

TD d'Optique 2

Polarisation – Milieux anisotropes – Biréfringence

15/09/2015

I. POLARISATION

1. Rappeler ce qu'on appelle polarisation d'une onde lumineuse, et donner l'expression d'ondes polarisées rectilignement, circulairement et elliptiquement.

2. Pourquoi la plupart des sources émettent-elles de la lumière "non polarisée" ?

3. Citer plusieurs manières de polariser une onde lumineuse.

4. Enoncer la loi de Malus.

II. MILIEUX ANISOTROPES

1. Donner, dans un milieu anisotrope, la relation entre la polarisation \vec{P} et le champ électrique \vec{E} . Qu'appelle-t-on axes principaux du milieu ?

2. Les directions de \vec{k} et $\vec{\Pi}$ (vecteur de Poynting) sont-elles parallèles dans un tel milieu ?

3. On appelle milieu uniaxe un milieu pour lequel la matrice des indices présente une symétrie de révolution, c'est-à-dire par exemple, que l'on a : $n_x = n_y$, appelé indice ordinaire, noté n_o , et $n_z (\neq n_o)$ appelé indice extraordinaire, noté n_e . On appelle axe optique l'axe associé à l'indice n_e .

Dans ce qui suit, on considère un milieu uniaxe.

Que se passe-t-il pour une onde plane monochromatique incidente sur la face d'entrée d'un milieu uniaxe, lorsque cette face est taillée :

- perpendiculairement à l'axe optique,
- parallèlement à l'axe optique (appelées lames à retard, ou lames parallèles).
Qu'appelle-t-on alors axe lent, axe rapide ?
- De façon quelconque par rapport à l'axe optique. Qu'appelle-t-on alors lignes neutres ?

4. Donner des exemples de milieux uniaxes.

5. Quelle est la différence entre les axes principaux d'une lame et ses axes neutres ?

6. Donner des exemples de biréfringence induite.

III. ACTION D'UNE LAME BIRÉFRINGENTE

On considère une lame d'épaisseur e , d'axe optique dans le plan de la lame. On note n_e et n_o les indices extraordinaires et ordinaires associés. On note $\Delta n = n_e - n_o$.

1. Quelle modification de polarisation est induite par la lame ?

2. Qu'est-ce qu'une lame mince ?

3. Qu'est qu'une lame demi-onde ? une lame quart-d'onde ?

On considère deux polariseurs croisés. On les éclaire avec un faisceau collimaté issu d'une source de lumière naturelle (lampe Quartz-Iode). On intercale entre les deux polariseurs une lame biréfringente quelconque.

4. Les axes neutres de la lame font un angle de 45° avec les directions des polariseurs. Décrire ce qui se passe dans le cas d'une lame mince, puis dans le cas d'une lame épaisse.

IV. POLARISATION ROTATOIRE

1. Qu'est-ce que la polarisation rotatoire ? Donner quelques exemples de milieux optiquement actifs.

2. Qu'est-ce que l'effet Faraday ?

3. On considère à nouveau le montage polariseur-analyseur croisés éclairé par de la lumière blanche collimatée. On intercale une substance présentant une activité optique. Décrire ce que l'on observe.

4. Citer quelques applications de la polarisation rotatoire.

V. MESURE DE DIFFÉRENCE D'INDICE : COMPENSATEUR DE BABINET¹

Un compensateur de Babinet est un dispositif permettant de mesurer la biréfringence d'un échantillon d'épaisseur connue, c'est-à-dire la différence d'indice entre les lignes neutres. Il est constitué d'un biprisme de lames biréfringentes identiques, mais dont les axes lents sont perpendiculaires entre eux. Chaque prisme est d'angle au sommet θ petit, et de hauteur h . Ils peuvent coulisser l'un contre l'autre grâce à l'action d'une vis micrométrique graduée.

Suivant (Ox), on trouve l'axe rapide n_1 de la première, parallèle à l'axe lent n_2 de la seconde, et réciproquement suivant (Oy).

Ce compensateur est placé entre polariseur et analyseur croisés, dont les axes sont orientés à 45° des axes (Ox) et (Oy). L'ensemble est éclairé par une onde lumineuse plane monochromatique, de longueur d'onde λ_0 dans le vide, se propageant suivant l'axe (Oz). On prendra l'origine de cet axe à l'entrée du premier prisme.

¹Cf. TP Polarisation II, Bruhat d'Optique p.432 et Sextant

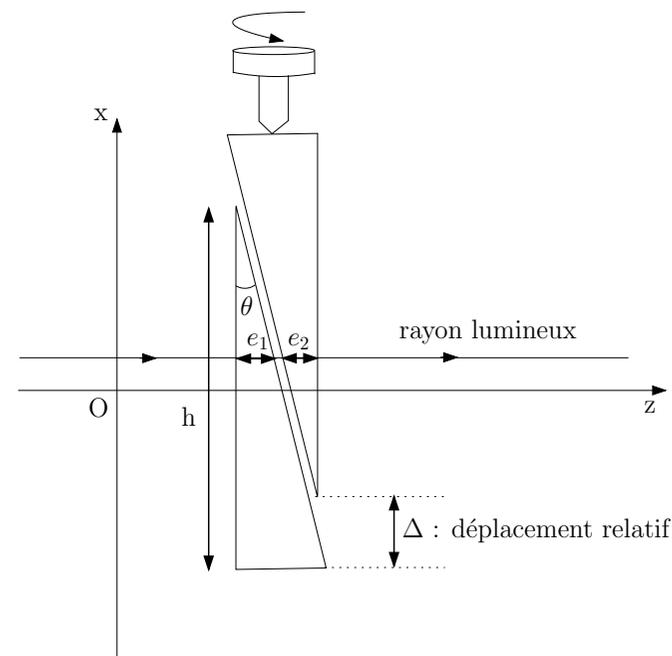


Figure 1: Compensateur de Babinet.

