

EXERCICES

- Démontrer la biréfringence dans un trajet conoscopique du rayon
- Modifier la biréfringence en appliquant un champ électrique
- Déterminer la tension de demi-ondes

OBJECTIF

Démonstration de l'effet Pockels dans un trajet conoscopique du rayon

RESUME

L'effet Pockels est un effet électro-optique au cours duquel un champ électrique sépare dans une matière appropriée un faisceau lumineux en deux faisceaux partiels polarisés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. Cette capacité à la biréfringence optique repose sur différents indices de réfraction en fonction du sens de propagation et de la polarisation de la lumière. Avec l'effet Pockels, elle augmente de façon linéaire avec l'intensité de champ électrique et elle est démontrée dans l'expérience au moyen d'un cristal en niobate de lithium (LiNbO_3) dans un trajet conoscopique du rayon lumineux. L'image d'interférence est formée par deux groupes d'hyperboles qui permettent une lecture directe de la position de l'axe optique de la biréfringence.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Cellule de Pockels sur tige	1013393
1	Banc d'optique à section triangulaire D, 1000 mm	1002628
3	Cavalier optique D, 90/50	1002635
2	Cavalier optique D, 90/36	1012401
1	Laser Hélium-Néon	1003165
1	Objectif achromatique 10x/ 0,25	1005408
1	Filtre de polarisation sur tige	1008668
1	Lentille convergente sur tige $f = 50$ mm	1003022
1	Ecran de projection	1000608
1	Alimentation haute tension E 5 kV (230 V, 50/60 Hz)	1013412 ou
	Alimentation haute tension E 5 kV (115 V, 50/60 Hz)	1017725
1	Paire de cordons de sécurité, 75 cm	1002849



Vous trouverez les informations techniques sur les appareils sur « 3bscientific.com »

2

GENERALITES

L'effet Pockels est un effet électro-optique au cours duquel un champ électrique sépare dans une matière appropriée un faisceau lumineux en deux faisceaux partiels polarisés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. Cette capacité à la biréfringence optique repose sur différents indices de réfraction en fonction du sens de propagation et de la polarisation de la lumière. Avec l'effet Pockels, elle augmente de façon linéaire avec l'intensité de champ électrique et elle est démontrée dans l'expérience au moyen d'un cristal en niobate de lithium (LiNbO_3) dans un trajet conoscopique du rayon lumineux.

À cet effet, le cristal se trouve dans une cellule de Pockels transversale dans laquelle on applique un champ électrique sur le cristal dans le sens de l'axe optique de la biréfringence (Fig. 1). Le rayon lumineux traversant perpendiculairement le cristal est divisé en un rayon partiel ordinaire et un rayon partiel extraordinaire, donc l'un étant polarisé dans le sens de l'axe optique de la biréfringence et l'autre polarisé dans l'axe perpendiculaire au premier. Mesuré pour la longueur d'onde du laser He-Ne $\lambda = 632,8$ nm, l'indice de réfraction pour le rayon partiel ordinaire dans le niobate de lithium est $n_o = 2,29$ et pour le rayon partiel extraordinaire $n_e = 2,20$. La différence de phase entre les rayons partiels ordinaire et extraordinaire est

$$(1) \quad \Delta = d \cdot (n_o - n_e),$$

$d = 20$ mm représentant l'épaisseur du cristal dans le sens du rayon.

La démonstration de la biréfringence utilise le trajet classique du rayon qui est proposé dans de nombreux manuels d'optique. On éclaire le cristal avec un faisceau lumineux divergent, polarisé linéairement, puis on observe la lumière derrière un analyseur croisé. L'axe optique de la biréfringence apparaît clairement dans l'image d'interférence, car il se démarque de l'environnement par sa symétrie. Dans l'expérience, il est parallèle à la surface d'entrée et de sortie, aussi l'image d'interférence est-elle constituée de deux groupes d'hyperboles orientés à 90° l'un par rapport à l'autre. L'axe réel du premier groupe d'hyperboles est parallèle, celui du second perpendiculaire à l'axe optique de la biréfringence.

