

MP13 - BIRÉFRINGENCE ET POLARISATION

4 juin 2021

Deleuze Julie & Jocteur Tristan

Niveau : Classes préparatoires

Bibliographie

- ♣ *Fascicule de TP Electromagnétisme, Partie Matériaux,*
Quelqu'un-e
- ♣ *Fascicule de TP Optique, Partie Photorécepteurs,*
Quelqu'un-e

Table des matières

1	Polarisation linéaire	2
1.1	Mesure de la biréfringence d'une lame épaisse	2
1.2	Mesure de l'épaisseur d'une lame mince.	3
2	Polarisation rotatoire : effet Faraday	4

Remarques sur les montages précédents

- **2013 à 2016** : Le candidat doit être capable d'expliquer le principe physique des protocoles utilisés pour l'étude de la biréfringence d'une lame mince. Le jury attend des mesures quantitatives avec confrontation aux valeurs tabulées. Une connaissance minimale des milieux anisotropes est indispensable. Jusqu'en 2013, le titre était : Milieux optiquement actifs : biréfringence, pouvoir rotatoire.
- **2011, 2012** : Le jury a vu de bons montages sur ce sujet. Cependant, la signification de certains termes comme lame taillée parallèlement ou perpendiculairement à l'axe, ou encore lignes neutres, doit être connue.
- **2010** : Ce sujet a été moins souvent confondu avec le suivant (Production et analyse d'une lumière polarisée) cette année. Le candidat doit toutefois être capable d'expliquer le principe physique des protocoles utilisés pour l'étude de la biréfringence d'une lame mince.
- **2009** : Ce montage est souvent confondu avec le suivant (Production et analyse d'une lumière polarisée). Comme le titre l'indique, il s'agit d'étudier des propriétés de matériaux et non d'ondes lumineuses, même si ces dernières constituent l'outil principal permettant d'effectuer les mesures.
- **2008** : Les notions d'axe optique et de lignes neutres sont trop mal connues.
- **2002** : Il ne suffit pas de connaître tous les gestes à effectuer et le matériel à utiliser. Par exemple, en optique cristalline, de beaux spectres cannelés ont été observés alors que le candidat avait du mal à différencier, au moins qualitativement, milieux uniaxes et milieux biaxes, et à donner un sens à la phrase « tailler dans un quartz parallèlement à l'axe ».

Alors ya pas à tortiller du cul. Faut faire de la biréfringence linéaire et circulaire. Prisme cannelé pour une lame épaisse allez c kdo, ensuite compensateur de Babinet pour mesurer l'épaisseur connaissant sa biréfringence et dernière manip sur la polarisation circulaire, la loi de Biot c de la merde donc on fait l'effet Faraday.

Introduction

2.1.2 Le rhomboèdre biréfringent

Le cristal est ici taillé en rhomboèdre, l'axe optique étant selon sa diagonale, incliné par rapport aux faces d'entrée et de sortie, voir figure 2b. L'utilisation du rhomboèdre est proposée par Sextant [1, p. 277] et Duffait [10, p. 143].

- ✂ Faire l'image d'un petit diaphragme circulaire sur un écran assez éloigné.
- ✂ Intercaler le rhomboèdre. Le faire tourner sur lui-même.
- ✂ Interpréter en s'aidant d'un analyseur ou d'un polariseur. Est-ce l'image ordinaire qui tourne autour de l'image extraordinaire ou l'inverse ?

Le rhomboèdre peut s'utiliser également sur un rétroprojecteur en montage.

Deux rhomboèdres sont présents dans la collection, l'un donnant des résultats beaucoup plus spectaculaires et probants que l'autre.

Un tel dispositif est également parfois appelé « canon de spath ».

Cet effet est dû au fait que l'on a un milieu toujours homogène et linéaire mais anisotrope. On va voir dans ce montage deux phénomènes impliquant de tel milieux : La biréfringence (deux polarisations rectilignes sont caractérisées par deux indices différents (double réfraction)) et la polarisation rotatoire (même chose mais pour les polarisations circulaires, une polarisation rectiligne tourne)...

1 Polarisation linéaire

1.1 Mesure de la biréfringence d'une lame épaisse

✂ Fruchart p 237



☞ ⊖

C'est le spectre cannelé des familles. Ça peut être bien de montrer le principe avec un prisme à vision directe sinon ça peut paraître assez obscur je pense.

1.2 Mesure de l'épaisseur d'une lame mince.

☞ Fruchart p251-253

Étalonnage du compensateur de Babinet

☞ ⊖

On mesure au vernier 11,97 mm pour une longueur d'onde de 645 nm donc :

$$\delta(X) = 1,08 \cdot 10^{-4} X \quad (1)$$

2.3.3 Le compensateur de Babinet

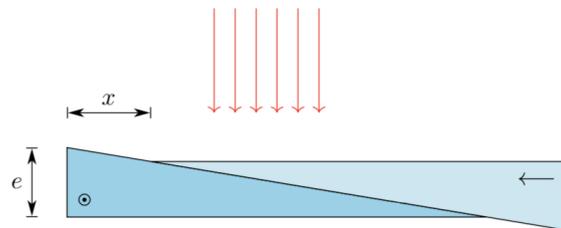


Figure 3 – Principe du compensateur de Babinet. En faisant coulisser l'un par rapport à l'autre deux prismes d'axes optiques orthogonaux, on peut compenser et mesurer la différence de marche entre rayon ordinaire et extraordinaire introduite par une lame biréfringente. En pratique, l'angle au sommet des prismes est de l'ordre de 1° .

