

MESURE DE LA BIREFRINGENCE D'UNE LAME MINCE

I.	RAPPELS ET DEFINITIONS	90
II.	EFFET D'UN POLARISEUR LINEAIRE SUR LA LUMIERE BLANCHE.....	91
III.	MATERIAUX BIREFRINGENTS	91
IV.	EFFET D'UNE LAME BIREFRINGENTE SUR UNE VIBRATION RECTILIGNE:.....	92
A.	LAMES BIREFRINGENTES PARTICULIERES.	94
1.	<i>Lame demi onde</i>	94
2.	<i>Lame quart d'onde</i>	94
B.	METHODE SENARMONT POUR MESURER LA BIREFRINGENCE D'UNE LAME.	94
V.	MISE EN EVIDENCE DES LIGNES NEUTRES.....	96
A.	MONTAGE COMMUN	96
1.	<i>Lames demi-onde</i>	96
2.	<i>Lames quart d'onde</i>	96
VI.	MESURE DE LA BIREFRINGENCE D'UNE LAME DE MICA.....	97
A.	INVENTAIRE DU MATERIEL (PHOTO 1)	97
B.	PREREGLAGES :	97
1.	<i>Réglage de la source et du monochromateur (Photo 2 ; Figure 7).....</i>	<i>97</i>
2.	<i>Fonctionnement et réglage de l'analyseur à pénombre</i>	<i>98</i>
3.	<i>Réglage de l'angle ϵ de l'analyseur à pénombre :.....</i>	<i>99</i>
C.	PROCEDURE POUR LA MESURE DE LA BIREFRINGENCE DE LA LAME DE MICA	100

Un peu d'histoire : On attribue généralement au danois Erasmus Bartholinus la découverte de la biréfringence¹ du Spath d'Islande. Ses expériences sont décrites dans un ouvrage intitulé: "EXPERIMENTA CRYSTALLI ISLANDICI" publié en 1670.

" *Hujus cristalli examini cum ulterius incumberem, mirum & insolitum apparuit Phaenomenon, quo objecta per id conspecta, non sicuti in aliis corporibus pellucidis, simplici imagine refracta exhiberentur, sed Dupla.*"

"Lorsque j'examinais plus longuement ce cristal, un phénomène merveilleux et insolite apparut, l'image des objets vus à travers celui-ci n'était pas unique comme avec les corps transparents ordinaires, mais double."

I. RAPPELS ET DEFINITIONS

- La direction de polarisation de la lumière est donnée par la direction de son champ \vec{E} :
- Pour une lumière non polarisée (ou « naturelle »), il n'y a pas de direction particulière de \vec{E} . Le vecteur champ électrique prend des directions aléatoires. (*Voir chapitre introduction*)
- Lorsque le vecteur champ \vec{E} garde une direction fixe dans le plan d'onde on parle d'une onde polarisée rectilignement
- Lorsque l'extrémité du vecteur champ \vec{E} décrit un cercle dans le plan d'onde on parle d'une onde polarisée circulairement. L'observateur regardant la source, si l'extrémité du vecteur champ \vec{E} tourne vers la droite on parle d'une onde polarisée circulairement droite, vers la gauche d'une onde polarisée circulairement gauche.
- Lorsque l'extrémité du vecteur champ \vec{E} décrit une ellipse dans le plan d'onde on parle d'une onde polarisée elliptiquement (même convention que ci-dessus pour une onde polarisée elliptiquement gauche ou droite).

