

## TP Optique anisotrope et polarisation 1/2

Dans les expériences qui suivent, on utilise deux types de cristaux biréfringents taillés en lames à faces parallèles (noté //). On donne ici les indices ordinaire  $n_o$  et extraordinaire  $n_e$  pour ces cristaux, à la longueur d'onde de 589.3 nm :

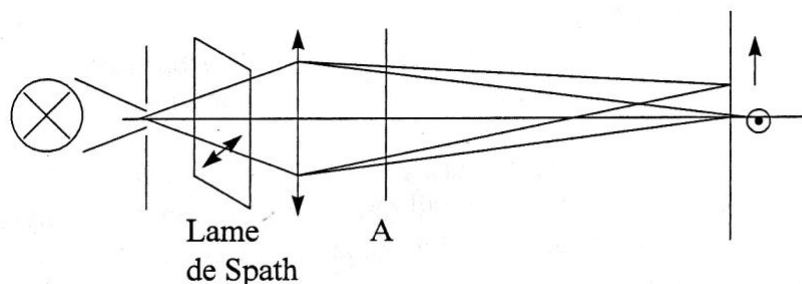
Cristal	$n_o$	$n_e$	$\Delta n = n_e - n_o (\times 10^{-3})$
QUARTZ	1.54424	1.55335	9.11
SiO <sub>2</sub> , hexagonal			Cristal positif ( $\Delta n > 0$ )
SPATH	1.65835	1.48640	-171.95
CaCO <sub>3</sub> , rhomboédrique			Cristal négatif

Source : American Institute of Physics Handbook, 6-27

### I. MISE EN EVIDENCE DU PHENOMENE DE BIREFRINGENCE

#### Poste #1 : Biréfringence d'un cristal de spath

Le rhomboèdre de spath est taillé approximativement à 45° de l'axe optique. Un rayon normal à la face d'entrée va donc être réfracté différemment suivant la polarisation. En intercalant le cristal avant la lentille on observe deux images d'un trou source. L'une d'elles n'est pas déviée : elle correspond au rayon **ordinaire** ; l'autre est déviée : elle correspond au rayon **extraordinaire**. En utilisant un analyseur on peut montrer que ces images sont polarisées à 90° l'une de l'autre et repérer la polarisation des ondes ordinaire et extraordinaire.



Biréfringence d'une lame de spath

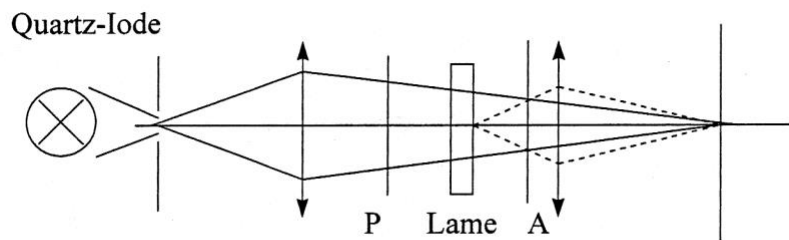
#### Poste #2 : Teintes de Newton

C'est un phénomène d'interférences en lumière blanche polarisée dû à la biréfringence de la lame cristalline. Si la lame est suffisamment mince, on observe une coloration correspondant à l'une des teintes de l'échelle de Newton, semblable à celle que l'on peut observer pour une lame isotrope. Pour des lames plus épaisses, l'ordre d'interférence est élevé : on obtient un blanc d'ordre supérieur que l'on peut analyser à l'aide d'un spectromètre (voir la partie IV : spectre cannelé).

Lames utilisées : quartz // d'épaisseur 60  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 4 mm (blanc d'ordre supérieur), scotchs

superposés (la biréfringence étant due à l'étirement du scotch).

Sur le montage suivant, on observera pour une lame mince des teintes complémentaires suivant que le polariseur et l'analyseur sont croisés ou parallèles.



#### teintes de Newton

- Après avoir croisé le polariseur et l'analyseur (extinction, sans la lame), interposer la lame mince.
- Par rotation de celle-ci on peut rétablir l'extinction initiale : les axes neutres de la lame sont alors parallèles aux axes des polariseur et analyseur. Evaluer la précision sur le repérage des axes neutres.
- Tourner la lame de  $45^\circ$  afin de faire interférer des vibrations orthogonales de même amplitude : on observe une teinte due à l'interférence entre les deux vibrations déphasées par la lame. Entre polariseur et analyseur **parallèles**, le retard induit entre les deux polarisations ( $\delta = e\Delta n$ ) est lu sur **l'échelle 1** (à centre blanc) de Newton. Entre polariseur et analyseur **croisés**, le retard ( $\delta + \lambda/2$ ) est lu sur **l'échelle 2** (à centre noir).
- Remplacer l'analyseur par un **prisme de Wollaston** : on observe deux images de teintes complémentaires (leur superposition est blanche).

