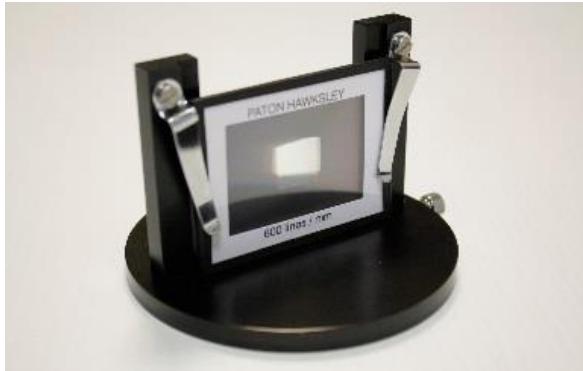
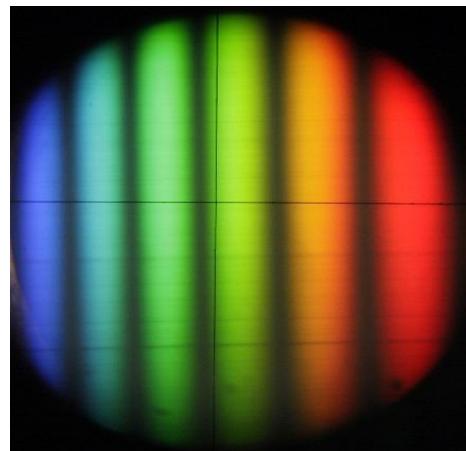


204 706 – Kit « goniométrie et cannelures d'un quartz »

Le quartz est un matériau biréfringent dont on peut déterminer la biréfringence Δ_n grâce à la distance spectrale entre cannelures en connaissant son épaisseur e.



Sur-platine sur laquelle sont placés le réseau et la lame de quartz en monture



Cannelures observées avec un réseau de dispersion 200 traits/mm

Notice d'utilisation

Table des matières

I. INTRODUCTION.....	2
II. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	3
1) Descriptif du contenu du kit 204 706.....	3
2) Précautions d'emploi.....	3
3) Garantie.....	3
III. IDEE DE TRAVAUX PRATIQUES.....	4
1) Matériel nécessaire pour réaliser le TP	4
2) Protocole de réglage	4
i. Réglages préliminaires : spectrogoniomètre et réseau de dispersion	4
ii. Orientation des polariseurs.....	5
iii. Insertion de la lame de quartz.....	7
3) Mesure de la biréfringence du quartz	8
IV. PRINCIPES UTILISES	11
1) Rappels sur l'incidence de Brewster.....	11
2) Principe de mesure de la biréfringence.....	11

I. Introduction

Nous avons spécifiquement développé un kit permettant l'analyse de la biréfringence d'une lame de quartz associée à un réseau Paton dispersif. En plaçant cet ensemble entre deux bonnettes polarisantes, vous pourrez ensuite analyser les cannelures produites par les interférences entre les ondes ordinaires et extraordinaire issues de la lame de quartz.

Le quartz, milieu uniaxe positif, présente une biréfringence naturelle lorsque la lame est taillée parallèlement à l'axe optique du cristal. Cette biréfringence existe car l'indice de réfraction, ou la vitesse de propagation de l'onde, n'est pas identique selon la direction de polarisation. On parle alors de faisceaux extraordinaire et ordinaire à la traversée de la lame, qui n'auront donc pas tout à fait le même chemin optique.

Le spectre produit par un réseau éclairé sous lumière blanche et observé au travers de ce type de lame, présente des cannelures.



Illustration du phénomène de la biréfringence ou double réfraction pour un cristal naturel de calcite [<http://ressources.univ-lemans.fr>].

II. Caractéristiques Techniques

1) Descriptif du contenu du kit 204 706

- ✓ **Support** 1 sur-platine porte-réseaux format Paton 63 x 49 mm
- ✓ **Composants** 2 bonnettes polarisantes rotatives 360°
1 réseau dispersif par transmission Paton 100 traits /mm
1 lame de quartz biréfringente en monture format Paton :
 - axe cristallin parallèle aux faces
 - épaisseur 1 mm
 - surface utile : 10 x 10 mm



Bonnette polarisante sur monture graduée sur 360 °



Lame de quartz en monture



Sur-platine porte-réseaux présentée avec le réseau de diffraction et la lame de quartz en monture.