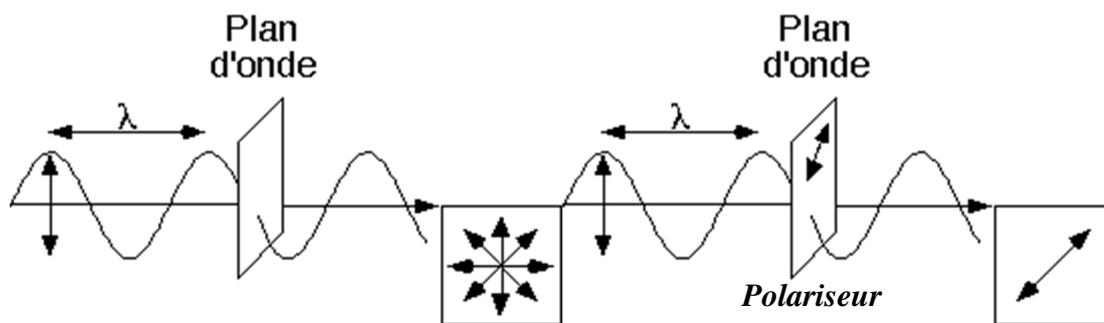


Figure 1a

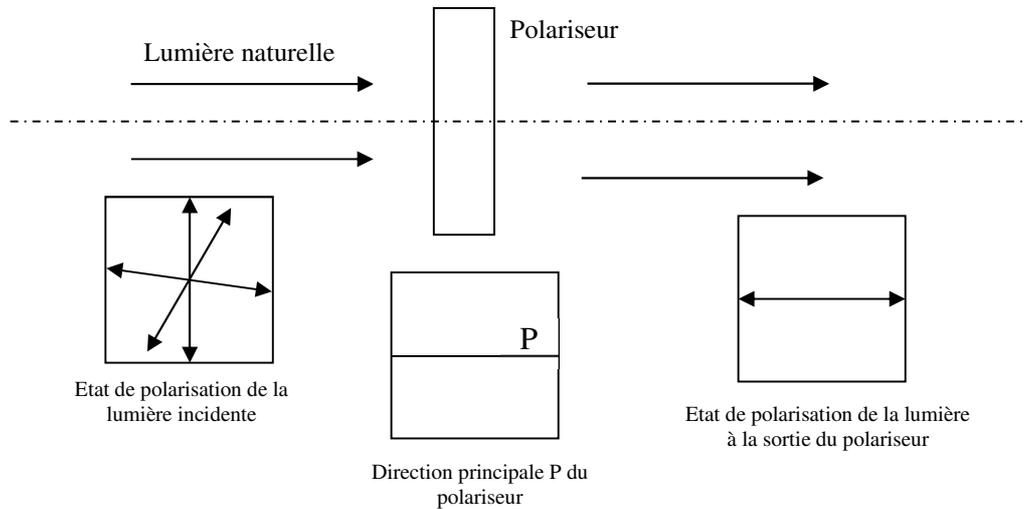
Figure 1b

REMARQUE : Pour éviter les lourdeurs du langage "vibration rectiligne" est synonyme de "lumière polarisée rectilignement". ATTENTION ne confondez pas "vibration rectiligne" et "propagation de la lumière rectiligne". Dans le premier cas on parle de "l'état de polarisation de la lumière" (donc de l'orientation du vecteur champ \vec{E}) dans l'autre de "la propagation de la lumière" (et donc du vecteur de propagation \vec{k}).

¹ La réfringence est la capacité à dévier la lumière : plus l'indice optique n est grand, plus le matériau est réfringent

II. EFFET D'UN POLARISEUR LINEAIRE SUR LA LUMIERE BLANCHE

Plaçons en incidence normale un polariseur linéaire sur le trajet de la lumière naturelle.



Les vibrations perpendiculaires à la direction de transmission du polariseur P sont éteintes. Pour les vibrations obliques par rapport à la direction du polariseur seule la projection sur la direction P est transmise. Les vibrations parallèles à P sont transmises totalement.

Le polariseur linéaire permet d'un part de polariser rectilignement la lumière mais aussi de déterminer l'orientation d'une vibration rectiligne. On parle alors d'analyseur de direction principale A. En effet, plaçons successivement un polariseur P puis un analyseur A sur le trajet de la lumière blanche. On peut orienter l'analyseur de telle manière qu'il n'y ait plus de lumière à la sortie de l'analyseur. Dans ce cas on sait que la direction P (donc l'orientation de la vibration rectiligne à l'entrée de l'analyseur) est perpendiculaire à la direction A.

III. MATERIAUX BIREFRINGENTS

Les **matériaux biréfringents** présentent des indices optiques différents suivant la direction de propagation. On retrouve cela dans l'étymologie du terme :

- « bi » pour double
- La réfringence est une propriété optique des milieux transparents caractérisée par l'indice optique $n = \frac{c}{v}$. Ces matériaux sont bien connus et étudiés depuis fort longtemps (Bartholin, Huyghens / 18°S).

Du point de vue cristallographique, on observe une direction de propagation de la lumière particulière, dans le matériau biréfringent, pour laquelle l'indice n est indépendant de la direction de polarisation (\vec{E}) : cette direction est appelée **axe optique** du milieu. Les cristaux naturels sont classés en **milieux uniaxes** (un seul axe optique) et **milieux biaxes** qui présentent deux axes optiques. Les matériaux que nous utilisons en TP sont uniaxe (calcite, quartz).

La **biréfringence** est une **propriété** particulière des **matériaux anisotropes** linéaires. Lorsqu'un champ électrique \vec{E} traverse ce genre de substance, en raison de la nature même de la structure

moléculaire, les électrons répondent de façon différente d'une part aux oscillations d'un champ électrique oscillant dans la direction parallèle à l'axe de symétrie moléculaire et d'autre part aux oscillations d'un champ électrique les déplaçant perpendiculairement à cet axe. On dit qu'une telle substance est biréfringente : elle a deux possibilités de réfracter, c'est-à-dire **deux indices de réfraction n' et n''** , dépendant de la direction de la polarisation à l'intérieur de la substance.

On observe également de la biréfringence induite par des tensions mécanique, dans des matériaux initialement isotropes.

Dans les deux cas le matériau biréfringent se caractérise expérimentalement par :

- Deux directions différentes pour lesquelles les indices optiques n_1 et n_2 sont différents
- La présence de lignes neutres

L'observation de ces éléments, en particulier pour les cristaux, est lié à la direction d'observation et donc de propagation de la lumière et à la façon dont est taillé le cristal (ou la lame mince).

On peut montrer assez facilement qu'il apparait un déphasage entre les composantes de l'onde qui se propagent suivant chacune de ces deux directions.