*Remarque : cette méthode est parfois utilisée par des géologues, pour caractériser des roches observées au microscope polarisé. Mais remonter précisément à  $e\Delta n$  de cette manière (en distinguant le vert bleuâtre du bleu verdâtre) s'avère parfois délicat. Cette expérience est surtout une (jolie) expérience d'illustration.*

## II. ANALYSE D'UNE POLARISATION ELLIPTIQUE: METHODE $\lambda/4$

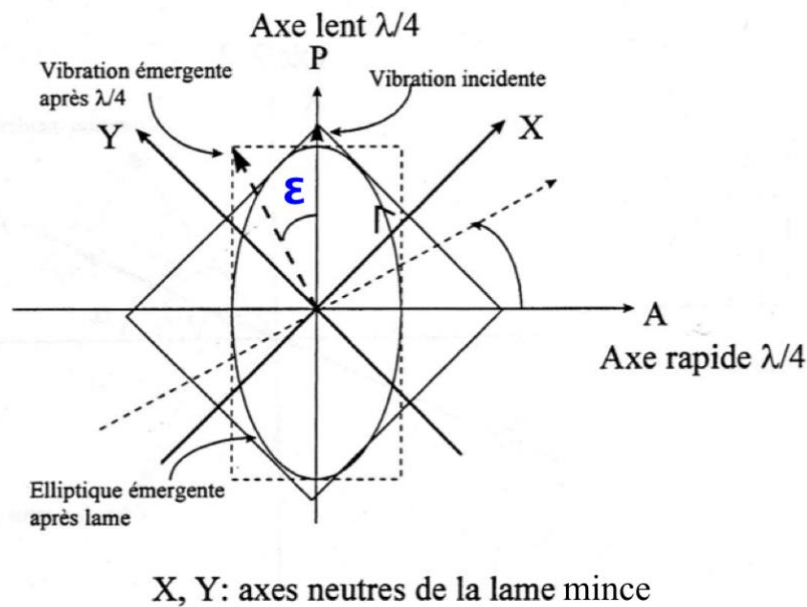
Il est possible de reprendre le montage d'observation des **Teintes de Newton** (poste #2) en éclairage (quasi-) monochromatique pour mesurer **l'état de polarisation** issue de la lame biréfringente introduite :

- si en tournant l'analyseur on obtient une position pour laquelle l'extinction est totale, la polarisation émergente après la lame est rectiligne et la direction de l'analyseur est à  $90^\circ$  de cette polarisation (la lame introduite a alors un déphasage de  $\varphi = 2\pi/\lambda \cdot \Delta n e = k\pi$  ( $k$  pair: lame d'onde;  $k$  impair: lame demi-onde).
- si la rotation donne un minimum non nul de l'intensité, alors la polarisation sortante est elliptique.
- si la rotation ne modifie pas l'intensité résultante, alors la polarisation sortante est circulaire ( $\varphi = k\pi/2$  avec  $k$  impair).

Ces observations sont différentes dans le cas d'une polarisation partiellement polarisée, pour laquelle un fond continu s'ajoute à l'intensité observée.

La **méthode de la lame  $\lambda/4$**  permet de détecter la présence d'une composante non polarisée. Cette méthode est utilisée pour étudier les caractéristiques d'une vibration elliptique en général, produite par exemple par réflexion sous incidence oblique sur une surface métallique. Elle a l'avantage de pouvoir lever l'indétermination sur le sens de parcours de l'ellipse.

On appliquera ici la méthode  $\lambda/4$  à la **caractérisation** de la **vibration elliptique** issue d'une lame biréfringente éclairée par une polarisation rectiligne à  $45^\circ$  de ses axes neutres. On peut démontrer que l'**ellipticité  $\epsilon$**  (déterminée expérimentalement) est liée au déphasage  $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_Y - n_X)e$  dû à la traversée de la lame, par :  $\epsilon = \frac{\phi}{2}$  ou  $\epsilon = \frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2}$  (suivant que le grand axe de l'ellipse est parallèle ou orthogonal à la polarisation incidente).