2) Précautions d'emploi

Les éléments d'optique sont des éléments **fragiles** sur lesquels il ne faut pas mettre les doigts sous peine de laisser des traces de gras irrémédiables.

Le nettoyage de ces lames par l'utilisateur n'est pas conseillé.

3) Garantie

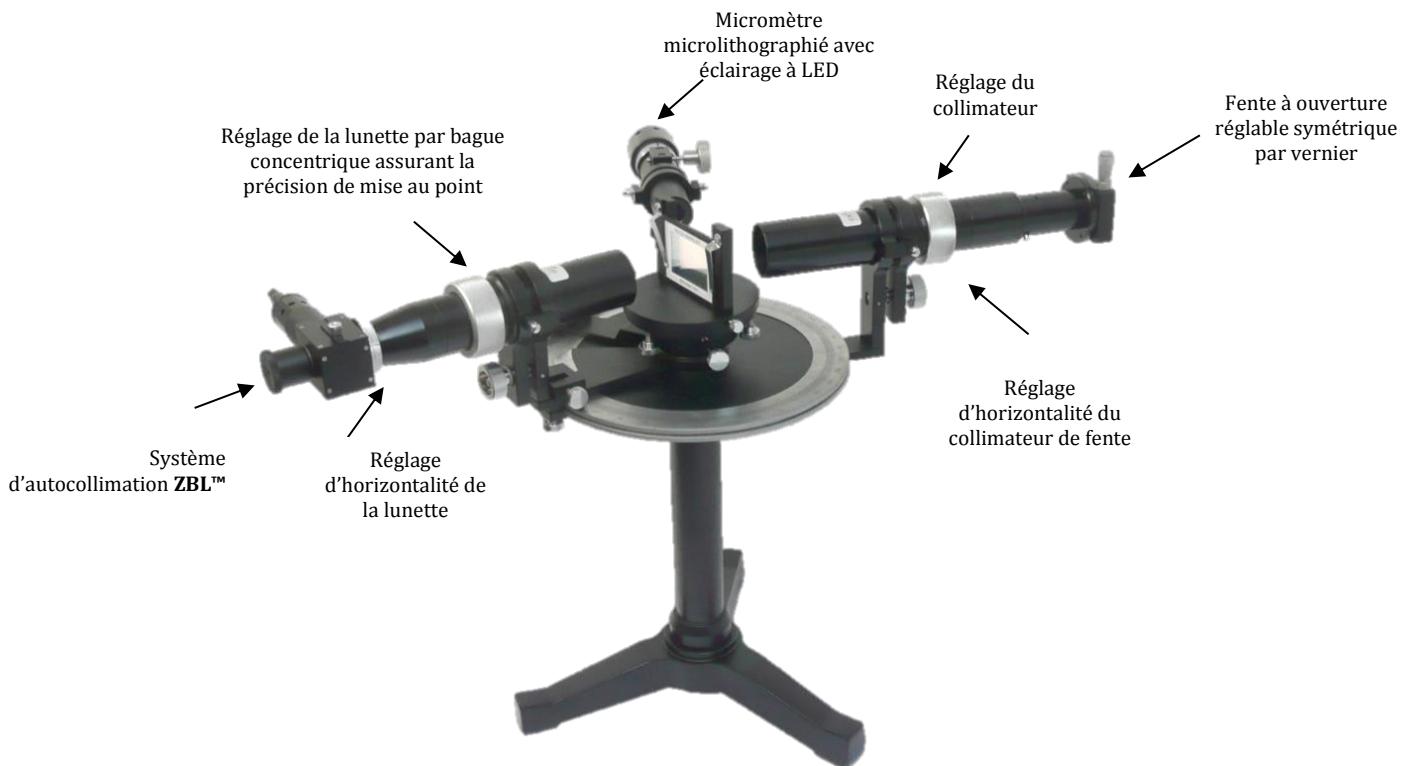
La garantie est de 3 ans pour une utilisation dans des conditions normales. Si un problème est rencontré, le matériel doit être retourné dans nos ateliers après appel préalable (tél : +33 (0)2 32 29 40 50).