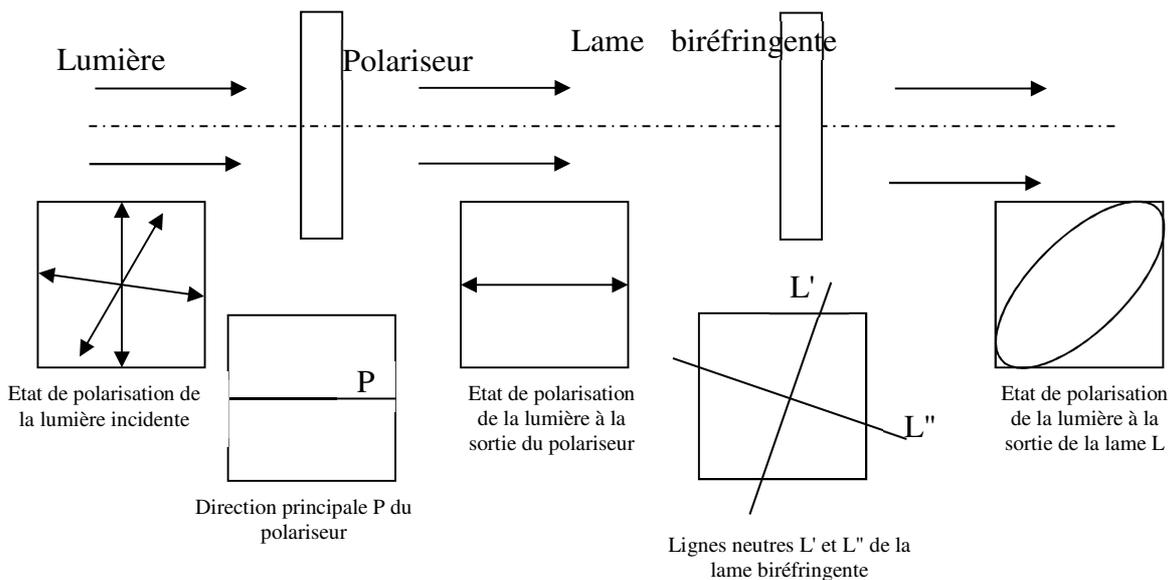
Le terme lame mince est employé pour des lames biréfringentes pour lesquelles le déphasage est bien défini. Ces lames sont caractérisées (caractéristique vendeur) par leur épaisseur optique $e \cdot \Delta n$ (avec $\Delta n = n_e - n_o$).

Remarque : les lames sont taillées // c.a.d. avec l'axe optique (indice n_e) // aux faces de la lame.

IV. EFFET D'UNE LAME BIREFRINGENTE SUR UNE VIBRATION RECTILIGNE:

Plaçons successivement un polariseur linéaire et une lame biréfringente sur le trajet d'une lumière non polarisée.

La vibration rectiligne à la sortie du polariseur est suivant P. En d'autres termes la direction du champ \vec{E} de la lumière à l'entrée de la lame biréfringente est suivant P.



La lame biréfringente L est caractérisée par ces deux lignes neutres L' et L". On parle de lignes neutres car si la vibration rectiligne incidente est parallèle à l'une d'elles, son état de polarisation n'est pas altéré à la sortie de la lame biréfringente.

Comme cela a été souligné dans l'introduction, les deux lignes neutres L' et L" de la lame biréfringente L ne sont pas identiques : lorsque la vibration à l'entrée est parallèle à l'une d'elle, elle se propage avec une vitesse V' ; lorsqu'elle est parallèle à l'autre, elle se propage à la vitesse V". On appelle biréfringence de la lame, la différence des indices n' et n" associés respectivement aux vitesses V' et V".

Supposons que la direction principale du polariseur P fasse un angle α avec la ligne neutre L' de la lame L. Bien noter que la direction P représente la direction du vecteur champ \vec{E} à l'entrée de L. A l'entrée de L, projetons le vecteur champ \vec{E} d'amplitude a suivant les directions OX et OY parallèles aux directions principales L' et L" de la lame biréfringente. Les deux composantes sont en phases :

$$X = a \cos\alpha \cos(\omega t) \qquad Y = a \sin\alpha \cos(\omega t)$$

Les deux vibrations traversent la lame sans être déformées, mais avec des vitesses différentes. Si la lame a une épaisseur -e-, à la sortie de la lame biréfringente on obtient :

$$X = a \cos\alpha \cos\omega(t - \frac{e}{V'}) \qquad Y = a \sin\alpha \cos\omega(t - \frac{e}{V''})$$

Par un simple changement de l'origine des temps tel que $t' = t - \frac{e}{V'}$ on obtient :

$$X = a \cos\alpha \cos(\omega t') \qquad Y = a \sin\alpha \cos\omega(t' - e(\frac{1}{V''} - \frac{1}{V'}))$$

C'est-à-dire

$$X = a \cos\alpha \cos(\omega t') \qquad Y = a \sin\alpha \cos(\omega t' - \varphi)$$

$$\text{Avec } \varphi = \frac{2\pi e \left(\frac{1}{V''} - \frac{1}{V'} \right)}{T} = \frac{2\pi e \left(\frac{c}{V''} - \frac{c}{V'} \right)}{cT} = \frac{2\pi e (n'' - n')}{\lambda}$$

Les deux vibrations présentent entre elles une différence de phase de $\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda} = \frac{2\pi e(n'' - n')}{\lambda}$ soit une différence de marche de $\delta = (n'' - n')e$.

Suivant les valeurs que prennent l'angle α , l'épaisseur de la lame e et la longueur d'onde λ , la vibration émergente peut être elliptique, circulaire ou rectiligne. Dans le cas particulier ou $\alpha = 0^\circ$, c'est-à-dire dans le cas où la vibration rectiligne incidente est, soit suivant L', soit suivant L", son état de polarisation ne change pas : la vibration émergente est alors rectiligne.

A partir de la mesure de φ , connaissant la longueur d'onde et l'épaisseur de la lame, il est donc possible d'en mesurer sa biréfringence.

A. LAMES BIREFRINGENTES PARTICULIERES.

1. lame demi onde

(On notera D' et D'' les lignes neutres² de la lame demi onde) :

Si la lame est telle que $\delta=\lambda/2$ ou $\varphi=(2k+1)\pi$, la lame est dite demi onde.

