumière lorsque cette lumière a traversé une substance ou un matériau optiquement actif. On se propose donc de déterminer expérimentalement le **pouvoir rotatoire spécifique** $[\alpha]$ d'une solution de saccharose, optiquement active, à l'aide du polarimètre de Laurent.

A. POLARISATION ROTATOIRE-LOI DE BIOT

Lorsqu'elles sont traversées par de la lumière polarisée rectilignement, certaines substances ont la propriété de faire tourner, autour de la direction de propagation, la direction du plan de polarisation d'un faisceau de lumière : on dit qu'elles sont optiquement actives. Cette propriété vient de ce que les molécules n'ont pas de plan de symétrie. De nombreux corps organiques (sucres), certains cristaux (quartz), etc..... possèdent cette propriété.

La substance est dite **dextrogyre** (signe +) si la rotation s'effectue vers la droite (sens des aiguilles d'une montre) pour un observateur dont l'œil reçoit la lumière, **lévogyre** dans le cas contraire (signe -).

Pour une solution active, l'angle α de rotation est proportionnel à l'épaisseur traversée -l- (soit dans ce TP la longueur interne du tube) et à la concentration -c- de la solution.

La loi de Biot s'écrit : $\alpha = [\alpha] l c$

Le coefficient de proportionnalité $[\alpha]$ est appelé **pouvoir rotatoire spécifique**. Il est caractéristique de la substance dissoute. Comme il varie avec la longueur d'onde de la lumière utilisée, on se propose de le déterminer pour la raie D (doublet jaune) du sodium.

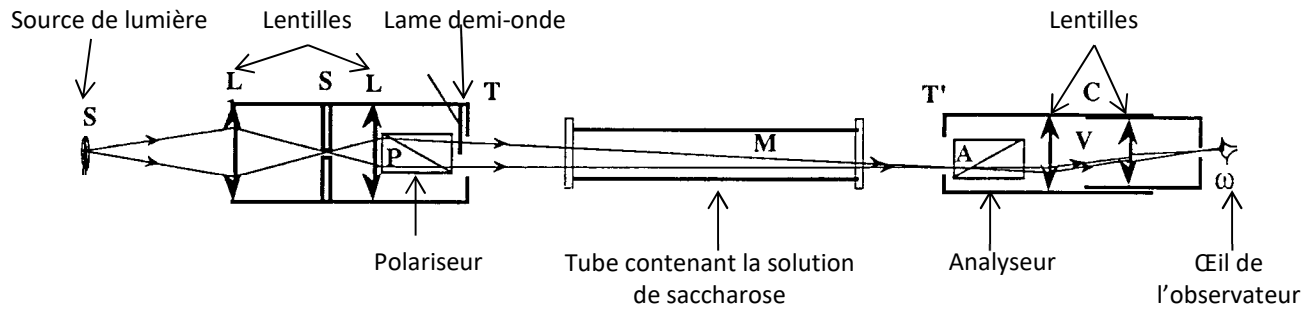
Unités : En général, on exprime l en dm, c en gramme de soluté par cm³ de solution et α en degrés et centièmes de degrés. $[\alpha]$ s'exprime donc en °g⁻¹ cm³ dm⁻¹.

B. POLARIMETRE DE LAURENT

C'est un appareil qui permet de repérer la direction du plan de polarisation d'une lumière polarisée rectilignement traversant une solution composée d'une ou de plusieurs molécules chirales².