OVIO Instruments
468, rue Jacques Monod – ZI N°1 Nétreville – CS 21900
27019 EVREUX Cedex – France

III. Idée de Travaux Pratiques

1) Matériel nécessaire pour réaliser le TP

- Le kit 204 706 : 2 bonnettes polarisantes, la lame de quartz, le réseau de diffraction
- Un goniomètre 202 624 ou spectrogoniomètre 202 625
- une lampe halogène
- une lampe à vapeurs métalliques type vapeur de Sodium



Modèle de goniomètre/spectrogoniomètre pour lequel le kit 204 706 a été spécialement développé.

2) Protocole de réglage

i. Réglages préliminaires : spectrogoniomètre et réseau de dispersion

Une fois le spectrogoniomètre réglé à l'aide d'une lampe spectrale positionnée face à la fente du collimateur, placez le réseau dispersif sur la platine réservée à cet effet.

Rappel des principales étapes de réglage d'un goniomètre :

- Lunette auto-collimatrice à l'infini par la méthode d'auto-collimation à l'aide d'un miroir ou d'une lame à faces parallèles.
 - Mise au point de l'oculaire sur le réticule pour en obtenir une image nette.
 - Réglage de la lunette à l'infini : d'abord l'horizontalité de la lunette en observant l'image de la fente qui doit être centrée. Puis en jouant avec le tirage de la lunette avec le miroir ou la lame à faces parallèles de manière à ce que l'image se superpose en réglant la distance réticule-objectif.
- Réglage du collimateur pour que les rayons incidents soient parallèles :: en regardant la fente du collimateur l'image doit être nette pour que le collimateur soit réglé à l'infini. Si ce n'est pas le cas, ajuster le tirage du collimateur.
- Mesure de l'angle d'origine_en relevant la position du faisceau non dévié. Cette valeur sert de référence et est à retrancher aux mesures angulaires suivantes.

Q-1 : Vous pouvez par exemple étendre la manipulation en faisant mesurer par vos élèves le pas a du réseau.

Nous avons utilisé au cours des mesures qui suivent un réseau Paton présentant un pas théorique de 100 traits/mm.

En mesurant en lumière monochromatique l'angle de déviation des ordres de diffraction, nous avons déterminé un pas expérimental $a = 105$ traits/mm qui sera utilisé pour la mesure de la biréfringence de la lame de quartz.

ii. Orientation des polariseurs

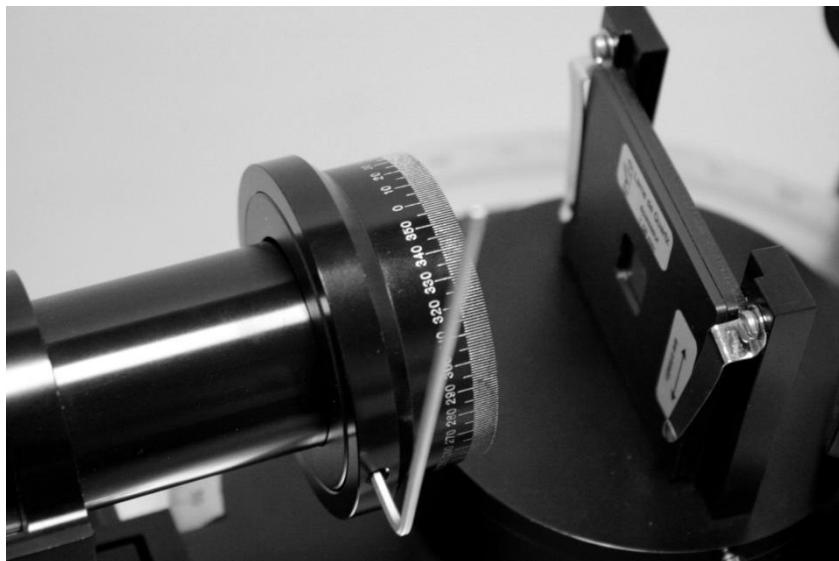
Dans un premier temps ; montez uniquement la bonnette polarisante sur l'extrémité du collimateur.