A l'entrée on a	$X = a \cos\alpha \cos(\omega t)$	$Y = a \sin\alpha \cos(\omega t)$
A la sortie on a	$X = a \cos\alpha \cos(\omega t)$	$Y = a \sin\alpha \cos(\omega t - \pi) = -a \sin\alpha \cos(\omega t)$

La vibration émergente reste rectiligne mais sa direction a changé. En effet, elle est le symétrique de la vibration incidente par rapport à D' et D'' (Figure 4)

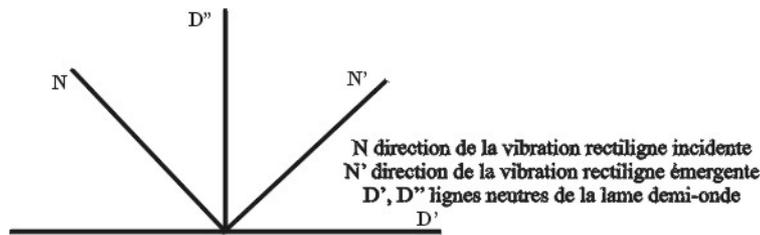


Figure 4 : Action de la lame demi-onde sur une vibration rectiligne

2. lame quart d'onde

(On notera Q' et Q'' les lignes neutres³ de la lame quart onde)

Si la lame est telle que $\delta=\lambda/4$ ou $\varphi=(2k+1)\pi/2$, la lame est dite quart-onde.

A l'entrée on a	$X = a \cos\alpha \cos(\omega t)$	$Y = a \sin\alpha \cos(\omega t)$
A la sortie on a	$X = a \cos\alpha \cos(\omega t)$	$Y = a \sin\alpha \cos(\omega t +/\pi/2)$
		$Y = +/-a \sin\alpha \sin(\omega t)$

La vibration émergente est elliptique.
 Dans le cas particulier ou $\alpha=45^\circ$ la vibration émergente est circulaire (gauche ou droite suivant le signe de φ).

B. METHODE SENARMONT POUR MESURER LA BIREFRINGENCE D'UNE LAME.

On réalise un montage dans lequel un faisceau de lumière parallèle de longueur d'onde λ traverse successivement un polariseur P, une lame biréfringente L et une lame quart d'onde Q.

- La vibration OP transmise par le polariseur est orientée à 45° des lignes neutres L' et L'' de la lame biréfringente L.
- Une des lignes neutres (Q' ou Q'') de la lame quart d'onde coïncide avec la direction P.
- On définit les axes OX et OY respectivement suivant L' et L''
- On définit les axes Ox et Oy tels que Ox est suivant P et Oy est perpendiculaire à Ox (Figure ci-contre).

² La notation D' et D'' correspond au cas particulier des lignes neutres (L', L'') d'une lame biréfringente demi-onde.

³ La notation Q' et Q'' correspond au cas particulier des lignes neutres (L', L'') d'une lame biréfringente quart d'onde.

A la sortie du polariseur P, la lumière est polarisée rectilignement suivant la direction P. On se trouve dans le cas particulier ou $\alpha=45^\circ$.

A l'entrée de la lame biréfringente L on a :
 $X = a \cos 45 \cos(\omega t)$ et $Y = a \sin 45 \cos(\omega t)$ c'est à dire
 $X = a \sqrt{2}/2 \cos(\omega t)$ et $Y = a \sqrt{2}/2 \cos(\omega t)$

A la sortie de la lame biréfringente L on a :
 $X = a \sqrt{2}/2 \cos(\omega t)$ et $Y = a \sqrt{2}/2 \cos(\omega t - \varphi)$

La vibration émergente est elliptique et inscrite dans un carré de côté $a\sqrt{2}$ (Figure ci-contre).
 Déterminons son équation dans le système d'axes Ox, Oy.

Par projection on a :
 $x = X \cos 45 + Y \sin 45$ et $y = -X \sin 45 + Y \cos 45$ donc
 $x = \sqrt{2}/2 (X+Y)$ et $y = \sqrt{2}/2 (Y-X)$

D'où :
 $x = a/2(\cos \omega t + \cos(\omega t - \varphi))$ et $y = a/2(\cos(\omega t - \varphi) - \cos \omega t)$
 Soit :
 $x = a \cos(\varphi/2) \cos(\omega t - \varphi/2)$ et $y = - a \sin(\varphi/2) \sin(\omega t - \varphi/2)$

Figure 5

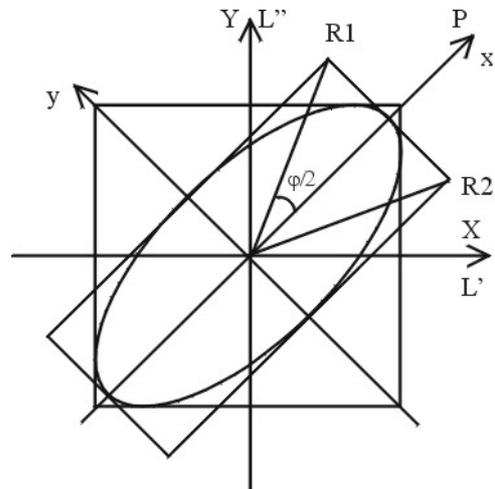
Avec un changement de l'origine des temps on obtient : $x = a \cos(\varphi/2) \cos(\omega' t)$ $y = - a \sin(\varphi/2) \sin(\omega' t)$

Cette vibration se trouve à l'entrée de la lame quart d'onde dont les lignes neutres Q' et Q'' se trouvent respectivement suivant Ox et Oy.