**Figure 1** – Méthode  $\lambda/4$  pour la mesure de la biréfringence d'une lame mince

### Principe de la méthode

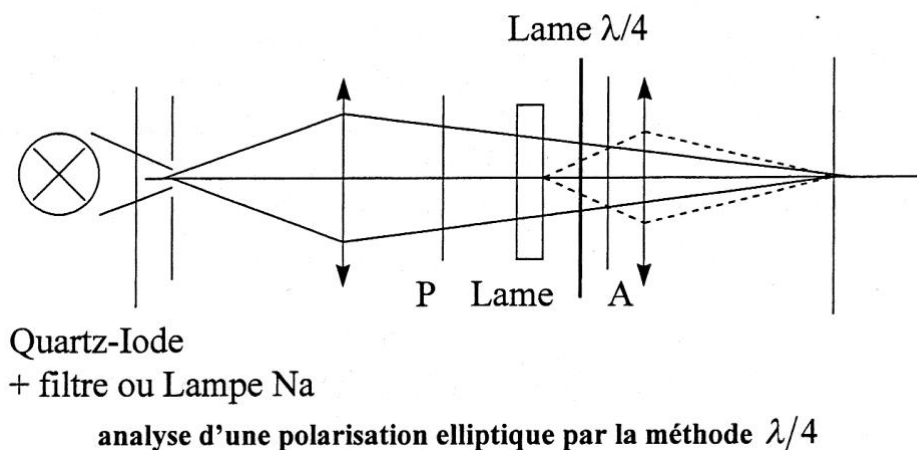
- Si on ajoute sur le trajet optique d'une vibration elliptique une lame  $\lambda/4$  orientée de sorte que ses axes neutres coïncident avec ceux de l'ellipse de vibration, il en **ressort** une **polarisation rectiligne** selon une **diagonale<sup>1</sup> du rectangle** dans lequel est inscrit d'ellipse (et de côtés parallèles à ses axes) [Figure 1].
- Lorsque la vibration elliptique résulte de la traversée d'une lame mince par un faisceau initialement polarisé par un polariseur **P**, l'axe de ce dernier est aligné avec l'un des axes de l'ellipse et coïncide donc avec un axe neutre de la lame  $\lambda/4$ .
- Si l'on choisit de positionner l'axe lent de la lame  $\lambda/4$  selon **P**, l'angle que fait la vibration rectiligne en sortie de la lame  $\lambda/4$  par rapport à **P** n'est autre que l'**ellipticité  $\epsilon$  de la lame mince**.
- Un **analyseur A** initialement croisé avec **P**, devra alors être tourné de  $\epsilon$  dans le sens de parcours de l'ellipse (droite ou gauche) pour retrouver une extinction (**Figure 1**).

<sup>1</sup> La diagonale concernée dépend du sens de rotation de l'ellipse.

### Poste #3 : Analyse d'une polarisation elliptique par la méthode de la lame $\lambda/4$

Le but de cette expérience est de **déterminer le déphasage  $\phi$**  de la lame mince en mesurant l'angle  $\psi$  (**Figure 1**). Si l'échantillon n'est pas trop épais cette mesure donne directement la différence de marche introduite par la biréfringence de la lame. S'il est plus épais, on n'obtient que le déphasage à  $2k\pi$  près. La détermination de  $k$  est faite par une autre méthode (compensateur de Babinet ou spectre cannelé).

➤ Réaliser le montage suivant :

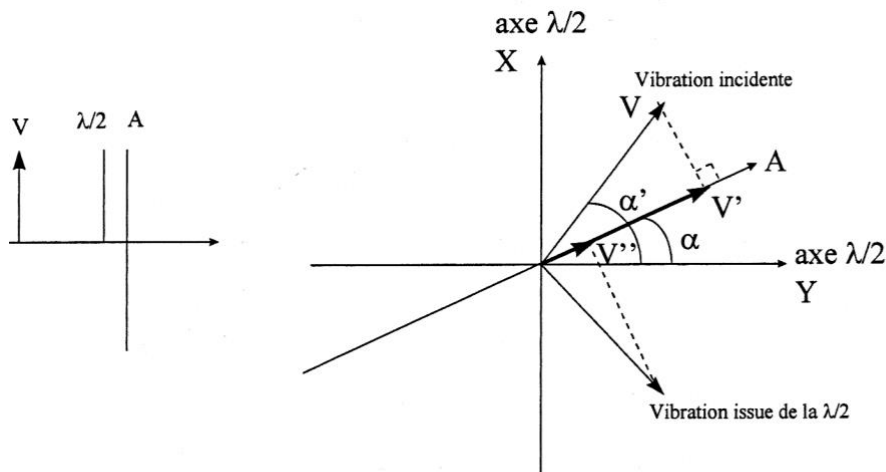


- Avant d'interposer la lame, faire l'extinction totale avec P et A (ou mieux, entre polariseur et analyseur à pénombre), puis avec la lame  $\lambda/4$  dont on aura placé l'axe lent suivant P. Cette dernière précaution permet de s'assurer du sens de parcours de l'ellipse par la suite.
- Après avoir interposé la lame à  $45^\circ$  de P et A (faire l'extinction puis tourner la lame ; évaluer la précision sur le repérage des axes neutres), tourner l'analyseur (d'un angle  $\psi$  inférieur à  $90^\circ$ ), de manière à rétablir l'extinction.
- En déduire le déphasage introduit par une lame de quartz taillée // d'épaisseur  $200\ \mu\text{m}$ . Préciser l'axe lent de la lame.