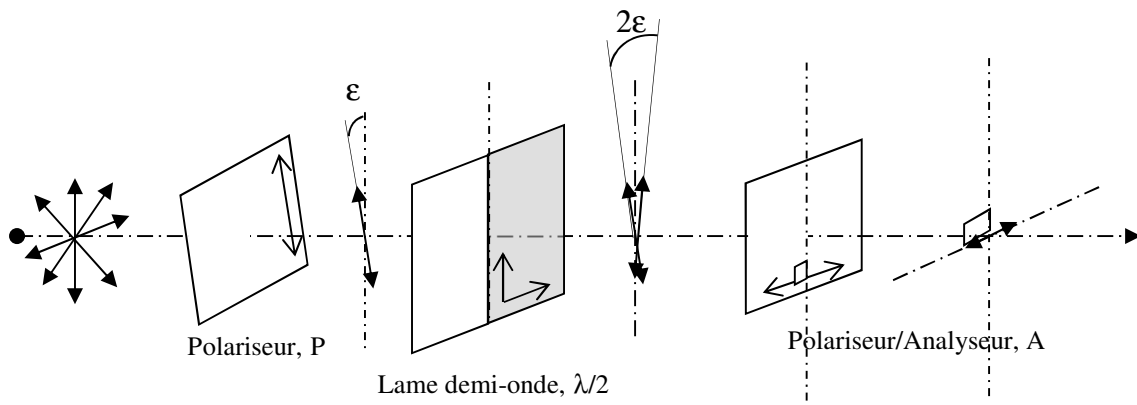
Cet appareil est représenté schématiquement ci-dessous (à comparer avec l'analyseur à pénombre de la manipulation sur la biréfringence).

² prononcer kiralles; la chiralité est la propriété pour un objet de ne pas être superposable à son image dans un miroir plan.

Vue schématique, de dessus, en coupe

La source de lumière utilisée doit être monochromatique et d'intensité assez élevée : on utilise le plus souvent une lampe spectrale à vapeur de sodium. Les deux lentilles L et le trou source intermédiaire S permettent de former un faisceau de lumière parallèle. Les deux polariseurs, P et A, sont du type Nicoll. Une lunette V, constituée de deux lentilles (voir aussi le TP « Réseaux »), permet d'effectuer les observations après réglage du tirage de l'oculaire.

Evolution de l'état de polarisation de la lumière pendant la traversée de l'analyseur de Laurent.
Définition de l'équipénombre:



La lumière émise par la source présente tous les états de polarisation, de façon aléatoire, car les changements d'état se font à une fréquence d'environ 10^{12} Hz. La lumière se propage suivant l'axe optique de **l'analyseur de Laurent**, représenté par un trait pointillé horizontal. Les autres traits en pointillés représentent des directions perpendiculaires à l'axe optique et perpendiculaires entre elles. La lumière traverse d'abord un **polariseur P** qui définit une direction de polarisation parallèle à sa direction principale. Le sens du vecteur $\vec{E}$ reste indéfini : « vers le haut » ou « vers le bas ». Elle traverse ensuite un élément dont une moitié est vide et l'autre moitié est occupée par une **lame demi-onde ($\lambda/2$)**. Le faisceau est alors scindé en deux demi portions qui présentent des états de polarisation symétriques par rapport à une ligne neutre de la lame demi-onde, espacés de 2ε . Le dernier élément est un **polariseur** placé en position d'**analyseur (A)** : il peut donc effectuer une rotation de 360° autour de l'axe optique. On obtiendra l'équipénombre lorsque la direction principale de l'analyseur sera perpendiculaire à une ligne neutre de la lame demi-onde ($\lambda/2$). Les composantes du vecteur $\vec{E}$ transmises sont alors de même direction, de sens opposé et d'égale amplitude : l'intensité lumineuse sur chaque demi-portion du faisceau est identique et très faible, c'est l'**équipénombre**.

Si on interpose une solution ayant un pouvoir rotatoire entre l'élément comprenant la lame demi-onde et le polariseur/analyseur, la direction des vecteurs $\vec{E}$ est modifiée et l'équipénombre

est « perdue » : il faut alors tourner le polariseur/analyseur d'un angle $\alpha = [\alpha] l c$, pour « retrouver » l'équipénombre. On détermine ainsi la valeur de α .

Remarque: comme les polariseurs définissent une direction, mais ne permettent pas de sélectionner un sens pour les vecteurs $\vec{E}$, α ne peut être définie qu'à $k\pi$ près.

