

# MP 13 – Biréfringence et pouvoir rotatoire

31 mai 2021

Clément Gidel & Pascal Wang

**Niveau :**

**Commentaires du jury**

**Bibliographie**

✦ *Le nom du livre, l'auteur*<sup>1</sup>

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

**Prérequis**

➤ prérequis

**Expériences**

☞ Biréfringence du quartz

**Table des matières**

## Plan : Clément

Idée : Plan de Valentin, Corentin, Yohann Faure classique mais efficace. Une petite manip qualitative en intro pour montrer le phénomène, l'écart  $\Delta n$  comme paramètre pertinent. Ensuite mesure de la biréfringence dans un cristal de quartz. Compensateur de babinet c'est aussi une bonne idée et effet faraday et/ou loi de Biot.

Intro : Canon à Spath P7.54 c'est cool on voit les 2 images tourner et avec des polarisations orthogonales donc OK. Faut revoir cependant pq on a deux directions différentes en incidence quasi normale...

I) Interférences de biréfringence avec une lame de Quartz épaisse. La lentille sert à faire faisceau parallèle. On utilise une lame de Quartz de la collection. On voit pas les cannelures mais on voit bien les extinctions. Logicien spectro (spectra Suite) (P17.15) rentrer les valeurs du spectro au début (spectrometer, spectrometer features). **Mettre temps intégration sur 500 ms et moyenner sur 3 périodes. Avec le spectro qui a une gamme de longueur d'onde plus réduite ça marche mieux même s'il y a beaucoup de bruit ! On peut quand même voir les cannelures, c'est très mal contrasté ! L'idée pour choisir si une lame est épaisse ou non c'est de voir si on a des cannelures visibles à l'oeil nu. Pour une lame épaisse on devrait en voir avec un PVD alors qu'avec une lame mince on a quasiment aucune cannelure. En pratique une épaisseur de qq mm suffit. On peut faire l'image d'un diaphragme et mettre le P/A + lame en sortie de la lentille. Penser aussi à enlever l'image du filament en la mettant sur la lentille.**

II) Compensateur de Babinet (P8.1). Il faut mettre le babinet à 45 degrés des axes P/A. On a fait la même chose avec la lame. On fait l'étalonnage pour une longueur d'onde pour avoir la correspondance ddm et vernier. Tout marche bien, attention aux positions à 45 degrés, on déregle facilement ! La lecture des réticules est un peu délicate, il faut bien voir deux traits verticaux. **Pour prendre une lame mince, 100 microns c'est pas mal. Si c'est trop épais, on pourra pas compenser la différence de marche avec le Babinet !**

III) Faraday. Utiliser cales en bois pour l'électro aimant. Utiliser le P7.50 flint. **On peut utiliser une alim blanche classique qui va bien. L'idée c'est d'aussi utiliser les troncs coniques pour avoir un champ plus intense, compromis à faire avec homogène ! On trouve cependant une valeur tabulée d'environ 800 USI, c'est un peu bof, à vérifier si c'est vraiment la bonne valeur (2200 USI). De plus, bien penser à étalonner car on peut pas mettre la sonde teslametre apres avoir mis le verre. Penser aussi à moyenner d'un côté et de l'autre.**

## Conclusion

Ouverture :

## Compléments/Questions

Pour les interférences en polarisation, on met à 45 degrés P/A des axes neutres de la lame afin de maximiser le contraste. Pourquoi ? Car si on met P ou A selon un des axes neutres, on tue l'autre composante soit apres P ou A et donc avec une seule composante, il n'y a plus d'interférences.

Intro : Mettre un peu d'histoire avec la manip qualitative c'est pas mal. Le rhomboèdre est aussi bien, un peu plus exotique mais il faut le maîtriser !

I) Mesure de la biréfringence d'une lame de quartz. Le principe est bien expliqué dans le rapport de Yohann.