#### Remarques:

- Attention au choix des lames d'onde ( $\lambda/4$  et  $\lambda/2$ ) : certaines sont achromatiques, c'est à dire qu'elles restent bien  $\lambda/4$  ou  $\lambda/2$  sur une large plage de longueurs d'onde (par exemple 400-700 nm), tandis que d'autres ne sont  $\lambda/4$  ou  $\lambda/2$  que pour une longueur d'onde bien spécifique, en général indiquée sur la lame.
- Une lame d'onde constituée simplement d'une lame de quartz ou de calcite taillée // à l'axe optique ne sera  $\lambda/4$  qu'autour de certaines longueurs d'onde. La gamme d'utilisation, autour de cette longueur d'onde, sera plus grande pour une lame d'ordre 0 que pour une lame d'ordre élevé. Pour rendre la lame plus achromatique, il faut exploiter la dispersion du matériau, qui peut venir compenser les variations de longueur d'onde, de manière à maintenir constant le rapport  $\Delta n/\lambda$  (cela requiert en pratique d'accoler deux lames de matériaux différents). Il existe aussi des lames d'onde constituées d'un film de plastique étiré, un peu comme les polariseurs dichroïques (« polaroids »), en général prévues pour une utilisation dans le jaune.

- L'extinction est assez difficile à évaluer avec précision. Pour augmenter la précision de la mesure on peut utiliser un **analyseur à pénombre** : c'est un polariseur superposé à une lame demi-onde sur la moitié de sa surface, les axes neutres de la  $\lambda/2$  formant avec l'analyseur un angle  $\alpha$  de l'ordre du degré (cf. figure).



**Principe de l'analyseur à pénombre**

Les intensités des vibrations  $V'$  et  $V''$  sont identiques quand la vibration incidente  $V$  est suivant un des axes neutres de la  $\lambda/2$ . On a alors l'équi-pénombre pour  $\alpha' = \pi/2$  et des zones claires identiques pour  $\alpha' = 0$ .

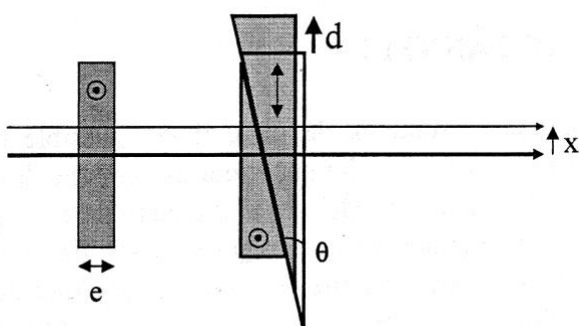
On utilisera de préférence l'équi-pénombre, dont on peut montrer que la précision de pointé est de  $\alpha/400$  environ, l'œil étant beaucoup plus sensible au contraste pour des zones faiblement éclairées.

- Dans cette expérience, nous savions que les axes de l'ellipse de polarisation coïncidaient avec ceux du polariseur (cela est propre à cette expérience). Cela a permis simplement d'orienter les axes de la  $\lambda/4$  de test (qui doivent correspondre à ceux de l'ellipse). Mais comment feriez-vous pour caractériser une polarisation elliptique totalement inconnue ? Et comment déterminer si une vibration est totalement polarisée ou seulement partiellement polarisée (c'est à dire comporte une composante dont la polarisation fluctue très rapidement) ?

### III. MESURE DE BIREFRINGENCE : COMPENSATEUR DE BABINET

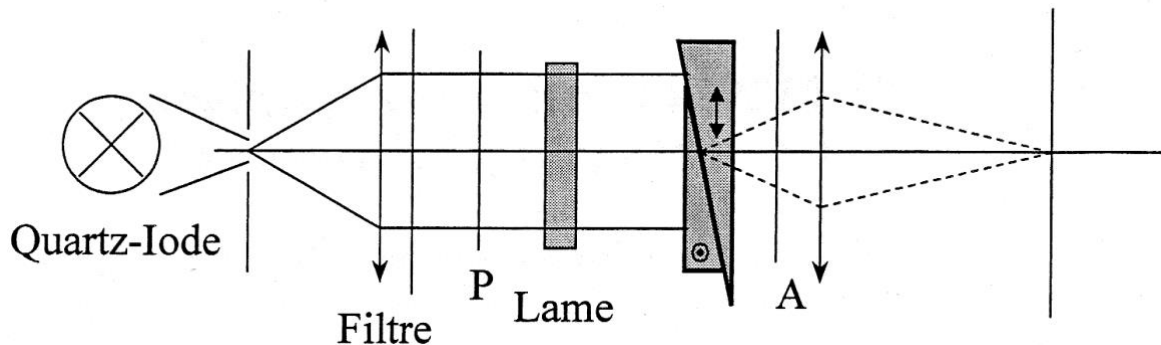
#### Poste #4 : Mesure de biréfringence avec le compensateur de Babinet

Le **compensateur de Babinet** est constitué d'un prisme de Wollaston (formé de deux coins de quartz accolés, taillés parallèlement à l'axe optique et d'axes perpendiculaires). Un des coins peut se déplacer. On note  $\theta$  l'angle au sommet des coins, et  $\Delta n^B = n_e^B - n_o^B$ . Une vis micrométrique permet de repérer la position d du coin mobile.