VI. MONTAGE ET MESURES

Liste du matériel :

- un cristal de spath d'Islande (calcite)
- une lampe spectrale à vapeur de mercure avec un filtre infra rouge (I.R.)
- deux lames dichroïques polarisantes (une diapo et une sur support orientable).
- une photodiode avec son alimentation et un voltmètre numérique
- laser+ écran blanc
- platine goniométrique supportant une lame de verre.
- un polarimètre de Laurent

A. MISE EN EVIDENCE DE LA BIREFRINGENCE D'UN CRISTAL DE CALCITE

1. Placer le cristal de calcite sur un texte et observer l'image de ce texte à travers le cristal.
2. En tournant le cristal, repérer le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire.
3. A l'aide d'un polariseur dichroïque déterminer la polarisation relative des deux rayons, ordinaire et extraordinaire.

B. EXTINCTION D'UN POLARISEUR LINEAIRE

1. Coefficients d'extinction

On souhaite mesurer les coefficients :

- $H_0 = T_{\text{paire}}(\theta=0^\circ) = \frac{1}{2} (k_1^2 + k_2^2)$
- $H_{90} = T_{\text{paire}}(\theta=90^\circ) = k_1 k_2$

donnant la transmission d'un couple de polariseurs linéaires.

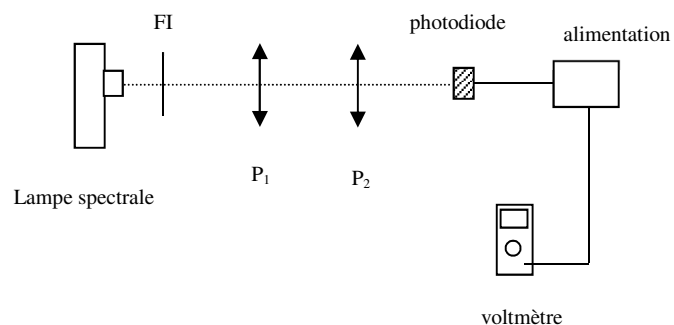
On utilise le montage suivant :

FI : filtre interférentiel ou IR

P_1 : polariseur d'entrée (fixe)

P_2 : polariseur de sortie
(analyseur) - tournant

Remarque : La tension lue sur le voltmètre est proportionnelle à



l'énergie lumineuse (« l'intensité lumineuse » en langage courant) reçue par la photodiode.

1. Aligner les différents éléments sur l'axe optique et repérer leur position. Ne plus les déplacer.
2. Mesurer la tension de sortie de la photodiode, lorsque celle-ci est dans l'obscurité. On appellera cette valeur « tension d'obscurité » : U_0
remarque : $U_0 = U_{lu}/\text{gain}$
 Pour cette mesure, on placera un morceau de carton noir devant la photodiode.
3. On mesure ensuite l'intensité lumineuse I_0 du faisceau incident (i.e. la tension en sortie de photodiode) sans les polariseurs.
4. On mesure ensuite l'intensité lumineuse $I_T(\theta)$ du faisceau transmis (i.e. la tension en sortie de photodiode) pour les 2 situations orthogonales : polariseurs parallèles ($\theta = 0^\circ$) / polariseurs croisés ($\theta = 90^\circ$)
5. Déterminez les valeurs H_0 et H_{90} . En déduire les valeurs de k_1 et k_2 .

2. Vérification de la loi de Malus

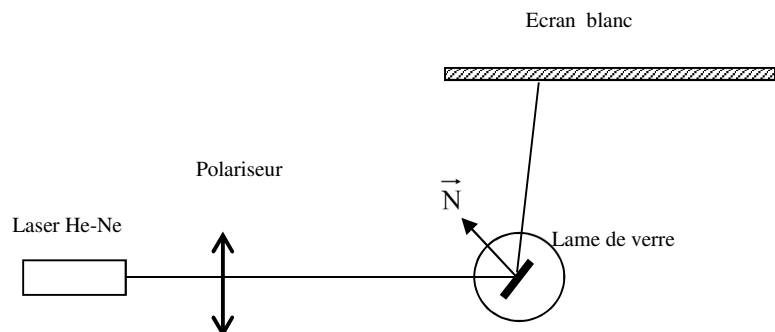
On propose dans cette partie de mesurer les différentes valeurs de l'intensité lumineuse transmise I_t , en fonction de θ (angle entre les directions principales des deux polariseurs) afin de retrouver la loi de Malus en $\cos^2(\theta)$.

$$I_t(\theta)/I_t(\theta=0) = f(\cos^2(\theta))$$

1. Mesurer l'intensité lumineuse transmise I_t en fonction de l'angle θ (cet angle pourra varier entre 0° et 90°).
2. Reporter les différents points sur une courbe appropriée.