Eclairez le système à l'aide de la source halogène.



- 1) - Fixez d'abord la bague de liaison avec la vis sans tête (à gauche).
- 2) positionnez ensuite la bague graduée par-dessus,

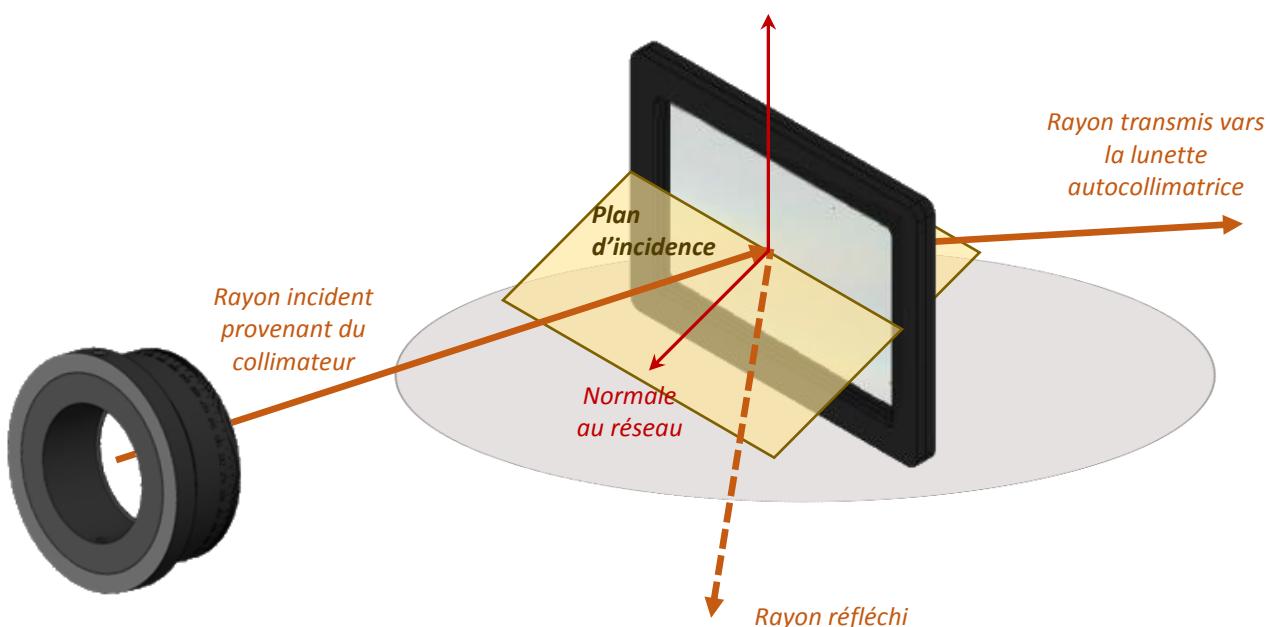
Orientez la bonnette polarisante en tournant la monture sur le tube du collimateur de manière à ce que la polarisation produite soit parallèle au plan d'incidence.



3) une fois que l'orientation du polariseur est parallèle au plan d'incidence, fixez la bonnette graduée à l'aide d'une clé Allen.

- Pour vérifier que l'orientation dans le plan d'incidence est correcte, utiliser le principe de l'incidence de Brewster sur la réflexion à la surface du réseau.

