

# MP13 : Biréfringence, pouvoir rotatoire

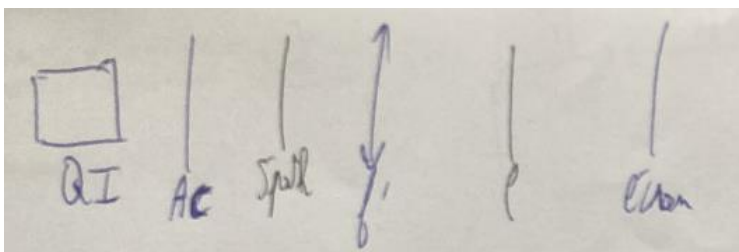
## Matériel

- lampe QI
- filtre AC
- cristal de Spath
- polariseur
- analyseur
- écran
- solution de glucose
- 3 lentilles dont 2 de 200 mm
- lames de quartz parallèle ( $e = 4 \text{ mm}$  et  $e = 200 \mu\text{m}$ )
- lame de quartz perpendiculaire ( $e = 21 \text{ mm}$ )
- compensateur de Babinet
- lame  $\lambda/2$
- spectromètre (OceanView)
- diaphragme
- miroir
- filtre interférentiel

## Introduction

La biréfringence est caractéristique des milieux anisotropes, dans de tels milieux l'indice de réfraction n'est pas unique, il dépend de la polarisation de l'onde lumineuse. Le pouvoir rotatoire est l'angle de déviation du plan de polarisation d'une lumière polarisée rectilignement, pour un observateur situé en face du faisceau incident, elle est liée à la biréfringence circulaire.

On commence avec deux expériences qualitatives : on met en évidence la biréfringence linéaire à l'aide d'un cristal de spath et la biréfringence circulaire (pouvoir rotatoire) à l'aide d'une solution de glucose.



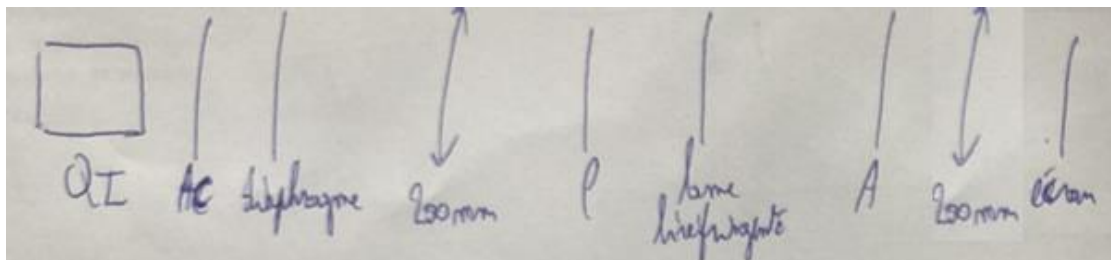
On place un polariseur derrière l'écran et un cristal de Spath derrière la lentille → on observe la biréfringence.

On retire le cristal, on place un analyseur après la lentille, on cherche l'extinction puis on place une cuve contenant du glucose → du fait du pouvoir rotatoire du glucose, il n'y a plus d'extinction.

## I Biréfringence linéaire

### 1) Spectre cannelé

On cherche un ordre de grandeur de la biréfringence de la lame de quartz.



On cherche l'extinction avec le polariseur et l'analyseur, puis on place la lame entre les deux et on cherche à nouveau l'extinction. On tourne la lame de  $45^\circ$  pour avoir le maximum de luminosité et on place une lame  $\lambda/2$  après la lame. Les lentilles permettent de travailler en incidence normale.

Avec la lame : jaune, sans la lame : violet (les couleurs sont complémentaires)

On remplace l'écran par un récepteur et on utilise un spectromètre. On observe des cannelures : certaines longueurs d'onde sont éteintes ( $\Delta\varphi = p\pi$ ).

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n e$$

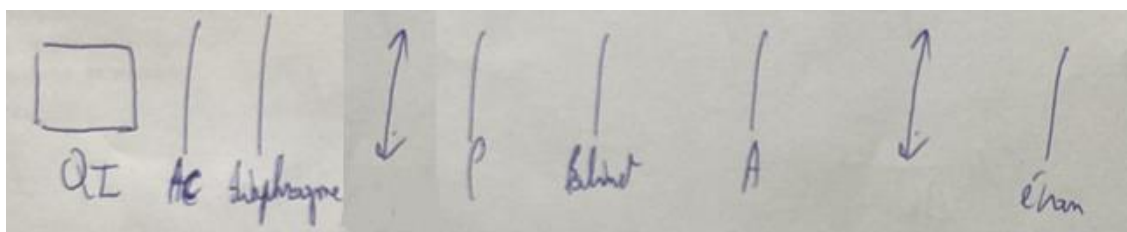
$$N + 1 = \Delta n e \left( \frac{1}{\lambda_{\min}} - \frac{1}{\lambda_{\max}} \right)$$

N est le nombre de cannelures entre  $\lambda_{\min}$  et  $\lambda_{\max}$ ,  $e = 4 \text{ mm}$ .