C. MESURE DE L'ANGLE DE BREWSTER

On utilise le montage suivant :



1. Alignez les différents éléments
2. Régler l'horizontalité de la platine pour obtenir l'incidence normale sur la lame de verre

3. Orienter le polariseur P de manière à obtenir une onde polarisée dans le plan d'incidence (polarisation p ou TM).
4. Observez sur l'écran la réflexion et chercher l'extinction en agissant sur l'orientation de la lame de verre.
5. Notez la valeur de l'angle de Brewster θ_B que vous comparerez avec la valeur théorique calculée à partir des formules de Fresnel.
6. Orienter le polariseur P de manière à obtenir une onde polarisée perpendiculairement au plan d'incidence (polarisation s ou TE). Qu'observe-t-on dans ce cas ?

D. MESURE DU POUVOIR ROTATOIRE D'UNE SOLUTION DE SACCHAROSE

L'étude porte sur les propriétés d'une solution de saccharose. On va au cours des manipulations déterminer successivement :

- le sens de rotation de la lumière
- la valeur du pouvoir rotatoire $[\alpha]$ (en $^{\circ} \text{g}^{-1} \text{cm}^3 \text{dm}^{-1}$)

1. Réglage du polarimètre.

Le polarimètre est éclairé par une lampe à vapeur de sodium. La lumière traverse successivement une lentille, qui donne un faisceau de lumière parallèle, le polariseur, ou le polariseur plus la lame demi-onde, l'auge contenant la solution, l'analyseur et l'oculaire qui permet l'observation.

1. Mettre en marche les transformateurs alimentant la lampe à vapeur de sodium et la lampe qui éclaire les graduations du vernier (oculaire de gauche) permettant la lecture de α .

L'auge étant vide :

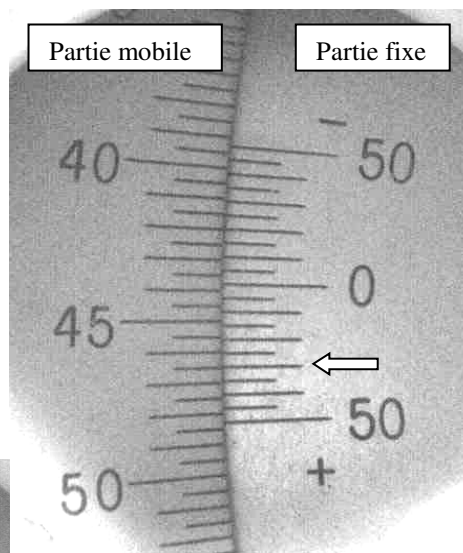
2. Effectuer la mise au point de l'oculaire central de façon à voir correctement les deux moitiés du faisceau.
3. Ramener le polarimètre à l'équipénombre (bouton de droite).
4. A l'aide de la vis située sous l'oculaire central, on amène le zéro du vernier en face du zéro des graduations sur le cercle mobile.

2. Lecture du vernier

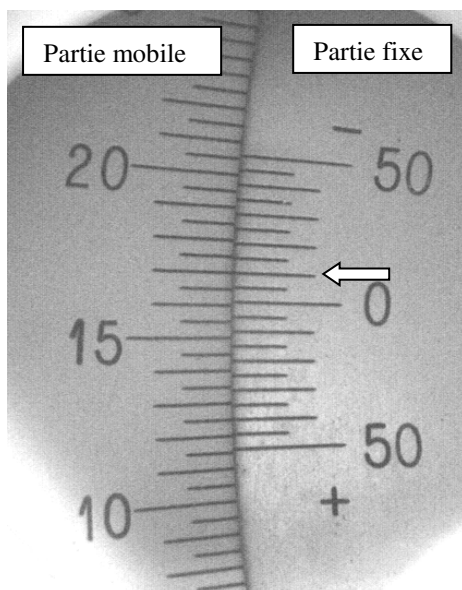
Le système de lecture de la position angulaire de l'analyseur est composé de deux parties, une mobile à gauche et un vernier fixe à droite. La partie gauche est graduée en demi-degré ($0,5^{\circ}$) et le vernier est précis au $5/100^{\circ}$. La partie mobile est solidaire du polariseur/analyseur.