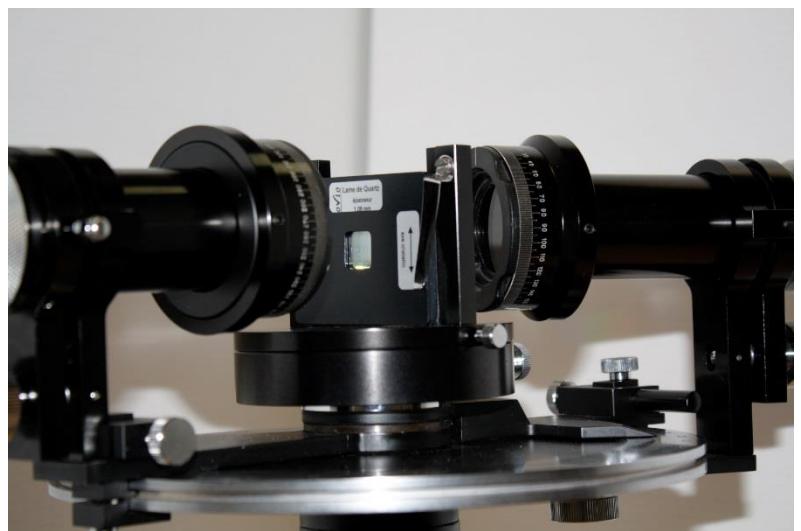
Une fois ce réglage accompli montez la seconde bonnette polarisante sur la lunette autocollimatrice et orientez la monture de manière à ce que les deux polarisations soient croisées (extinction de la lumière).



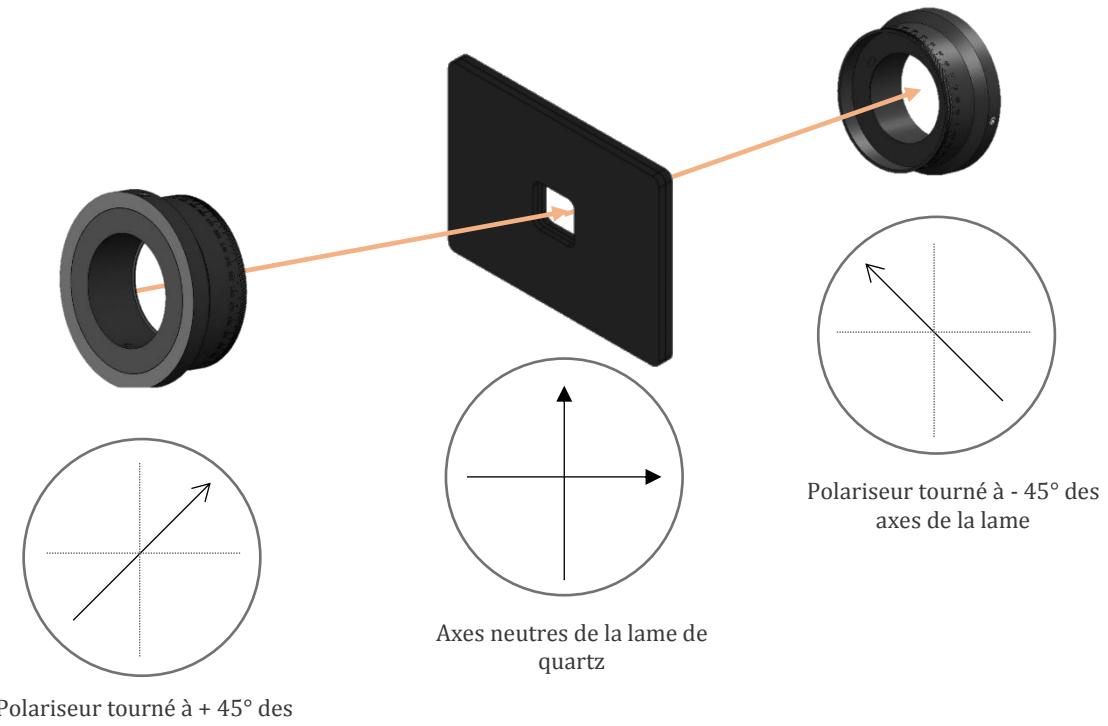
Représentation de la définition du plan d'incidence d'après la configuration expérimentale du goniomètre.

iii. Insertion de la lame de quartz

La configuration qui permet de bien visualiser les cannelures produites par la lame de quartz est celle où les axes neutres de la lame sont placés à 45° des axes des polariseur/analyseur croisés.



