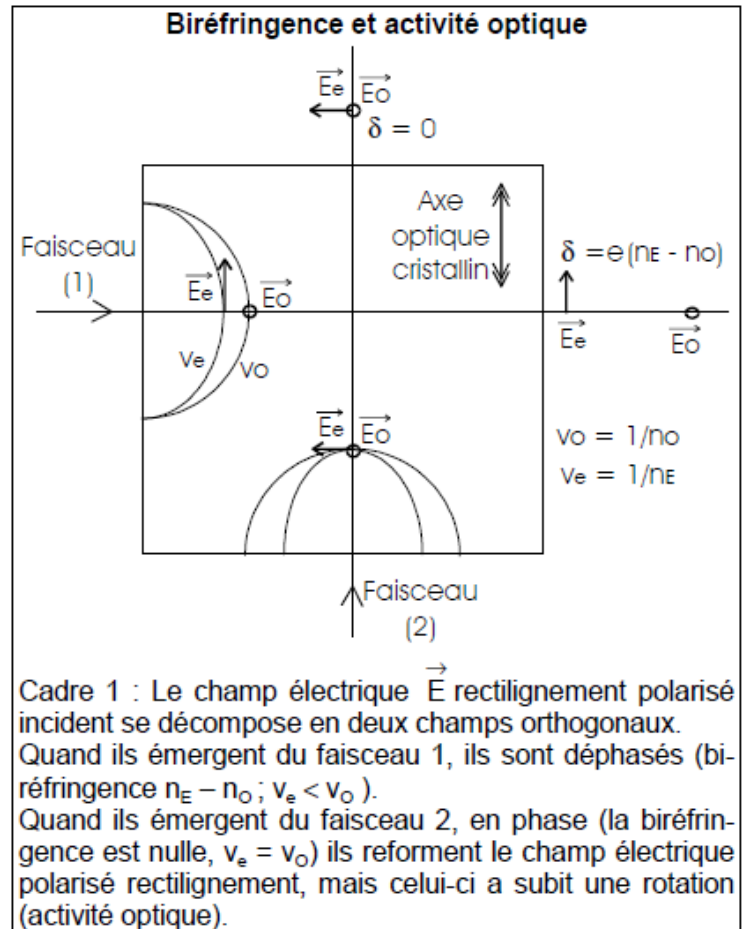


## BIREFRINGENCE ET ACTIVITE OPTIQUE DU QUARTZ

### 1. Objectifs

On se propose d'étudier deux effets distincts qui agissent sur la polarisation de la lumière : la biréfringence et l'activité optique. Il se trouve que le quartz présente ces deux effets. La biréfringence se manifeste tant que la lumière ne se propage pas dans une direction particulière du cristal de quartz appelée axe optique. Elle se manifeste par l'existence de deux indices de réfraction, agissant sur deux directions perpendiculaires de polarisation. On se propose de mesurer la différence entre ces deux indices en exploitant le spectre cannelé issu d'une lame de quartz taillée de sorte que l'axe optique soit parallèle à ses faces. L'activité optique du quartz ne se manifeste que lorsque la lumière se propage parallèlement à l'axe optique : il n'y a alors pas de biréfringence. L'activité optique est la propriété de faire tourner une polarisation linéaire autour de la direction de propagation. On se propose d'étudier ses propriétés générales, puis de la mesurer pour le quartz, en particulier de déterminer sa dépendance en longueur d'onde.



### 2. Biréfringence

#### 2.1 Principe

La biréfringence du quartz est liée à l'anisotropie du cristal : deux directions différentes de propagation de la lumière auront des propriétés différentes (par opposition aux matériaux isotropes tels le verre qui se comportent de la même manière dans toutes les directions).

Cela résulte en l'existence de deux indices, notés  $n_e$  (E pour extraordinaire) et  $n_o$  (O pour ordinaire).