Ici on fait l'hypothèse que  $\Delta n$  est constant dans le visible, ce qui n'est pas évident a priori, mais l'incertitude sur la valeur de la lame est beaucoup plus grande que celle sur la valeur de  $\Delta n$  : on peut la négliger ici. On mesure donc une biréfringence moyenne.

On va maintenant utiliser une 2<sup>e</sup> méthode pour déterminer la biréfringence du quartz.

### 2) Interférences : compensateur de Babinet



On croise le polariseur et l'analyseur, on place un compensateur de Babinet entre les deux. On tourne le Babinet jusqu'à avoir extinction (les lignes neutres du compensateur sont alors confondues avec les axes du polariseur et de l'analyseur) et on tourne jusqu'à trouver une raie noire à l'écran (Babinet à 45° par rapport au polariseur et à l'analyseur).

Pour étalonner le compensateur, on place en amont un filtre interférentiel ( $\lambda_0$ ) pour obtenir une lumière monochromatique et on mesure de quelle distance on doit déplacer la vis micrométrique pour ajouter  $\lambda_0$  à la différence de marche (faire défiler une frange).

On compte le nombre de raies qui défilent et on mesure la distance parcourue (100 mm pour 1 tour de Babinet), la distance pour une raie est notée  $x_0$ ,  $e = 200 \mu\text{m}$ .

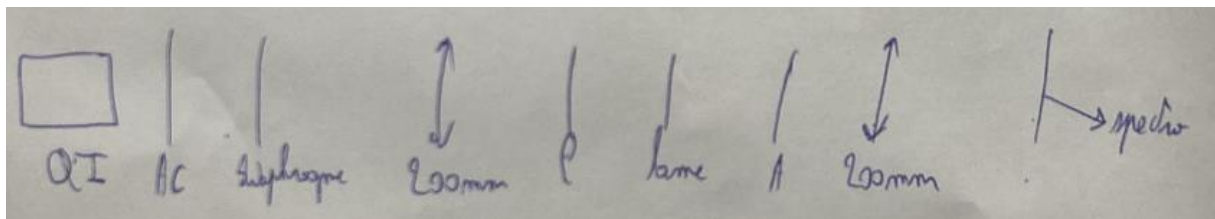
On enlève le filtre et on se remet sur la raie noire, puis on place une lame de quartz (entre le polariseur et le compensateur) et on constate que la raie noire s'est décalée. On tourne alors le compensateur pour remettre la raie noire au centre et on compte la distance parcourue (vis du compensateur), on la note  $x$ .

$$\Delta n = \frac{\lambda_0 x}{e x_0}$$

Que se passe-t-il maintenant si on tourne le Quartz de 90° de sorte que son axe optique soit orthogonal à la face d'entrée? A priori du point de vue de la biréfringence linéaire, rien ne se passe puisque les rayons voient un milieu isotrope. Pourtant on observe toujours un spectre cannelé mais si on continue de tourner le polariseur et l'analyseur, il y a toujours de la lumière... Il s'agit en fait du phénomène de pouvoir rotatoire que l'on va analyser ici.

Pour le quartz,  $\Delta n = 9.10^{-3}$

## II Biréfringence circulaire



On reprend le même montage que dans la première expérience, on remplace simplement le quartz parallèle par un canon de quartz taillé perpendiculairement. Le quart va dévier le plan de polarisation de la lumière incidente d'un angle  $\Psi$  :  $\Psi = \frac{Ae}{\lambda^2}$  avec  $A$  le pouvoir rotatoire du quartz,  $e = 21 \text{ mm}$ .

$$\frac{Ae}{\lambda_i^2} = (k + i - 1)\pi, \text{ les } \lambda_i \text{ correspondent aux longueurs d'onde éteintes}$$

On trace  $1/\lambda^2$  en fonction de  $i$  et on en déduit  $A$ .

## Conclusion

Dans ce montage, nous avons mis en évidence la biréfringence (d'abord avec un cristal de Spath puis en la mesurant pour le quartz) ainsi que le pouvoir rotatoire (avec une solution de glucose et une autre lame de quartz).

## Questions

- Dans l'expérience introductive, pourquoi observe-t-on deux taches ?
  - ➔ C'est parce qu'il y a deux indices de réfractions perçus, on est en incidence non normale, donc il y a réfraction, donc finalement deux tâches formées : une pour chaque indice perçu.
- Pourquoi y-a-t-il une extinction quand les axes des polariseurs sont parallèles aux axes propres de la lame ?
  - ➔ Quand les axes sont parallèles, il n'y a qu'un indice perçu par l'onde et donc tout se passe comme si on avait un milieu isotrope.
- Que voit-on avec le compensateur de Babinet ?
  - ➔ On observe les interférences entre les deux faisceaux réfractés, localisées au voisinage du compensateur.
- Différences entre axe principal, axes propres et axes optiques ?
  - ➔ Axe optique : direction de propagation selon laquelle l'indice optique ne dépend pas de la polarisation. Axes principaux : base dans laquelle le tenseur diélectrique est diagonal, ils sont orthogonaux entre eux. Axes propres = axes principaux
- La biréfringence dépend de la longueur d'onde ?
  - ➔ Oui, qualitativement, si chaque indice dépend de  $\lambda$  selon une loi de Cauchy, la différence suivra une loi analogue.
- Applications de la biréfringence ?
  - ➔ Écran à cristaux liquides