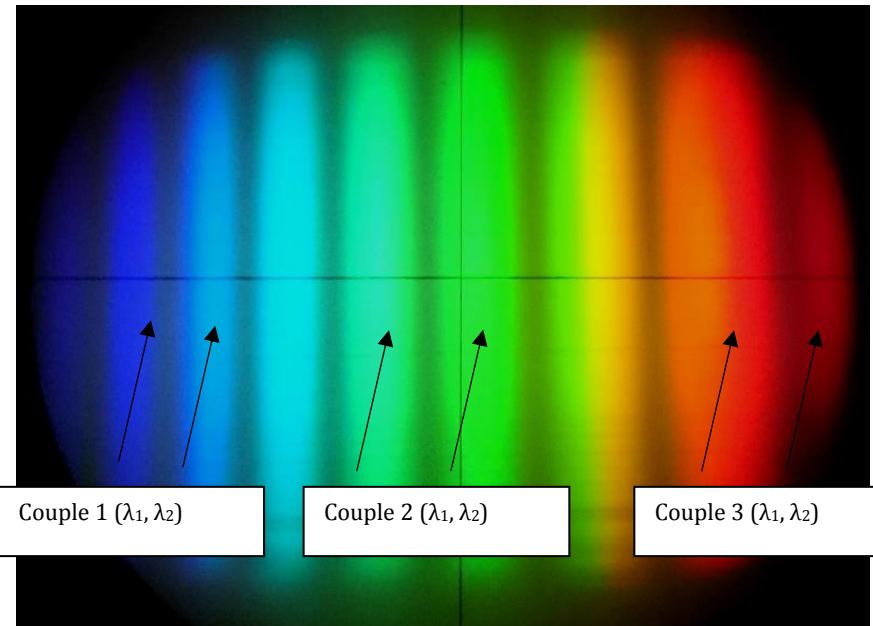
Ainsi, disposer la lame cristalline derrière le réseau sur la sur-platine, puis tourner les deux polariseurs de 45° . Vous devez normalement observer un spectre cannelé.



Représentation schématique des axes de polarisation des différents éléments considérés.

3) Mesure de la biréfringence du quartz

A partir des cannelures observées dans le spectre, choisissez 3 couples de longueurs d'onde voisines (λ_1, λ_2) pour les trois domaines spectraux du visible : rouge, vert et bleu.



Q-2 : Une fois repérée visuellement la cannelure colorée d'intérêt, il faut déterminer sa longueur d'onde à l'aide de la formule du réseau pour le premier ordre :

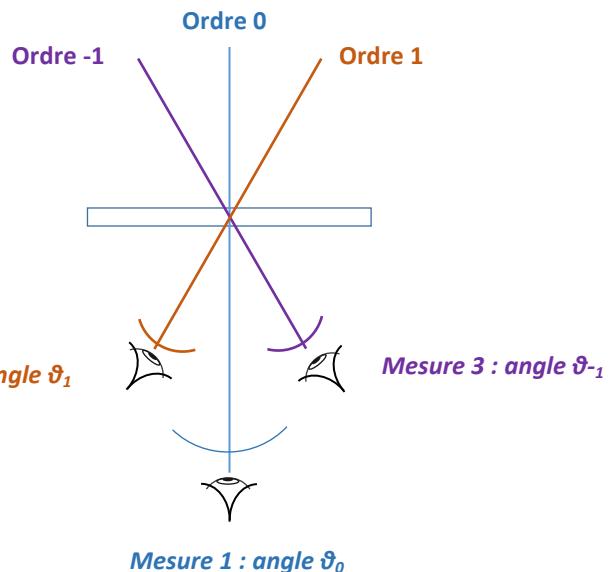
$$\lambda = 2a \sin\left(\frac{D_{min}}{2}\right)$$

Avec : D_{min} : mesure de l'angle de déviation minimale

a : pas du réseau exprimé en m

Procédure :