A l'entrée : $x = a \cos(\varphi/2) \cos(\omega' t)$ $y = - a \sin(\varphi/2) \sin(\omega' t)$
 A la sortie : $x = a \cos(\varphi/2) \cos(\omega' t)$ $y = - a \sin(\varphi/2) \sin(\omega' t + \pi/2)$
 C'est à dire : $x = a \cos(\varphi/2) \cos(\omega' t)$ et $y = +/- a \sin(\varphi/2) \cos(\omega' t)$

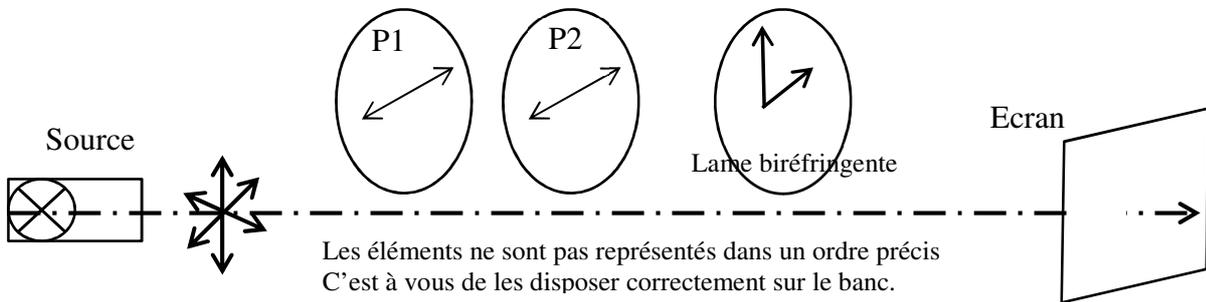
On obtient donc à la sortie de la lame quart d'onde une vibration rectiligne, qui ne se trouve plus suivant OP comme à la sortie du polariseur mais qui aura tourné d'un angle $+/- \varphi/2$. Suivant le signe de la déviation $\varphi/2$ la vibration rectiligne à la sortie sera, soit suivant R1, soit suivant R2 (Figure précédente).

Résumons : si j'arrive à mesurer précisément la position de la vibration rectiligne à la sortie du polariseur (à l'aide d'un analyseur), puis à mesurer précisément la position de la vibration rectiligne à la sortie de la lame quart d'onde (à l'aide d'un analyseur), je suis capable de déterminer la différence de phase φ introduite par la lame biréfringente et donc de déterminer la biréfringence ($n''-n'$) de la lame. C'est ce que nous nous proposons de faire avec le dispositif expérimental présenté dans les paragraphes suivant.



V. MISE EN EVIDENCE DES LIGNES NEUTRES

A. MONTAGE COMMUN



A chaque étape de la procédure vous devez être en mesure de donner l'état de polarisation de la lumière avant et après chaque élément posé sur le banc optique.

1. Placez la source de lumière (+filtre IR) et l'écran aux extrémités du banc optique.
2. Placez le premier polariseur (P1), sur le banc, après la source de lumière : observez l'écran. Et donc ?
3. Faites tourner le premier polariseur tout en observant l'écran. Que remarquez-vous ?
4. Donnez une orientation bien définie au premier polariseur et placez le second polariseur (P2 = analyseur) sur le banc : que remarquez-vous ?
5. Faites tourner l'analyseur tout en observant l'écran. Que remarquez-vous ?
6. Adoptez une configuration « Polariseur / Analyseur croisés » - « Ecran noir » -
7. Placer une lame mince ($\lambda/2$ ou $\lambda/4$, peu importe) entre P1 et P2 : observations ?
8. Faites tourner la lame mince (1 tour complet), dans son plan : observations ?
9. Imposez une direction de la lame mince telle que l'écran soit sombre, puis faites tourner l'analyseur (P2) (1 tour complet) : observations et conclusion ?
10. Retrouvez une configuration « Polariseur / Analyseur croisés » - « Ecran noir » - Puis placez la lame mince telle que l'écran soit sombre (en la faisant tourner dans son plan). Faites alors tourner le polariseur (P1) (1 tour complet) : observations et conclusion ?
11. Retirez P1, P2 et lame mince du banc. Faites tourner (dans leur plan), de façon aléatoire, P1, P2 et lame mince. Replacer ces éléments sur le banc : comment est polarisée la lumière arrivant sur l'écran ?

1. Lames demi-onde

$e.\Delta n = (p+1/2) \lambda$ $\Delta\phi = \pm \pi$ L'une des composantes de l'onde est en avance de $\lambda/2$ à la sortie de la lame.

Action d'une lame demi-onde sur de la lumière polarisée rectilignement

Faire schéma.

2. Lames quart d'onde

$e.\Delta n = (2p+1) \lambda/4$ $\Delta\phi = +\frac{\pi}{2}$ L'une des composantes de l'onde est en avance de $\lambda/4$ à la sortie de la lame.

Action d'une lame quart d'onde sur de la lumière polarisée rectilignement

Faire schéma.

VI. MESURE DE LA BIREFRINGENCE D'UNE LAME DE MICA

A. INVENTAIRE DU MATERIEL (PHOTO 1)

- 1 Banc d'optique Jobin-Yvon.
- 1 Lampe à vapeur de mercure.
- 1 Monochromateur type Bruhat.
- 1 Polariseur type Nicol⁴. Ce dispositif formé de deux lames de spath d'Islande, accolées avec une résine, élimine par réflexion totale le rayon ordinaire obtenu par biréfringence. Seul est conservé le rayon extraordinaire polarisé rectilignement (Figure 6).