Lorsqu'une onde lumineuse polarisée linéairement se propage dans un biréfringent dont l'axe optique est parallèle aux faces, les composantes de cette polarisation suivant les lignes neutres se propagent avec des indices différents et ressortent du cristal avec une différence de marche  $\delta = e(n_e - n_o) = e\Delta n$  où  $e$  est l'épaisseur de la lame biréfringente. On peut les faire interférer en plaçant un analyseur (polariseur) à la sortie de la lame.

Selon la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$ , cette différence de marche peut donner lieu à des interférences constructives ou destructives. En éclairant la lame en lumière blanche, on obtient un spectre cannelé.

Lorsque la lame est placée entre polariseur et analyseur croisés, dont les directions passantes sont à  $45^\circ$  des lignes neutres de la lame, l'intensité transmise par l'analyseur est  $I = I_0 \sin^2(\pi\delta/\lambda)$ .

Si on représente l'intensité transmise en fonction de  $1/\lambda$ , on obtient une fonction sinusoïdale de période  $1/\delta$  et de fréquence  $\delta$ .

On va donc effectuer le spectre de la lumière transmise par l'analyseur, le représenter en fonction de  $1/\lambda$ , et en faire la transformée de Fourier pour en trouver la fréquence. Cela nous donnera  $\delta = e\Delta n$ . Connaissant  $e$ , on en déduira  $\Delta n$ .

## 2.2 Montage

On utilisera une lame de quartz taillée parallèlement à l'axe (c'est-à-dire dont les faces sont parallèles à l'axe optique), d'épaisseur  $e=4$  mm.

On réalise le montage du cadre 3 dans l'ordre suivant :

Allumer la source Oriel et son ventilateur. Régler le condenseur intégré pour avoir un faisceau grossièrement parallèle et régler la hauteur pour éclairer la fente d'entrée du monochromateur.

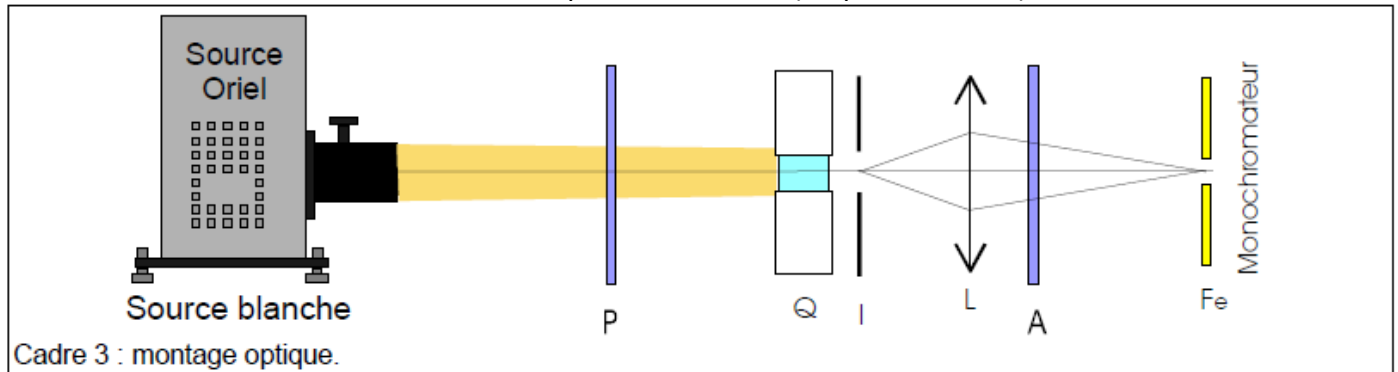
Placer P et A verticalement et horizontalement. On fera un réglage fin de A pour observer l'extinction en sortie de A (P et A croisés).

Placer la lame de quartz entre P et A, sur un support qui peut tourner. S'assurer qu'elle est bien perpendiculaire au faisceau lumineux. Chercher les lignes neutres en tournant la lame jusqu'à obtenir l'extinction. Les lignes neutres sont alors parallèles à P et A.

Tourner P et A de  $45^\circ$  dans le même sens : ils restent croisés, mais se trouvent à  $45^\circ$  des lignes neutres.