1. Comment réaliser expérimentalement la bonne disposition du compensateur et des polariseurs ?

2. Calculer l'éclairement sur un écran placé derrière l'ensemble du dispositif.

3. On se place à nouveau en éclairage monochromatique, et on repère le nombre N de franges sombres qui défilent devant un repère fixe sur l'écran lorsque la vis micrométrique est déplacée d'une distance Δ_0 donnée. Exprimer le coefficient de proportionnalité α entre le déplacement lu sur la graduation de la vis micrométrique et la différence de marche induite par le babinet entre les axes (Ox) et (Oy).

4. On introduit une lame cristalline, dont on veut mesurer la biréfringence, entre le premier polariseur et le compensateur, de sorte que ses lignes neutres soient parallèles aux axes (Ox) et (Oy).

4.1. Faut-il éclairer en lumière blanche ou monochromatique ? Comment procéder alors ?

4.2. Quel est le facteur limitant la précision ?

4.3. Peut-on déterminer par cette méthode l'axe lent et l'axe rapide de la lame ?

4.4. Cette méthode est-elle adaptée aux lames minces ou aux lames épaisses ?

5. Citer d'autres méthodes de mesure d'une biréfringence.

VI. EXPÉRIENCE DE FRESNEL-ARAGO

Cf. Épreuve A de la session 2005.

On considère un dispositif à fentes d'Young, avec une fente source unique S éclairant deux fentes sources secondaires S_1 et S_2 . On néglige tout problème de cohérence temporelle ou de cohérence spatiale. On rappelle alors, suivant les notations de la figure (2), que la vibration lumineuse en M est la somme de s_1 et s_2 respectivement issues des sources 1 et 2, avec $s_1 = s_0 e^{i\varphi_1}$ et $s_2 = s_0 e^{i\varphi_2}$. La différence de phase vaut

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi ax}{\lambda D}.$$

On rajoute trois polariseurs P_0 , P_1 et P_2 . On tient compte désormais du caractère vectoriel du champ. Il convient donc de raisonner en terme de champ électrique. On note \vec{E}_1^0 et \vec{E}_2^0 l'amplitude des champs juste après les polariseurs P_1 et P_2 . On note \vec{E}_0 l'amplitude du champ juste avant ces polariseurs. On peut

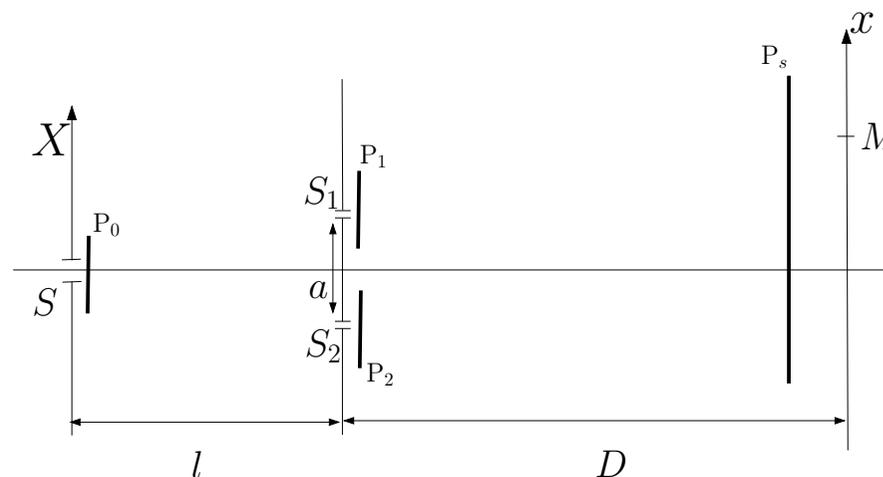


Figure 2: Expérience de Fresnel-Arago.

éventuellement rajouter un polariseur juste avant l'écran d'observation. Pour le moment, ce dernier est absent.

1. Exprimer, de manière générale, le champ électrique en M , par analogie au cas où l'on considérerait les vibrations lumineuses.

2. En déduire l'intensité dans le plan d'observation.

3. La fente source est une source non polarisée. On rajoute un polariseur P_s juste avant l'écran d'observation. Observe-t-on des interférences dans les cas suivants (on donne la direction pointé par le polariseur, direction où le champ n'est pas absorbé, par rapport à OX) ?

Cas n°	P_0	P_1	P_2	P_s
1	absent	0°	0°	absent
2	absent	0°	90°	absent
3	absent	0°	90°	45°
4	45°	0°	90°	$\pm 45^\circ$

This work is licensed under a Creative Commons “Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International” license.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>