Expériences à faire : Toutes, quartz, Babinet, Faraday

## Passage

### Plan

Prérequis. Optique géométrique, propagation dans un milieu anisotrope. Interférence.

Introduction. Propagation dans un milieu anisotrope. Exemples : matériaux connus : quartz, le spath : forme de calcite. Applications : polariseurs, lame retard, photoélasticité : visualisation des contraintes subies par un matériau en envoyant de la lumière polarisée. Deux types : biréfringence linéaire, biréfringence rotatoire.

Manip : 2 images avec le rhomboèdre de spath. L'image extraordinaire tourne, l'image ordinaire tourne un peu à cause de l'incidence non parfaitement normale. (schéma au tableau).

Avec des polariseurs, on met en évidence que les rayons des images sont polarisées orthogonalement.

Ne pas oublier le mètre ruban.

Mesure de l'indice extraordinaire du spath en connaissant l'indice ordinaire tabulé. En mesurant l'écart entre les deux images géométriques. L'incertitude sur la distance lentille/écran est assez grande car on ne connaît pas la position du centre des lentilles (comment contourner ? avec plusieurs distances sur un banc et fitter le coefficient directeur pour s'affranchir de l'offset).

Compensateur de Babinet. Etalonné en préparation, mesure de l'épaisseur d'une lame de quartz. Polariseur à 45 degré des axes du babinet pour maximiser le contraste. Entre deux franges brillantes/sombres, la différence de marche diffère de la longueur d'onde du laser. On choisit d'avoir une frange centrale noire en croisant polariseur et analyseur. On aurait pu prendre une frange centrale blanche en les alignant mais c'est moins bien pour la mesure.

Pouvoir rotatoire. Loi de Biot, saccharose. On se place en lumière monochromatique avec un filtre interférentiel. En effet, en lumière blanche on voit des couleurs à cause de la dispersion rotatoire. Suggestion : utiliser une CCD au lieu de tout faire à l'oeil pour repérer le minimum d'extinction. Il faut s'assurer que la lumière ne fait pas plus d'un tour. Mesure du  $\alpha$ .

## Questions

- Unités dans la loi de Biot ? De quand date la loi de Biot ? Début 18e.
- Est-ce que il y a une grande dépendance du pouvoir rotatoire avec la température ? Grande ?
- Quels sont les différents types du glucose ? Les différentes conformation ? Glucopyranose (cycle à 6)  $\alpha$  (OH axial),  $\beta$  (OH équatorial). Le glucofuranose  $\alpha$ ,  $\beta$ . (cycle à 5), forme ouverte.
- Si on met beaucoup de sucre dans la solution, qu'est-ce qu'il risque de se produire ? Cela peut saturer et précipiter. Même en dessous de la limite de saturation ? Il peut y avoir stratification, un gradient de densité et donc de pouvoir rotatoire dans la solution.
- D'où viendrait les incertitudes dans la manip de pouvoir rotatoire ? Alignement de la cuve qui change la longueur de la cuve, la concentration en sucre (incertitude négligée), principalement c'est l'incertitude sur la lecture qui compte.
- Quel appareil utiliser pour mieux repérer les extinctions dans la mesure du pouvoir rotatoire ? Un capteur CCD permet de mieux repérer le minimum d'extinction. En faisant des mesures symétriques des l'intensité en fonction de l'angle d'inclinaison, on a une incertitude sur le O ramenée à l'ordre 2.
- Différence entre le rhomboèdre et la lame de quartz ? Le rhomboèdre est taillé incliné par rapport à l'axe optique pour dévier les rayons ordinaires et extraordinaires. La lame de quartz est taillé perpendiculaire ou parallèlement à l'axe optique, les rayons extraordinaires et ordinaires ne sont pas déviés.
- Polariseurs croisés, de la lumière passe, sais-tu expliquer pourquoi ? Les polariseurs ne sont pas parfaits, ils absorbent peut-être 99 pourcent de la radiation dans une direction. Les polymères sont étirés dans une direction, mais ils ont toujours une certaine largeur dans la direction opposée. Une petite quantité de la lumière passe. Il n'a
- Tu as utilisé des matériaux avec 2 indices ordinaire/extraordinaire, est-ce qu'il y a plus général ? Le spath et le quartz sont uniaxes mais les matériaux biaxes ont 3 axes principaux de constante diélectrique associée différente.
- Pourquoi avoir utilisé un dépoli comme objet ? Permet d'avoir un repère sur la position de la lentille. Avantage par rapport à l'utilisation d'un F ? Il faut réussir à faire rentrer les rayons dans le rhomboèdre. Mais sinon un F est plus précis.
- Moyen pour agrandir la distance entre les deux points ? Lentille avec un focale plus grande pour faire agrandir l'image. Mais cela accroît l'encombrement sur la paillasse. Après on agrandit aussi les points et on est moins précis sur le centre de l'image.
- Comment est-ce qu'on peut expliquer qu'on a des interférences ici dans le Babinet, comparé à un Michelson ? C'est la différence de chemin optique qui compte :  $ne$ . Dans le Michelson,  $e$  varie, ici,  $n$  varie. Aussi, c'est l'analyseur qui projette les deux polarisations orthogonales sur le même axe.
- Incertitude sur l'épaisseur de la lame donnée par le constructeur ? Il n'y en a pas indiquée dessus.