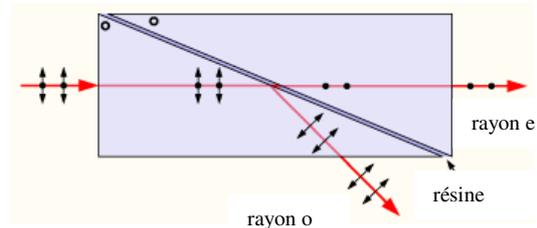


Figure 6 : Polariseur de type Nicol

- 1 lame mince de mica L (épaisseur 43 μm), escamotable,. montée sur un cercle gradué.
- 1 lame quart d'onde ($\lambda/4$) escamotable. Cette lame a été préparée de manière à ce qu'elle soit quart d'onde pour la radiation verte du mercure ($\lambda = 546,1 \text{ nm}$).
- 1 analyseur à pénombre (composé d'une lame demi-onde, d'un analyseur type nicol et enfin d'un viseur).

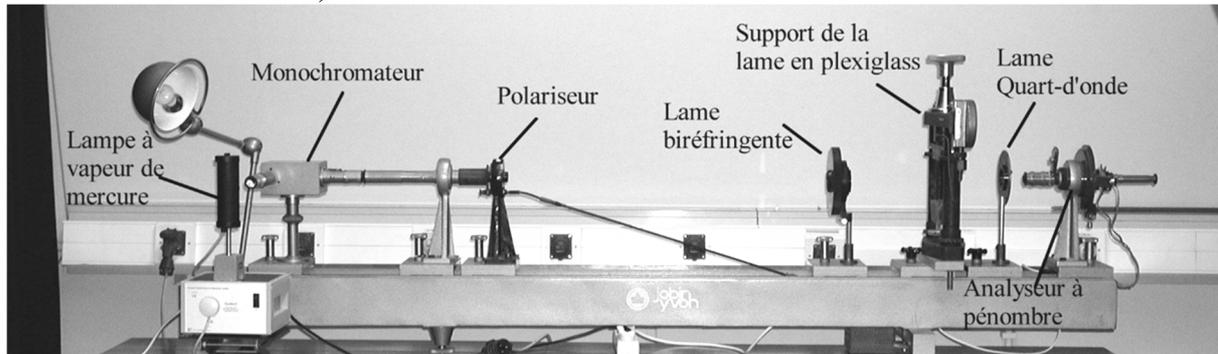


Photo 1 :Vue général du banc de mesure

B. PREREGLAGES :

1. Réglage de la source et du monochromateur (Photo 2 ; Figure 7)

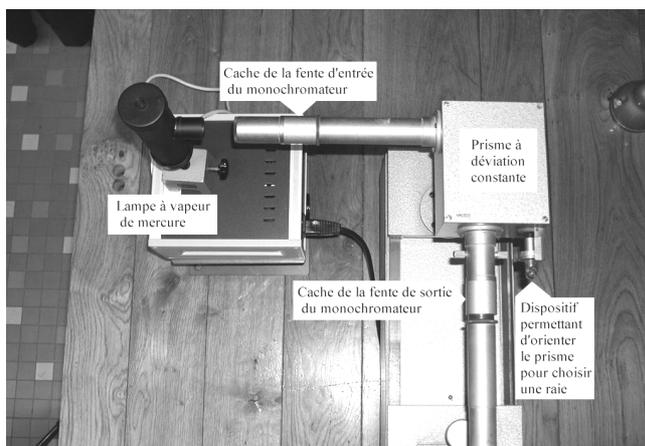


Photo 2: Vue de dessus du monochromateur

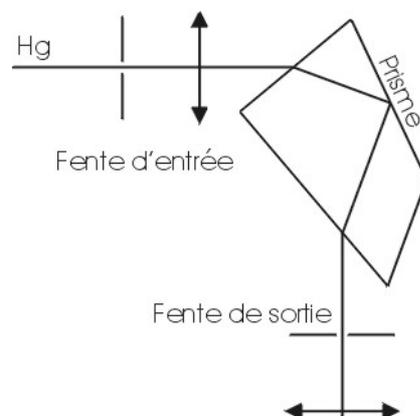


Figure 7: Schéma du monochromateur

⁴ Voir aussi le TP sur les polariseurs

- Tourner le cache de la fente d'entrée du monochromateur de manière à voir la fente d'entrée
- Orienter et positionner la lampe Hg de manière à observer l'image de la source sur la fente d'entrée. Masquer alors la fente d'entrée avec le cache.
- Tourner le cache de la fente de sortie du monochromateur de manière à voir la fente de sortie. Le spectre de la lame à vapeur de mercure est alors visible.
- **Si nécessaire**, orienter le prisme de manière à éclairer le trou (circulaire, $\varnothing < 1\text{mm}$) de sortie avec la radiation verte du mercure ($\lambda=5461\text{\AA}$). Tourner à nouveau le cache pour occulter la lumière extérieure.

2. Fonctionnement et réglage de l'analyseur à pénombre

(voir aussi le paragraphe d'introduction et l'analyseur éclaté)

Fonctionnement :

L'analyseur à pénombre permet de déterminer l'orientation d'une vibration rectiligne. Il est composé successivement d'une lame demi-onde, d'un polariseur/analyseur et enfin d'un viseur (Figure 8). La lame demi-onde est disposée de manière particulière. Seule la moitié du faisceau incident traverse la lame demi-onde de lignes neutres D' et D". La direction principale A de l'analyseur forme un angle ϵ avec la ligne neutre D' (Figure 9). Une plage circulaire composée de 2 demi-lunes est observable dans le viseur. L'une des deux demi-lunes est le résultat du passage de la lumière dans la lame demi-onde puis dans le polariseur/analyseur, l'autre demi-lune correspond au passage de la lumière dans le polariseur/analyseur seul.