Placer l'iris à la sortie de la lame et un condenseur pour focaliser la lumière sur la fente d'entrée du monochromateur. Si la luminosité est trop faible, retirer l'iris.

Allumer le monochromateur et la matériel qui lui est associé (ampli, voltmètre).



Lancer le logiciel ChromexLV.

Indiquer la bonne voie du boîtier USB 6009, entrer une largeur de fentes de  $100\ \mu\text{m}$ , vérifier que la lecture de  $u$  faite par le logiciel correspond à l'indication du voltmètre. Si la tension est inférieure à 1V, augmenter le gain de l'amplificateur.

On fera le spectre entre 500 nm et 670 nm, avec un pas de 0,1 nm.

- Dans le menu *Mesures*, choisir *Un seul spectre* et nommer la courbe **Quartz\_seul**. Dans le menu *Courbes*, tracer  $U=f(1/\lambda)$ . On observe une courbe oscillante, mais d'amplitude décroissante. Ce n'est pas tout à fait la forme sinusoïdale attendue. Imprimer la courbe et la conserver pour une étude ultérieure.
- En fait, il faut corriger les variations avec la longueur d'onde de l'intensité transmise des variations de l'intensité de la source avec la longueur d'onde.  
Refaire un spectre en sélectionnant *Echantillon puis référence* dans le menu *Mesures*. Nommer la première courbe **Echantillon** et refaire une acquisition.
- Pour la référence, on enlève la lame de quartz, et on tourne A jusqu'à ce que l'intensité transmise soit maximale. Nommer la deuxième courbe **Référence** et faire l'acquisition.
- Dans le menu *Courbes*, afficher le *spectre cannelé*. On obtient une courbe sinusoïdale. Imprimer cette courbe. Faire la transformée de Fourier (FFT) en cliquant sur le bouton correspondant. Relever avec le curseur la position du maximum, avec son incertitude. Imprimer la courbe.
- En déduire la valeur de  $\Delta n$  avec son incertitude.
- Pour bien comprendre la nécessité de faire une référence, on va tracer la spectre de la lampe sans la lame de quartz. Refaire une acquisition en mode *Un seul spectre* et représenter  $U=f(1/\lambda)$ . Imprimer cette courbe. Expliquer en quoi on retrouve le spectre d'un corps noir. Expliquer aussi pourquoi sur la courbe **Quartz\_seul** les amplitudes d'oscillation étaient plus grandes pour les

petites valeurs de  $1/\lambda$  que pour les grandes. Expliquer enfin la nécessité de diviser **Quartz\_seul** par **Référence** pour obtenir la courbe attendue.

- Expliquez pourquoi on a fait la référence en présence des polariseurs et du condenseur, et pas avec la lampe seule.

### 3. Activité optique

#### 3.1 Principes

L'activité optique est un effet de rotation du plan de polarisation. Son origine physique vient d'une asymétrie gauche-droite du matériau optiquement actif. Cette asymétrie peut être soit dans l'agencement des atomes (dans le quartz, ils forment une hélice qui tourne soit vers la droite, soit vers la gauche), soit au sein même des molécules qui le composent (saccharose c'est-à-dire sucre de table, acide tartrique). Ainsi, de l'eau sucrée parfaitement isotrope présente une activité optique.

Pour un observateur voyant la lumière arriver vers lui, la polarisation peut tourner vers la droite (milieu dextrogyre) ou vers la gauche (milieu lévogyre).

L'activité optique suit les lois expérimentales de Biot :

- Le sens de la rotation ne dépend pas du sens de parcours de la lumière.
- L'angle  $\alpha$  de rotation est proportionnel à l'épaisseur  $e$  traversée :  $\alpha = [\alpha]e$ , où  $[\alpha]$  est le pouvoir rotatoire spécifique en  $^\circ/\text{mm}$ .
- Le pouvoir rotatoire spécifique dépend fortement de la longueur suivant la loi  $[\alpha] = A/\lambda^2$ .