Lorsqu'on place la lame à étudier, d'épaisseur  $e$  et de biréfringence  $\Delta n^L = n_e - n_o$  devant le compensateur, celle-ci introduit une différence de marche  $\delta_o = e\Delta n^L = (k + \varepsilon)\lambda_0$  (où  $k$  est entier et  $\varepsilon$  représente l'excédent fractionnaire).

Le compensateur, placé entre polariseur et analyseur croisés, fait apparaître des franges d'interférences localisées sur un plan passant par l'arête du sommet du coin mobile. Le contraste est maximal lorsque les lignes neutres de la lame sont orientées à  $45^\circ$  de la direction de polarisation incidente.



En lumière blanche, la frange centrale est une frange achromatique noire. Un déplacement  $d$  du coin correspond à un déplacement  $x = d/2$  de la frange centrale.

Un **étalonnage préliminaire** permet de relier l'indication du vernier à la différence de marche introduite par le compensateur :

- Le compensateur est placé entre polariseur et analyseur croisés. Après avoir repéré ses axes neutres, tourner le compensateur de  $45^\circ$  : des franges apparaissent. On ajoute au montage un filtre interférentiel à la longueur d'onde  $\lambda_0 = 578 \text{ nm}$  (ou  $589 \text{ nm}$ ), et l'on mesure la variation  $\Delta y$  du vernier correspondant au défilement de  $N$  franges. On sait ainsi, pour la suite, qu'en déplaçant de  $y$  le vernier, on fait varier la différence de marche introduite par le compensateur de  $\lambda_0 \frac{Ny}{\Delta y}$ .

Du fait de la dispersion du compensateur, cette calibration n'est valable qu'à la longueur d'onde  $\lambda = \lambda_0$ .

- Revenir en lumière blanche. On observe des franges décrivant les teintes de Newton à centre noir. Amener la frange noire entre les deux fils du réticule et noter la position de la vis.
- On ajoute une lame de quartz à faces parallèles taillée //, et d'épaisseur  $e = 200 \mu\text{m}$ . On se place en éclairage parallèle, en lumière blanche, entre polariseur et analyseur croisés. Repérer les lignes neutres du compensateur et de la lame de quartz et les tourner de  $45^\circ$ . Le contraste des franges est alors maximal. A l'aide de la vis micrométrique, amener la frange centrale noire entre les deux fils du réticule. Noter la position de la vis.
- En déduire la différence de marche  $\delta_0$  de la lame, puis sa biréfringence  $\Delta n^L$ , connaissant son épaisseur  $e$ .
- Quelle précision peut-on atteindre ? Pour quelle longueur d'onde a-t-on mesuré  $\Delta n^L$  ?

#### IV. SPECTRE CANNELE

##### Poste #5 : Spectre cannelé de biréfringence

Pour des lames d'épaisseur suffisante (quelques centaines de  $\mu\text{m}$ ), il est possible de mesurer la biréfringence en observant un spectre du blanc d'ordre supérieur qui émerge de la lame entre polariseur et analyseur croisés.

- On choisira une lame de d'épaisseur  $\approx 4\text{ mm}$ , et on la placera sous éclairage le plus parallèle possible en orientant ses axes neutres à  $45^\circ$  des axes des polariseurs. A l'aide du prisme à vision directe, visualiser le spectre de la lumière émergeant du dispositif.

Il apparaît des cannelures dans le spectre, qui correspondent aux minima d'intensité transmise  $I = I_0 \sin^2 \frac{\phi}{2}$  où  $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n^L e$ , obtenus pour les longueurs d'onde telles que :  $\Delta n^L e = \left(p + \frac{1}{2}\right) \lambda_p$

- Grace au spectromètre USB fibré, relever les longueurs d'onde de plusieurs cannelures noires successives. Les reporter sur un graphique bien choisi, vous permettant de déterminer  $\Delta n^L e$ . Comme  $\Delta n^L$  varie faiblement avec  $\lambda$ , on pourra considérer qu'il est constant en première approximation.