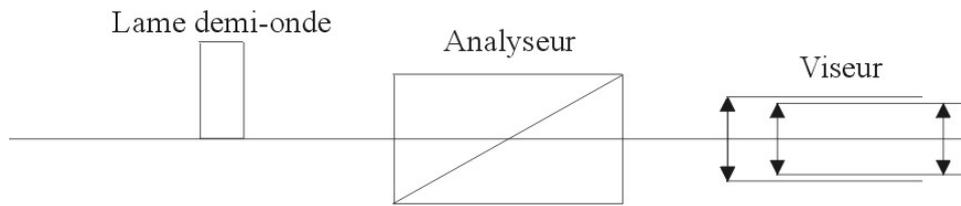
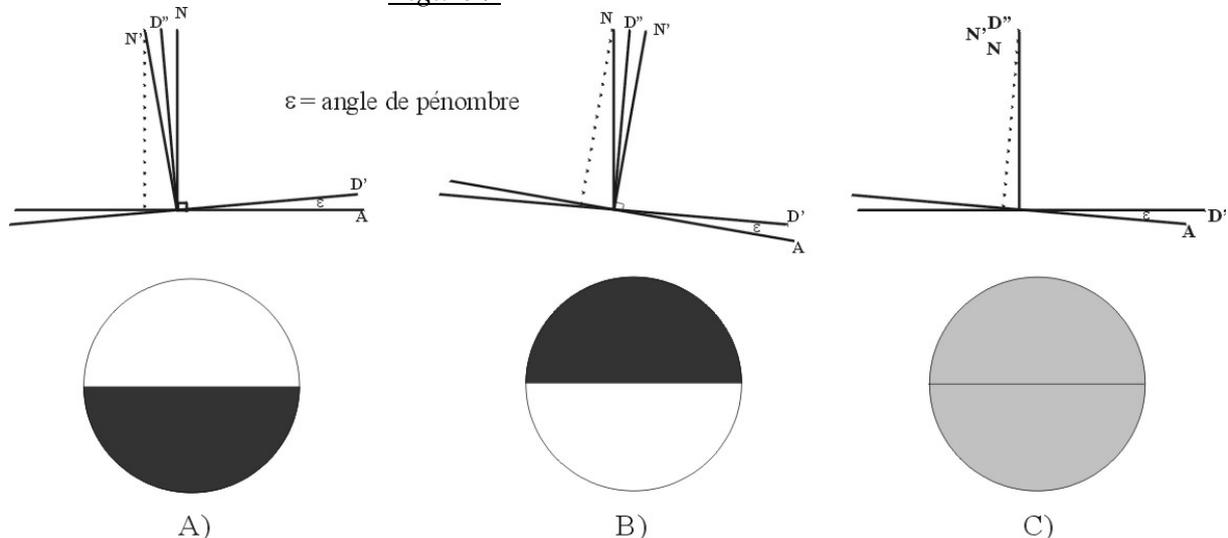


Schéma de l'analyseur à pénombre

Figure 8

Supposons que la vibration incidente rectiligne N est verticale (Figure 9), en tournant le bloc analyseur à pénombre (les trois éléments de l'analyseur à pénombre sont solidaires) l'éclairement des demi-lunes change. Trois situations intéressantes permettent un repérage précis de l'orientation de la vibration rectiligne incidente.

Figure 9



Trois situations sont à considérer :

Situation A (Voir Figure 9A)

- la vibration rectiligne incidente N ne traversant pas la lame demi-onde est perpendiculaire à la direction principale de l'analyseur. Cette vibration sera donc absorbée par l'analyseur. La demi lune correspondante sera éteinte

- la vibration rectiligne incidente traversant la lame demi-onde, ressort de la lame demi-onde suivant N' (symétrique de N par rapport à D"). La projection de N' suivant A n'étant pas nulle, une partie de la lumière sera transmise par l'analyseur. La demi-lune correspondante sera donc éclairée.

Situation B (Voir Figure 9B)

- la vibration rectiligne incidente N ne traversant pas la lame demi-onde n'est pas perpendiculaire à la direction principale de l'analyseur. La projection de N suivant A n'étant pas nulle, une partie de la lumière sera transmise par l'analyseur. La demi-lune correspondante sera donc éclairée.

- la vibration rectiligne incidente traversant la lame demi-onde, ressort de la lame demi-onde suivant N'. Dans ce cas N' est perpendiculaire à la direction principale de l'analyseur. Cette vibration sera donc absorbée par l'analyseur et la demi lune correspondante sera éteinte.

Situation C (Voir Figure 9C)

- la vibration rectiligne incidente ne traversant pas la lame demi-onde n'est pas perpendiculaire à la direction principale de l'analyseur. La projection de N suivant A n'étant pas nulle, une faible partie de la lumière sera transmise par l'analyseur. La demi-lune correspondante sera faiblement éclairée.

- la vibration rectiligne incidente N traversant la lame demi-onde est suivant D". Le symétrique de N par rapport à D" étant N, la vibration rectiligne émergente N' de la lame demi-onde est donc parallèle à N. La projection de N' suivant A sera la même que celle de N, la "même" quantité de lumière sera transmise par l'analyseur. L'éclairement de la demi-lune correspondante sera donc identique à l'autre demi-lune. On parle ici d'équipénombre.

En tournant le bloc analyseur à pénombre il sera possible d'observer dans le viseur successivement le cas A, C puis B ou l'inverse B, C et A. L'observation de l'équipénombre permet un repérage précis de l'orientation de la vibration rectiligne incidente.