Si on tourne l'analyseur vers la droite (cas d'une **substance dextrogyre**), les valeurs croissantes des angles lus sur la partie mobile vont vers le bas (signe +). On peut utiliser la partie basse du vernier pour faire la lecture des dixièmes de degré (à 0,5 dixième près). Dans

l'exemple ci contre, l'angle de rotation du polariseur/analyseur est de $+(43,5 + 0,3)^\circ$. L'angle est + car les valeurs d'angles sur la partie mobile vont de 40° en haut à 50° en bas. On lit ensuite les $43,5^\circ$ sur la partie mobile : le 0 de la partie fixe est juste après la graduation des $43,5^\circ$. Puis on trouve les $0,3^\circ$ sur la partie fixe (correspondance entre traits des parties fixe/mobile).



Si on tourne l'analyseur vers la gauche (cas d'une **substance levogyre**), les valeurs croissantes des angles lus sur la partie mobile vont vers le haut (signe -). On peut utiliser la partie haute du vernier pour faire la lecture des dixièmes de degré (à 0,5 dixième près).



Dans l'exemple ci contre, l'angle de rotation du polariseur/analyseur est de $-(16,0 + 0,1)^\circ$. L'angle est - car les valeurs d'angles sur la partie mobile vont de 10° en bas à 20° en haut. On lit ensuite les $16,0$ sur la partie mobile: le 0 de la partie fixe est juste après la graduation des $16,0^\circ$. Puis on trouve les $0,1^\circ$ sur la partie fixe (correspondance entre traits des parties fixe/mobile).

3. Concentration de la solution

On dispose au départ d'une solution C_i en g.cm^{-3} . Si l'on prélève un volume V_p de cette solution, le produit $C_i \cdot V_p$ représente la masse de produit dissout, m_d . Ajoutons à ce volume V_p , un volume d'eau V_{eau} . On aura alors un volume total $V_t = V_p + V_{\text{eau}}$ pour une masse de soluté m_d . Soit la concentration :

$$C_{\text{dil}} = \frac{m_d}{V_{\text{liq}}} = \frac{C_i V_p}{V_p + V_{\text{eau}}} \quad \text{d'où} \quad C_{\text{dil}} = C_i \left[\frac{V_p}{V_p + V_{\text{eau}}} \right]$$

Cette relation sera utile pour déterminer les concentrations des solutions diluées.

4. Remplissage du tube

Demander à l'enseignant de vous présenter le matériel (tube, etc...)

1. *Tenir le tube verticalement par l'une des extrémités. Poser le disque de verre sur le tube (contact verre-verre), placer ensuite l'anneau de centrage en PVC (gris) pour centrer le disque dans le bouchon (le joint torique est sur la face extérieure). Enfin placer puis visser le bouchon (en bronze) **sans forcer**.*
2. *Retourner le tube et le remplir à ras bord. Il se forme un ménisque. En glissant le disque de verre, "couper" le ménisque. Utiliser un anneau de centrage en PVC (gris) pour centrer le disque dans le bouchon (le joint torique est sur la face extérieure). Fermer avec le second bouchon, toujours **sans forcer**.*
3. *Il ne doit pas rester de bulle d'air sur la fenêtre et on doit pouvoir lire en regardant à travers le tube. Cela implique que les disques de verre soient propres et secs au départ et que la solution soit limpide et homogène.*
4. *Si la solution n'est pas à température ambiante, de la buée peut se former sur les disques de verre, ce qui peut rendre la vision de l'équipénombre difficile.*

5. Mesure du pouvoir rotatoire $[\alpha]$ avec une concentration initiale $C_i = 0,2 \text{ g.cm}^{-3}$

Cette solution est préparée, à l'avance, en diluant $(200 \pm 0,1)$ g de saccharose dans (890 ± 5) ml d'eau distillée.