La précision de réglage de l'orientation des polariseurs et de la lame influe-t-elle beaucoup sur la mesure de  $\Delta n^L e$  dans ce montage ? On donne les indices de réfraction suivants :

$\lambda$ (nm)	$n_o$	$n_e$	$\Delta n = n_e - n_o (\times 10^{-3})$
434	1.55396	1.56339	9.43
508	1.54822	1.55746	9.24
589.3	1.54424	1.55335	9.11
768	1.53903	1.54794	8.91

Source : American Institute of Physics Handbook, 6-27

#### V. INTERFERENCES EN LUMIERE CONVERGENTE

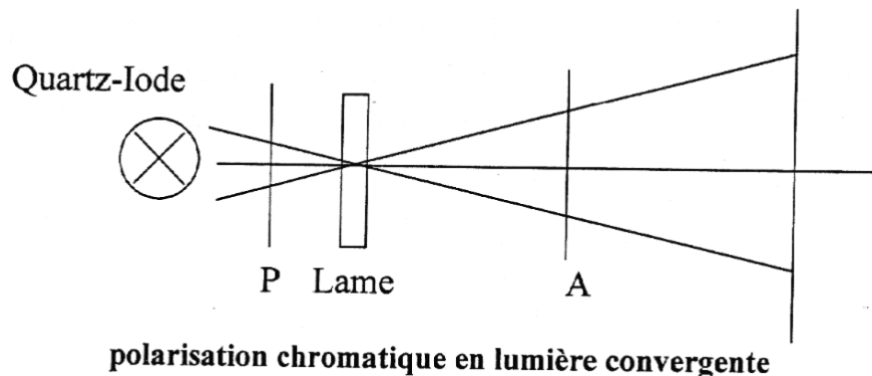
##### Poste #6 : Spectre cannelé de biréfringence

A partir de la figure d'interférence d'un cristal, on peut déduire certaines de ses caractéristiques. Un rayon éclairant une lame à faces parallèles donne deux rayons émergents parallèles : les franges sont donc localisées à l'infini.

Faites converger à l'aide du condenseur la lumière blanche issue d'une lampe quartz-iode sur la lame d'intérêt.



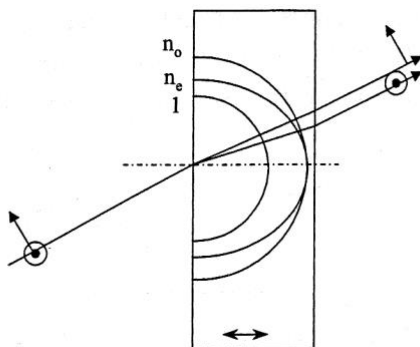
**ATTENTION !!** à bien intercaler un filtre anticalorique entre la lame et la lampe.



Pour une lame taillée perpendiculairement à l'axe optique : (spath d'épaisseur 3 mm). Entre P et A croisés, on observe donc des anneaux irisés superposés à une croix noire (croix de Malte) comme expliqué en cours.

La différence de marche entre deux rayons émergents polarisés perpendiculairement dépend de l'angle d'incidence du rayon et de la biréfringence du cristal  $\Delta n$ , et est nulle pour le rayon normal. Pour le plan d'incidence qui contient la direction du polariseur, seule une composante de polarisation est présente, elle se propagera donc dans le cristal et sera éteinte après traversée de l'analyseur. De même pour la direction perpendiculaire. D'où la croix noire, qui est blanche entre P et A parallèles. Le contraste des anneaux est maximum à  $45^\circ$  des directions de P et A. Les rayons émergents sont parallèles. On peut montrer que le rayon des anneaux  $i$  est relié à la différence de marche par la relation :

$$\delta = \frac{i^2}{n_e n_o} \frac{\Delta n}{n_e} e$$



Lame de biréfringence négative taillée  $\perp$

Dans le cas d'une lame de quartz (plutôt que de spath) taillé  $\perp$  d'épaisseur équivalente, les anneaux sortent du champ ce qui rend la visualisation plus difficile (la biréfringence est trop faible), et le centre de la figure n'est pas noir en raison du pouvoir rotatoire du quartz.

Enfin, pour s'affranchir de la croix noire imposée par P et A, on peut interposer des lames  $\lambda/4$  avant et après la lame. La vibration incidente sur la lame est en effet circulaire, aucune direction de polarisation n'est alors privilégiée.

## VI. PRODUCTION D'UNE LUMIERE POLARISEE PAR D'AUTRES PROCEDES QUE LA BIREFRINGENCE

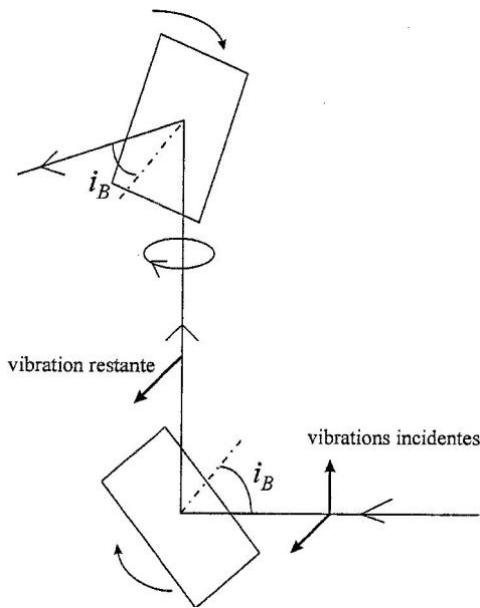
### Poste #7 : Production de lumière polarisée par réflexion

#### a) Polarisation par réflexion vitreuse : Appareil de Nörremberg

La lumière réfléchiée dans une réflexion vitreuse est polarisée (on utilise ici des miroirs en verre noirci pour s'affranchir des réflexions métalliques). En particulier pour l'incidence de Brewster,



le faisceau réfléchi est polarisé perpendiculairement au plan d'incidence. On peut le montrer par rotation d'un miroir par rapport à un faisceau polarisé dans le plan d'incidence, de manière à obtenir une extinction pour l'angle de Brewster.