On peut aussi mesurer la biréfringence d'une lame épaisse en utilisant un appareil appelé compensateur de Babinet. L'utilisation d'un Babinet est décrite par ... Duffait [10, p. 149] et Sextant [1, p. 291].

Le compensateur de Babinet est composé de deux prismes de faible ouverture, taillés dans le même matériau biréfringent, et pouvant glisser l'un sur l'autre à l'aide d'un vernier. Les axes optiques des deux prismes sont parallèles à la face d'entrée de l'appareil et perpendiculaires entre eux. Un zéro est matérialisé par un trait gravé sur un des deux prismes. À cet endroit, l'épaisseur du prisme gravé est $e/2$.

- ☞ Placer le compensateur à la place de la lame précédente, à 45° par rapport à l'analyseur et au polariseur.
- ☞ Former sur l'écran l'image de la face gravée du compensateur.
- ☞ Tourner le vernier jusqu'à l'apparition de franges irisées et d'une frange noire centrale, semblables aux franges de coin d'air observables avec un Michelson. Lorsque la frange noire est sur le repère, le compensateur est au zéro : l'épaisseur totale au niveau du repère est alors e , les deux prismes sont traversés sur la même épaisseur, et la polarisation n'est pas altérée (frange noire car A et P croisés).

On vient d'étudier une anisotropie naturellement présente dans le matériau. Il est aussi possible de créer une biréfringence artificiellement. Nous allons étudier l'apparition d'une biréfringence circulaire sous l'effet d'un champ magnétique.

- ✂ En intercalant un filtre interférentiel, étalonner le vernier en repérant le passage d'une frange (ou plusieurs pour être plus précis). On a ainsi une correspondance entre les graduations du vernier et la différence de marche introduite entre les deux polarisations.
- ✂ Repasser en lumière blanche et remettre le compensateur à zéro.
- ✂ Intercaler la lame biréfringente à étudier et la placer à 45° par rapport à l'analyseur et au polariseur, de manière à avoir une luminosité maximale sur l'écran. Les franges sont décalées, éventuellement hors du champ.
- ✂ Tourner le vernier pour ramener la frange centrale au niveau du repère.
- ✂ À partir du décalage des franges, mesurer la différence de marche $\delta = e\Delta n$ introduite par la lame biréfringente d'épaisseur e et en déduire sa biréfringence $\Delta n = n_e - n_o$.

La dépendance en la longueur d'onde de la biréfringence fait qu'a priori il n'y a qu'une frange quasi-achromatique en présence de la lame (si la lame est dans le même matériau que le compensateur, la compensation est parfaite).



2 Polarisation rotatoire : effet Faraday

↗ Sextant p 320



Mesure de la constante de Verdet



Rotation du plan de pola en fonction du champ B (pola \rightarrow champ $B \rightarrow$ analyseur). On utilise l'alimentation P53.21/2. On peut quantifier la dépendance en longueur d'onde.

3.5 Effet Faraday

Certaines substances deviennent optiquement actives lorsqu'elles sont soumises à un champ magnétique parallèle à la direction de propagation de la lumière : c'est l'effet Faraday. Il est observé avec certains verres (flint) ou certains liquides (CS_2 , eau). Un barreau de longueur ℓ composé d'une telle substance, caractérisée par sa constante de Verdet V , est placé dans un champ magnétique B . L'angle de rotation β du plan de polarisation de la lumière lors de la traversée du barreau est $\beta = VB\ell$. Se référer au livre de C. Garing [13] pour plus de détails théoriques, en particulier sur la modélisation microscopique, et à ceux de Duffait [10, p. 174] et Sextant [1, p. 320] pour l'étude expérimentale.

✂ Un barreau de flint est placé dans l'entrefer d'un électroaimant à pièces polaires percées. Le faisceau laser polarisé (naturellement ou avec polariseur P) traverse le barreau, et sa polarisation tourne dans un sens dépendant de celui du courant dans les bobines.

✂ Placer un analyseur A en sortie de l'électroaimant, et le faire suivre d'un écran ou d'un photodétecteur.

✂ Croiser P et A. En établissant le champ B , la lumière est rétablie et il faut tourner A d'un angle $\alpha(B)$ pour rétablir l'extinction.

✂ Inverser le sens de B : la rotation est inversée.

On améliore la précision de l'angle en mesurant 2α (on éteint pour $+B$, on rétablit l'extinction pour $-B$).

✂ Vérifier que α est proportionnel à B (en mesurant B avec une sonde de Hall ou simplement en mesurant le courant I qui traverse les bobines : la présence d'entrefer fait que B est pratiquement proportionnel à I). En déduire la constante de Verdet du matériau.

Conclusion

On a donc vu dans ce montage deux aspects de l'optique anisotrope linéaire. La biréfringence et la polarisation rotatoire. Ces deux phénomènes s'interprètent théoriquement par des différences d'indice optique selon le type de

polarisation. Ces effets peuvent être utilisés pour des mesures d'épaisseur, de concentration, pour visualiser les domaines de Weiss, pour mesurer des contraintes. Les lames biréfringentes peuvent notamment servir de lame demi-onde ou quart d'onde, qui seront utiles dans l'étude de la polarisation.