- Repérer l'angle θ_0 correspondant à l'ordre 0 de déviation par le réseau.
- Puis mesurer l'angle de déviation θ_1 et θ_{-1} correspondant au premier ordre par couleur..
- Les deux angles de déviation recherchés sont donc : $D^1_{min} = |\theta_1 - \theta_0|$ et $D^{-1}_{min} = |\theta_0 - \theta_{-1}|$. **Mesure 2 : angle θ_1**
- L'angle de déviation qui nous intéresse correspond ensuite à la moyenne de ces deux valeurs :



$$D_{min} = \frac{1}{2} (D_{min}^1 + D_{min}^{-1}).$$

		<i>Couple 1 - Rouge</i>		<i>Couple 2 - Vert</i>		<i>Couple 3 - Bleu</i>	
		<i>Rouge 1</i>	<i>Rouge 2</i>	<i>Vert 1</i>	<i>Vert 2</i>	<i>Bleu 1</i>	<i>Bleu 2</i>
<i>Mesure 1</i>	<i>D_{m1} (°)</i>	3,85	3,63	3,08	2,94	2,58	2,49
	<i>λ₁ (nm)</i>	639,83	603,28	511,90	488,64	428,82	413,86
<i>Mesure 2</i>	<i>D_{m2} (°)</i>	3,85	3,63	3,08	2,94	2,6	2,5
	<i>λ₂ (nm)</i>	639,83	603,28	511,90	488,64	432,14	415,52
<i>Longueur d'onde mesurée (nm)</i>		639,83	603,28	511,90	488,64	430,48	414,69

Valeurs expérimentales utilisées : $a = 1/105000 \text{ m}$ et $\theta_0 = 181,68^\circ$.

Q-3 : Démontrer l'expression de $\Delta_n = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{e (\lambda_1 - \lambda_2)}$ en faisant l'approximation que Δn est constant pour 2 cannelures brillantes consécutives centrées sur λ_1 et λ_2

Soit le système d'équations :

$$\begin{cases} \Delta_n e = k_1 \lambda_1 \\ \Delta_n e = k_2 \lambda_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{\Delta_n e}{\lambda_1} \\ k_2 = \frac{\Delta_n e}{\lambda_2} \end{cases}$$

On utilise deux cannelures consécutives, d'où : $k_2 = k_1 + 1$

En utilisant le système précédent, on peut écrire que :

$$\begin{aligned} k_2 - k_1 &= 1 \\ &= \Delta_n e \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) \\ &= \Delta_n e \left(\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_2 \lambda_1} \right) \end{aligned} \Rightarrow \boxed{\Delta_n = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{e (\lambda_1 - \lambda_2)}}$$

Q-4 : A l'aide de l'expression précédente $\Delta_n = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{e |\lambda_1 - \lambda_2|}$, déterminer alors la biréfringence Δ_n de la lame de quartz connaissant son épaisseur e (notée sur la monture de la lame fournie, valant $1 \pm 0,1 \text{ mm}$).

		<i>Couple 1 - Rouge</i>		<i>Couple 2 - Vert</i>		<i>Couple 3 - Bleu</i>	
		<i>Rouge 1</i>	<i>Rouge 2</i>	<i>Vert 1</i>	<i>Vert 2</i>	<i>Bleu 1</i>	<i>Bleu 2</i>
<i>Longueur d'onde mesurée (nm)</i>		639,83	603,28	511,90	488,64	430,48	414,69
<i>Biréfringence Δn</i>		0,00978		0,00996		0,01047	

ovio
O P T I C S

La biréfringence théorique du quartz est de 0,009 à 590 nm.

Les différences expérimentales que nous pouvons constater par rapport à cette valeur théorique proviennent essentiellement de l'approximation que nous avons faite et qui consiste à considérer qu'entre deux cannelures voisines il n'y a aucune variation d'indice.

Pour avoir une valeur plus précise de la biréfringence de la lame, il faudrait des cannelures plus rapprochées. Néanmoins, mesurer la longueur d'onde d'une cannelure considérée au goniomètre aurait été assez fastidieux.

IV. *Principes utilisés*

1) Rappels sur l'incidence de Brewster

L'angle de Brewster est un angle d'incidence sur un dioptre pour lequel la lumière possède des propriétés particulières de polarisation.

A cet angle, une onde incidente polarisée *p* ou TM (Transverse Magnétique) est totalement transmise, il n'y a plus de faisceau réfléchi.

$$\Theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \text{ avec } n_2 \text{ le second milieu traversé.}$$

Pour l'interface air/verre, cet angle vaut environ 56°.