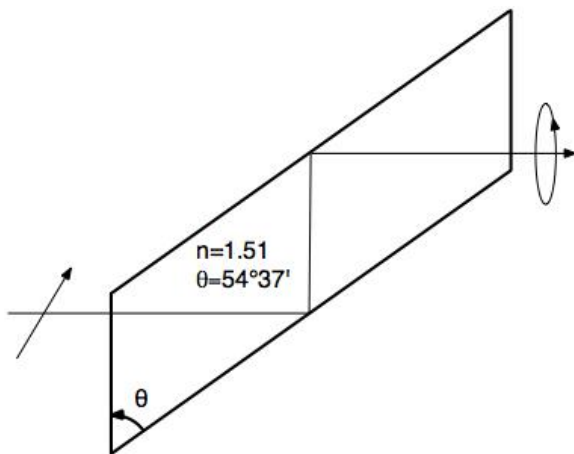


Dans l'appareil de Nörremberg, un premier miroir joue le rôle de polariseur, lorsqu'il est réglé à l'incidence de Brewster. L'analyseur est un second miroir (cf. figure) : on observera une extinction d'intensité pour un angle d'inclinaison des miroirs de  $56^\circ$  environ (interface air-verre avec  $\tan i_B = n$ ).

A  $\theta$  fixé, on remarque un minimum d'intensité pour  $i = i_B$ . Le minimum absolu est obtenu pour  $\theta = \pi/2$  (la polarisation incidente sur le second miroir est dans son plan incidence).

### b) Polarisation par déphasage à la réflexion verre-air : rhomboèdre de Fresnel

Lors de la réflexion d'une onde sur une interface diélectrique, il apparaît un déphasage  $\delta$  entre les composantes TE et TM du champ électrique. On peut exploiter cet effet pour créer une polarisation circulaire à partir d'une polarisation linéaire grâce au rhomboèdre de Fresnel, parallélépipède en verre judicieusement taillé.



- Faire arriver en incidence normale le faisceau laser HeNe sur le rhomboèdre (cf. figure)
- Orienter à  $45^\circ$  la polarisation de l'onde incidente par rapport à la normale au plan d'incidence de façon à ce que les composantes TE et TM soit de mêmes amplitudes.
- Lors des réflexions aux interfaces verre (indice 1.51 à  $\lambda=589$  nm)-air, un déphasage  $\delta$  est accumulé tel que :

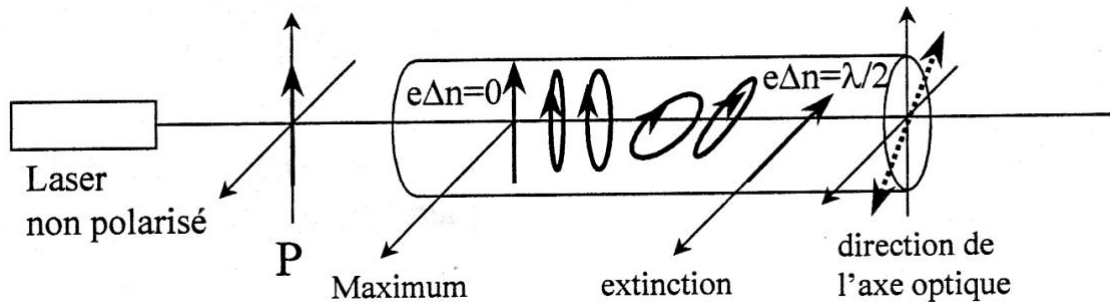
$$\tan \frac{\delta}{2} = \frac{\cos i \sqrt{n^2 \sin^2 i - 1}}{n \sin^2 i}$$

Pour  $i = \theta = 54^\circ 37'$  et  $n = 1.51$ ,  $\delta = \pi/4$  de sorte qu'après les deux réflexions, l'onde initialement polarisée linéairement est polarisée circulairement en sortie.

- Vérifier qualitativement, à l'aide d'un polariseur, que l'onde émergeant du rhomboèdre est polarisée circulairement.
- S'en assurer plus quantitativement à l'aide d'une lame  $\lambda/4$ .