**Manip surprise** : mesure de la capacité linéique d'un câble coaxial. Mesure de la vitesse avec temps de propagation et longueur du câble. Mesure de l'impédance avec adaptation d'impédance. Utiliser un burst plutôt qu'un sinus pour s'affranchir des réflexions et modes stationnaires. Mesurer la résistance de la boîte à décade à l'ohmmètre pour des petites. Le câble coaxial est un passe-bas (ne pas dépasser les 8 GHz). Il faut trouver les fréquences à utiliser en conséquence.

## Commentaires

Mettre une colonne au tableau avec les formules d'incertitude ?

Avant de commencer la manip surprise, on peut faire des ODG au tableau pour avoir une idée des fréquences à envoyer par exemple.

La loi de Biot, ça marche bien ou ça vient d'une droite.

Sur le tableur excel, colonnes : nom de la grandeur, notation de la grandeur, valeur incertitude, unité, mesuré/tabulé/connu.

## Passage : Valentin

### Plan

Intro : doublement d'image, expérience de biréfringence dans un quartz.

I) Prisme à vision directe. Obtention du spectre cannelé avec SpidHR. On peut alors trouver l'écart entre les deux indices. On utilise la formule qui donne  $\Delta n$  en fonction des longueurs d'onde.

II) Compensateur de Babinet pour mesurer épaisseur d'une lame de quartz. Cf Présentation ci dessus

III) Biréfringence circulaire. Effet Faraday.

### Commentaires / Rq persos

- Pas de motivation vraiment présente pour l'étude mes milieux biréfringents.
- Beaucoup de temps d'explications au départ.
- Bien expliquer comment on fait une image propre, rapidement.
- Expliquer pourquoi on a besoin de deux polariseurs.
- Donc la phase à l'origine n'a donc pas d'importance pour régler les polariseurs croisée ?
- Incertitude sur le spectre cannelé ? pixels de la CCD ?
- 🚫 Ne pas faire les calculs sur calculatrice mais bien sur fichier excel ou Python, préparer la feuille de calcul en avance.
- Comment régler le colimateur de la lampe ? Avoir le maximum de lumière sur la fente.
- Peut-être projeter en intro un ellipsoïde des indice uniaxe pour remettre en contexte.
- 🚫 chiffres significatifs !!
- Dire que le champ B brise la symétrie dans la maille cristalline.
- Pas de schéma du montage, on ne sait pas comment est appliqué le champs B, quelle valeurs, pourquoi ce montage.
- Si point aberrant, on refait la mesure, on change la plage de mesure, on vire le point aberrant.
- Leçon pas évidente non plus.
- la loi de biot est en polarisation rectiligne ou circulaire ? rectiligne je crois.
- Etre au point sur les constructions de fresnel pour déterminer les indices des milieux.