1. *Les réglages préliminaires étant faits (cf. ci-dessus, réglage du polarimètre), placer le tube polarimétrique dans l'auge.*
2. *Si nécessaire, rétablir la mise au point de l'oculaire central. Retrouver l'équipénombre en faisant tourner le polariseur/analyseur. La mesure de l'angle de rotation du polariseur/analyseur donne, à $k\pi$ près, l'angle que fait la direction de polarisation de la lumière émergente (après traversée de la solution) par rapport à la direction de polarisation de la lumière incidente. On doit alors trouver laquelle des deux solutions, α et $(\pi - \alpha)$, est la bonne.*
3. *Supposons que la solution de concentration C_i donne un angle $\alpha > 0$. Vérifier que l'on a également l'équipénombre pour un angle de rotation négatif égal en valeur absolue à $(\pi - \alpha)$. On peut alors calculer deux valeurs du pouvoir rotatoire $[\alpha]$, l'une positive, l'autre négative et différente en valeur absolue.*
4. *Pour lever cette indétermination sur $[\alpha]$, on utilise une solution de concentration inférieure à C_i : considérons pour simplifier une concentration moitié $C_i/2$.*

5. Pour des mesures avec la concentration moitié $C_i/2$, deux cas peuvent se présenter :

- ou bien l'angle de rotation est $\alpha/2$ et son supplément est $\pi - \alpha/2$.

Dans ce cas l'angle pour C_i , qui vérifie la loi de Biot, est bien $\alpha > 0$ et de même $[\alpha] > 0$

- ou bien l'angle de rotation est $(\pi - \alpha)/2$ et son supplément est $(\pi + \alpha)/2$

Dans ce cas l'angle pour C_i , qui vérifie la loi de Biot, est $\pi - \alpha$ et donc $[\alpha] < 0$.

Il est donc nécessaire, pour lever l'indétermination sur le signe de $[\alpha]$, de faire des mesures avec au moins deux concentrations différentes.

6. Mesure du pouvoir rotatoire $[\alpha]$ pour différentes concentrations

1. Pour améliorer la précision sur la détermination de la valeur expérimentale du pouvoir rotatoire $[\alpha]$, relever les mesures de α pour les concentrations suivantes : C , $3/4 C$, $C/2$, $2/3 C$, $C/3$, $C/4$. (faire au moins 3 solutions sur les 5 proposées)
2. Tracer la courbe $\alpha = f(C)$ (qui passe par l'origine) et en déduire le pouvoir rotatoire $[\alpha]$ en valeur et en signe (tracer autour de chaque point le rectangle d'erreur). On pourra également déterminer $[\alpha]$ par régression linéaire.
3. Incertitudes de mesure (facultatif): $C_i = 0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ $m_i = (200 \pm 0,1) \text{ g}$ de saccharose

$V_i = (890 \pm 5) \text{ ml}$ d'eau distillée.

La longueur du tube ($l = 2,000 \text{ dm}$) est donnée à 1/10 de mm près. Si vous utilisez (correctement) les pipettes pour mesurer V_p et V_{eau} , alors $\Delta V_p = \Delta V_{\text{eau}} = 0,2 \text{ cm}^3$, pour les pipettes de 25 cm^3 .

Pensez à vérifier ces valeurs au cours du TP.

Pour trouver $\Delta[\alpha]$, on doit d'abord exprimer $[\alpha] = f(\alpha, l, C_i, V_p, V_{\text{eau}})$, avec $C_i = g(m_i, V_i)$. puis on écrit l'expression de $\Delta[\alpha]$ à partir de la différentielle logarithmique ou bien de la différentielle totale.

Remarque:

La manipulation n'est terminée que lorsque la paillasse est nettoyée et les instruments mis à sécher

Pensez à retirer les tubes de l'auge, à les vider, les démonter et nettoyer à l'eau claire les lames de verre, les tubes et tout le petit matériel.

Il ne doit pas rester de sucre (ni sur les instruments, ni sur la table).