## Poste #8 : Polarisation par diffusion - Barreau de Plexiglass

La fabrication du barreau de plexiglas impose une anisotropie du matériau qui le rend semblable à un milieu uniaxe dont l'axe optique est incliné par rapport à l'axe du barreau. Suivant le déphasage entre les lignes neutres, l'état de polarisation est modifié au cours de la



propagation. Par ailleurs, la lumière diffusée par de petites particules (de dimension inférieure à la longueur d'onde) ou des inhomogénéités du matériau est partiellement polarisée (voir les propriétés du rayonnement par un dipôle oscillant).

On observe donc une extinction modulée du faisceau au cours de la traversée du barreau.

---

## Complément

### Repérage des axes rapides et lents d'une lame mince (Méthode dite de Tutton)

Dans le montage utilisé pour observer les **Teintes de Newton** (poste #2) en lumière blanche entre P et A croisés, la lame est placée avec ses lignes neutres à  $45^\circ$  des axes du polariseur/analyseur.

Pour un milieu uniaxe, une rotation **autour de l'axe optique** entraîne une augmentation du déphasage, et une rotation autour de l'autre ligne neutre une diminution. Ainsi si l'on tourne une lame de quartz (milieu positif) autour de son axe optique (axe rapide), le champ polarisé parallèlement à l'autre ligne neutre (axe lent) traverse une épaisseur de lame plus grande, si bien que le déphasage  $\delta\phi$  (phase de la vibration selon l'axe lent moins la phase de celle selon l'axe rapide) augmente. La teinte se décale donc vers le rouge (vrai pour une lame de  $60\mu\text{m}$  d'épaisseur, ou en général vers des teintes de Newton correspondant à une épaisseur de lame plus grande).

Si on tourne la lame autour de l'axe lent de la lame de quartz,  $\delta\phi$  diminue, et la teinte se décale vers le gris-noir (ou du moins vers des teintes de Newton correspondant à une épaisseur plus faible, pour une lame de quartz d'épaisseur de  $60\mu\text{m}$  cela marche bien).

➤ Identifier l'axe rapide de la lame.

\*\*\*

# Matériel pour TP Optique Anisotrope 1

## Poste # 1: Biréfringence d'une lame épaisse: Spath épais

- 1 lampe Quartz-Iode (QI)
- 1 diaphragme iris
- 1 cristal de spath
- 1 doublet de distance focale 100 ou 200 mm
- un polariseur

## Poste # 2: Teintes de Newton

- 1 lampe QI
- 1 diaphragme iris
- 1 lame Q// d'épaisseur 60  $\mu\text{m}$
- 1 lame de Q// d'épaisseur 200  $\mu\text{m}$
- 1 doublet de focale 100 mm et un doublet de focale 200 mm
- deux polariseurs sur platine de rotation
- le compensateur de Babinet
- 1 filtre interférentielle 578 nm
- le prisme de Wollaston

## Poste # 3: Analyse d'une polarisation elliptique et méthode de la lame $\lambda/4$

- 1 lampe QI
- 1 diaphragme iris
- 1 lame de Q// d'épaisseur 200  $\mu\text{m}$
- 1 doublet focale 200 mm
- 1 doublet focale 150 mm
- 1 filtre interférentielle 589 nm
- 2 polariseurs sur platine de rotation
- l'analyseur à pénombre
- 1 lame  $\lambda/4$  d'axe rapide marqué (Thorlabs)

## Poste # 4: Mesure de biréfringence à l'aide d'un compensateur de Babinet

- 1 lampe QI
- 1 diaphragme iris
- 1 doublet de focale 100 mm
- un doublet de focale 200 mm
- le compensateur de Babinet.
- 2 polariseurs sur platine de rotation

## Poste # 5: Spectre cannelé de biréfringence

- 1 lampe QI

- 1 filtre anti-calorique
- 1 lame Q// d'épaisseur  $e=4$  mm
- 2 polaroïds sur platine de rotation
- le système tout monté : lame Q// à  $45^\circ$  entre P et A croisés
- 1 fente de largeur réglable
- un prisme à vision directe (verre noir).
- 1 doublet de focale 100 ou 200 mm
- 1 lame semi-réfléchissante
- spectrographe fibré USB, PC, potence + pince pour tenir la fibre

#### **Poste # 6: Interférences avec une lame biréfringente en lumière convergente**

- 1 lampe QI
- 1 filtre anticalorique
- lame de spath taillée perpendiculairement à l'axe (marquée « croix de Malte »).
- 2 polariseurs

#### **Poste # 7: Polarisation par réflexion**

- appareil de Nörremberg
- 1 lampe QI
- 1 polariseur

*réalisation d'une polarisation circulaire par réflexion sur une interface diélectrique :*

- rhomboèdre de Fresnel tenu par une pince
- 1 laser HeNe
- 1 polariseur

#### **Poste # 8: Polarisation par diffusion**

- le laser HeNe NEC (non polarisé)
- barreau de plexiglass monté horizontalement
- 1 prisme de Nicol
- 1 polariseur

\*\*\*