Une lame de Brewster permet de retrouver la direction de polarisation d'un polariseur. En tournant un polariseur autour d'une lame de verre, on peut observer un minimum de réflexion. À ce minimum, la réflexion partielle à l'angle de Brewster est annulée et on est donc en polarisation TM à l'angle de Brewster. La direction de polarisation du polariseur forme alors l'angle de Brewster avec la lame.

2) Principe de mesure de la biréfringence

Le quartz présente une biréfringence naturelle lorsque la lame est taillée parallèlement à l'axe optique du cristal. Cette biréfringence existe car l'indice de réfraction, ou la vitesse de propagation de l'onde, n'est pas identique selon la direction de polarisation. On parle alors de faisceaux extraordinaire et ordinaire à la traversée de la lame, qui n'auront donc pas tout à fait le même chemin optique.

Le spectre produit par un réseau éclairé sous lumière blanche et observé au travers de ce type de lame, présente des cannelures si l'épaisseur est suffisante. Ces cannelures traduisent l'existence pour certaines longueurs d'onde d'interférences destructives (raies sombres).

En plaçant la lame de quartz entre polariseurs croisés à 45 ° de ses axes neutres, celle-ci introduit un déphasage $\Delta\Phi$ tel que :

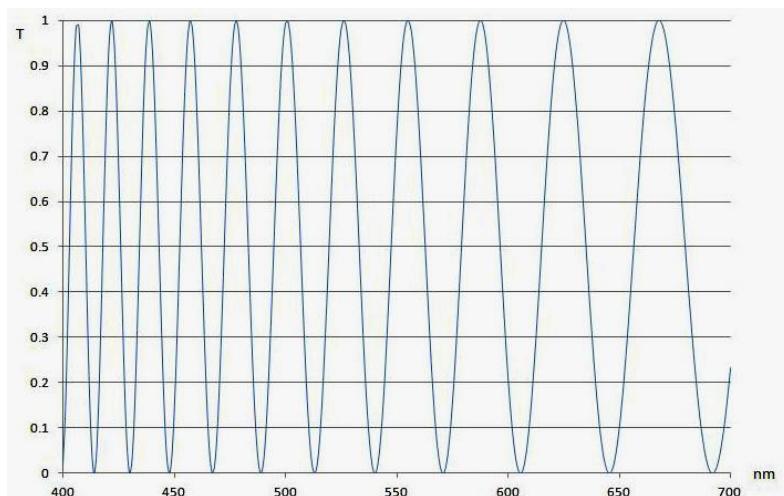
$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta_n e \quad \text{avec : } \Delta_n = n_e - n_o \text{ biréfringence du cristal de quartz}$$

Entre polariseur et analyseur croisés, il y a extinction de la lumière lorsque la lame de quartz ne modifie pas la polarisation résultante, c'est-à-dire lorsque que $\Phi = 2k\pi$, k entier.

L'analyse spectrale par le relevé de la position de minima successifs, permet ainsi de caractériser la biréfringence de la lame $\Delta n = n_e - n_o$ connaissant son épaisseur e .

Remarques :

- Le nombre de cannelures observées augmente avec l'épaisseur du cristal.
- Dans cette approche, nous faisons l'hypothèse que l'indice reste constant entre deux cannelures successives. En réalité, l'indice varie avec la longueur d'onde selon la loi de Cauchy. Ainsi, plus les cannelures seront rapprochées, plus le calcul de la biréfringence Δn du cristal sera précis.



Spectre cannelé observé en transmission entre polariseurs croisés et orientés à 45° des axes de la lame de quartz, d'épaisseur $e = 1 \text{ mm}$.

Des services au quotidien

Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Service technico-commercial

Pour la Métropole

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'international

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : export@ovio-instruments.com

Commander, suivre une commande

> Administration des ventes

Passer une commande

Fax : +33 (0)1 30 44 25 40

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Courrier : OVIO Instruments - Service Clients

468, rue Jacques-Monod

CS 21900, 27019 Evreux CEDEX France

Suivre une commande

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com



Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Support technique, SAV

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : SAV@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

Attention : pour tout retour de matériel en SAV, merci de nous appeler au préalable.