Nous allons vérifier expérimentalement ces lois.

Pour mesurer un angle de rotation, on place la lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe entre polariseur et analyseur croisés. Il y a de la lumière transmise. On tourne l'analyseur pour retrouver l'extinction. Le sens et l'angle de rotation de l'analyseur sont ceux de la polarisation dans la lame de quartz (cadre 5 et cadre 6).

#### 3.2 Mesures

On réalise le montage du cadre 6 avec pour commencer un laser He-Ne rouge ( $\lambda_R = 632,8 \text{ nm}$ ) et P et A croisés. Prendre une lame de quartz dextrogyre. Assurez-vous que l'incidence du laser sur la lame est normale.

Tourner la lame sur elle-même. Peut-on obtenir l'extinction (sans toucher à A) ?

Tourner A d'un angle  $\alpha_R$  pour retrouver l'extinction. Mesurer cet angle **avec précision**. Est-il droit ou gauche ?

Retourner la lame de quartz face pour face. L'angle  $\alpha_R$  a-t-il changé de sens ? de valeur ?

Recommencer avec un laser He-Ne vert ( $\lambda_V = 543,5 \text{ nm}$ ). Mesurer  $\alpha_V$ . Vérifier que  $\alpha_V/\alpha_R = (\lambda_R/\lambda_V)^2$  (1).

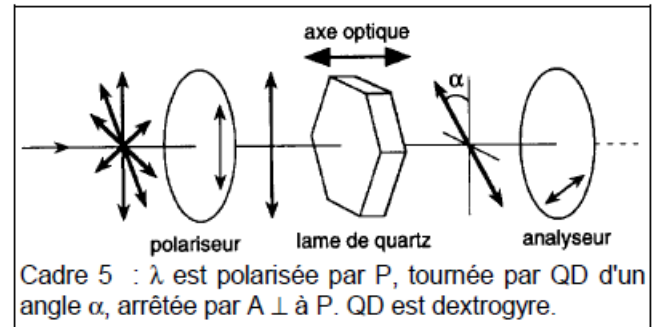
Utiliser à présent une lame lévogyre de même épaisseur. Mesurer la nouvelle valeur de  $\alpha_V$ . Quels changements remarquez-vous par rapport à la lame dextrogyre ?

Utiliser à présent une lame lévogyre d'épaisseur double ou moitié. Mesurer la nouvelle valeur de  $\alpha_V$ . Cet angle est-il bien proportionnel à l'épaisseur ?

A partir des valeurs des angles utilisés pour vérifier (1), déterminer les pouvoirs rotatoires spécifiques dans le rouge et le vert, puis en traçant la droite  $[\alpha] = f(1/\lambda^2)$ , déterminer la valeur de A avec son incertitude (droitereg). On prendra garde à exprimer toutes les longueurs en mm.

En déduire le pouvoir rotatoire spécifique du quartz pour la raie jaune du sodium (589,3 nm). Comparer à la valeur de  $21,5^\circ/\text{mm}$  trouvée dans les livres.

En éclairant la lame en lumière blanche, observer les couleurs qui apparaissent en tournant A. Expliquer ce phénomène.



NOMS : .....

DATE :

.....

.....

**FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE**

§	Travail à faire	A noter sur place	A noter à l'écrit
2	<b>Biréfringence</b>		
	Montage Graphes	____ / 4	____ / 2
	Réponses aux questions		____ / 2
	Valeur de la biréfringence		____ / 2
3	<b>Activité optique</b>		
	Montage avec laser	____ / 2	
	Mesure <b>précise</b> des angles Vérification des lois de Biot	____ / 2	____ / 2
	Valeur de A et de $[\alpha]$ pour le sodium Montage en lumière blanche	____ / 1	____ / 2
	Interprétation		____ / 1

**TOTAL : \_\_\_\_\_ / 20**

**Les comptes-rendus sont à rendre une semaine après le TP, le même jour de la semaine. Un jour de retard : -2 points  
Deux jours de retard : note / 2  
Au-delà : points sur place / 2**