3. Réglage de l'angle ϵ de l'analyseur à pénombre :

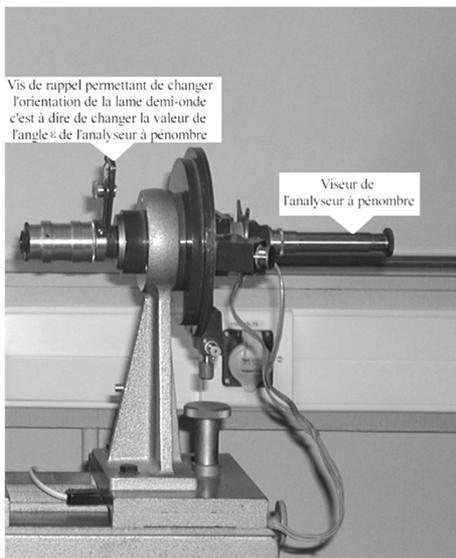


Photo 3

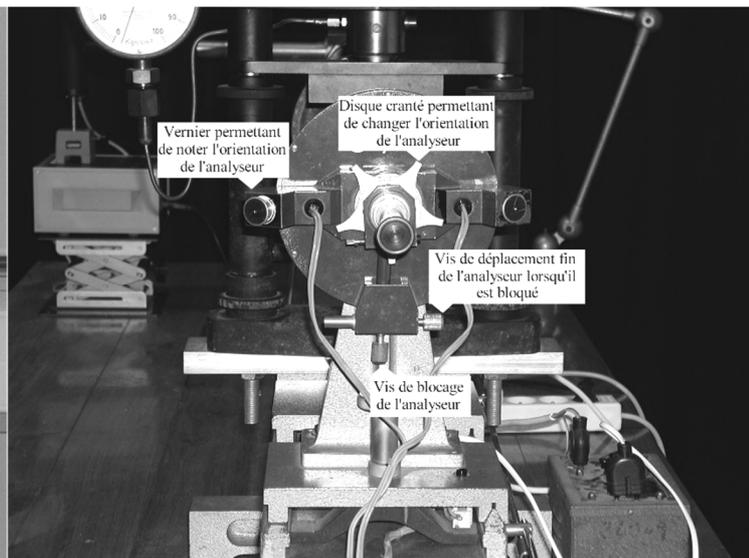


Photo 4

Une fois la source et le monochromateur réglés regardez dans le viseur de l'analyseur à pénombre (voir Photo 3). Le viseur est mis au point par tirage. Le polariseur étant dans un azimut quelconque, la lame quart d'onde escamotée, orienter l'analyseur à pénombre de façon à obtenir une demi-lune éteinte, bloquer l'analyseur (voir Photo 4). Faire un réglage fin avec la vis de déplacement fin (voir Photo 4). Lire le vernier et noter la graduation. Débloquer l'analyseur, l'orienter de manière à obtenir l'autre demi-lune éteinte, lire le vernier et noter la graduation. La différence des deux graduations est égale à 2ε . Il faut d'une part que cet angle ε soit petit, d'autre part que l'on puisse apprécier avec le maximum de précision l'équipénombre. Si la précision n'est pas suffisante changer l'angle ε grâce à la vis de rappel (voir Photo 3).

C. PROCEDURE POUR LA MESURE DE LA BIREFRINGENCE DE LA LAME DE MICA

- Le polariseur dans un azimut quelconque, la lame de mica L enlevée, la lame quart d'onde Q escamotée.
- Orienter l'analyseur à pénombre de manière à observer dans le viseur l'équipénombre. Lire le vernier et noter la graduation : soit a_1 .
- Placer sur le banc d'optique la lame quart d'onde. Orienter la lame quart d'onde de manière à retrouver l'équipénombre. Ainsi P se trouve dans la même direction soit de Q' soit de Q".
- Placer sur le banc d'optique la lame de mica L. Orienter la lame de mica de manière à retrouver l'équipénombre. Ainsi P se trouve dans la même direction soit de L' soit de L". Noter l'azimut de la lame de mica sur sa monture : soit b.
- Tourner la lame de mica de 45° , l'azimut de la lame L sera donc de $b+45^\circ$. Les lignes neutres de la lame L' et L" se trouvent donc à 45° de la direction principale P du polariseur. En d'autres termes la direction de champ \mathbf{E} de la lumière à l'entrée de la lame biréfringente est à 45° des lignes neutres L' et L".
- Dans le viseur, l'équipénombre est détruite, tourner l'analyseur pour la rétablir, lire sur le vernier et noter la graduation a_2 . Comme nous l'avons vu, la différence $a_1 - a_2$ est proportionnelle à la différence de phase introduite par la lame de mica. On a $a_1 - a_2 = \varphi/2$.
- Répéter la mesure après avoir tourné la lame de mica de 90° . On se place donc dans un azimut $b - 45^\circ$.
- Répéter les deux mesures précédentes après avoir tourné la lame quart d'onde de 90° . Pour cela remettre la lame de mica L en b, tourner Q d'environ 90° , puis achever le réglage de Q en rétablissant l'équipénombre. Enfin orienter la lame de mica L successivement en $b+45^\circ$ puis $b-45^\circ$.

Les quatre mesures doivent vous donner des valeurs de φ similaires (en valeur absolue).

Prendre la moyenne des quatre valeurs obtenues de φ pour en déduire, avec une plus grande précision, la biréfringence de la lame de mica sachant que :

$$\varphi = \frac{2\pi e(n'' - n')}{\lambda}$$

Données : $\lambda = 5460\text{\AA}$ et $e = 42\mu\text{m}$

Bibliographie, Site Internet :

Optique géométrique et ondulatoire (J.P. PEREZ, Edt MASSON), p. 211 – 215
 Optique expérimentale (SEXTANT, Edt HERMANN), p. 260 – 282
 Optique instrumentale (G.A. BOUTRY, Edt MASSON)
 Manuel d'optique – G. Chartier – Editions Hermes, p. 195 - 234