## Questions

- Quel est l'utilité d'un AOP ?
- Vous pouvez le faire un montage AOP ? un amplificateur type  $1 + R_1/R_2$  par exemple.
- C'est un amplificateur inverseur ou non-inverseur ? regarder ou est la rétroaction.
- Quel est sa fonction de transfert ?
- Contrainte sur le choix des résistances ? C'est le rapport qui compte, mais pas de trop grande résistances car si le courant généré par la seconde résistance est envoyé dans la première.
- Tu connais des montages plus complet dans lequel les AOP sont utile ? Correcteur de tension C,I,P, CIP etc...
- Si tu mets le polariseur avant la lame de quartz est ce que c'est bon ? ON sélectionne une polarisation.
- Qu'est ce qui se passe si on met le polariseur avant la lame de calcite ? En fait ça change rien car les polarisations ordinaires ou extraordinaires sont orthogonales donc qu'on sélectionne avant ou après ça change rien.
- Si on fait tourner la lame de calcite, what happend ? On fait tourner le plan de polarisation, permet d'identifier quele est le rayon ordinaire/extra si on laisse l'analyseur fixe.
- Quel sont les axes lent/rapides ? Quel sont les indices extraordinaire de la lames de quartz ?
- A quoi sert l'analyseur ? a faire des interférences, car les deux rayons que l'on veut faire interférer ont des polarisations orthogonale par rapport aux lignes neutres.
- Comment est réglé le temps d'intégration ? il permet de recevoir plus l'intensité lumineuse, mais attention on peut sortir du régime linéaire du capteur (saturation). Permet d'avoir un bon contraste. L'idée est d'aller au maximum avant saturation pour maximiser le contraste.
- Incertitude sur longueur d'onde sur SpidHR (sachant qu'il a fait au réticule) ? Largeur à mi hauteur divisée par 5 donne l'incertitude, car on a quasiment toute la gaussienne (et pour 67% on a l'incertitude classique).
- Sur l'expérience du champ B controlé en courant, et de la mesure de l'angle de polarisation, comment expliquer ta valeur aberrante ?
- La regle pour les chiffre significatif (cf Jeremy le sang) c'est le bon sens. Il faut garder le nombre de chiffre significatif qui garde l'incertitude la plus proche du nombre de chiffre significatif de la mesure.
- Qu'est ce qu'un blanc d'ordre supérieur ? Si on avait mis une lame épaisse avec le Babinet ? Ce dernier n'aurait pas été capable de compenser une aussi grosse différence de phase.
- C'est l'appréciation de la frange sombre au milieu et non le vernier qui donne l'incertitude sur la frange.
- Exemple d'application de l'effet faraday ? La visualisation des domaines de Weiss.
- Attention au cycle d'hystérésis qui peut fausser la calibration, et donc expliquer le point aberrant.
- Applications de l'effet Faray : Isolateur Faraday en Optique / visualisation des domaines de Weiss.
- Pouvoir rotatoire des lames de quartz n'a pas faussé mesures précédentes ? En fait non car biréfringence du pouvoir rotatoire très petite devant biréfringence linéaire.
- Aucun champ dans l'électroaimant ? Champ résiduel est champ quand on a éteint l'excitation. Attention, la calibration se fait sur un chemin particulier du cycle d'hystérésis, si on est pas sur le bon chemin on a des valeurs faussées. Par ex, de  $-4A$  à  $4A$  il faut toujours repasser par  $4A$  si on veut descendre.
- Lissage effectué par le logiciel : fenêtre glissante/convolution par gaussienne.
- Remarque importante : le saccharose se décompose en glucose et fructose et chacun à une activité différente donc pas très facile. On peut faire varier la taille de la cuve qui est aussi délicat.