Les bandes sombres des groupes d'hyperboles proviennent de rayons lumineux pour lesquels la différence des trajets optiques des rayons partiels ordinaire et extraordinaire dans le cristal est un multiple entier de la longueur d'onde. Après avoir traversé le cristal, ces rayons lumineux conservent leur polarisation linéaire d'origine et sont effacés par l'analyseur.

La différence de phase correspond à peu près à 2800 longueurs d'onde de la lumière laser utilisée. Toutefois, d'une manière générale, Δ ne représente pas un multiple entier de λ , mais se situe plutôt entre les valeurs $\Delta_m = m \cdot \lambda$ et $\Delta_{m+1} = (m+1) \cdot \lambda$. Les différences de phase Δ_{m+1} , Δ_{m+2} , Δ_{m+3} , etc., doivent être assignées aux bandes sombres du premier groupe d'hyperboles, les différences de phase Δ_m , Δ_{m-1} , Δ_{m-2} , etc., au second (Fig. 2). La position des bandes sombres, plus précisément l'écart par rapport au centre, dépend de la différence entre Δ et $m \cdot \lambda$. L'effet Pockels augmente ou diminue la différence des principaux indices de réfraction $n_o - n_e$ selon le signe placé devant la tension appliquée. Ainsi, la différence $\Delta - m \cdot \lambda$ est modifiée, de même que la position des bandes d'interférence sombres.

L'application de la tension de demi-onde U_{π} modifie Δ d'une demi-longueur d'onde. Les bandes d'interférence sombres prennent la place des claires et inversement. La procédure est répétée à chaque fois que la tension est augmentée de la valeur U_{π} .

EVALUATION

Avec une tension U_1 , les bandes sombres se situent très précisément au centre dans l'ordre d'interférence +1, et avec la tension suivante U_2 , elles se situent dans l'ordre +2. Dans ce cas, la tension de demi-onde est

$$U_{\pi} = \frac{U_2 - U_1}{2}$$

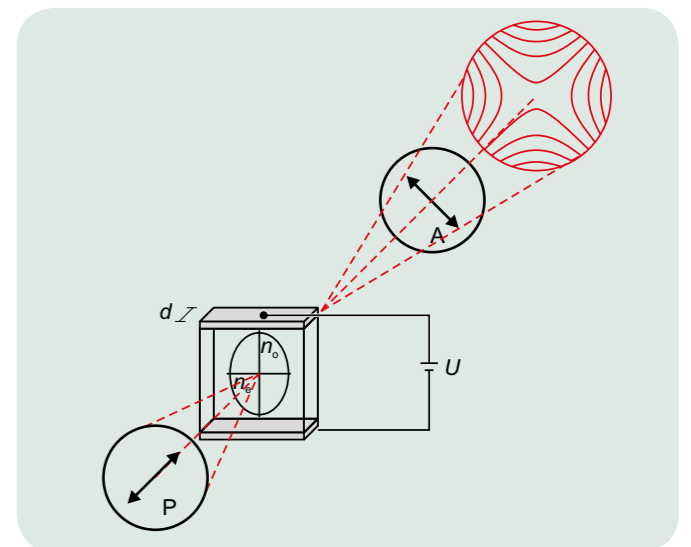


Fig. 1 : Représentation schématique de la cellule de Pockels dans le trajet conoscopique du rayon entre polarisateur et analyseur

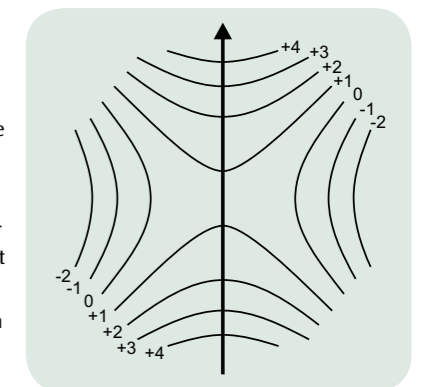


Fig. 2 : Modèle d'interférence avec axe optique du cristal dans le sens de la flèche. L'indexation des bandes d'interférence sombres indiquent la différence de phase entre le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire en unités de longueur d'onde.

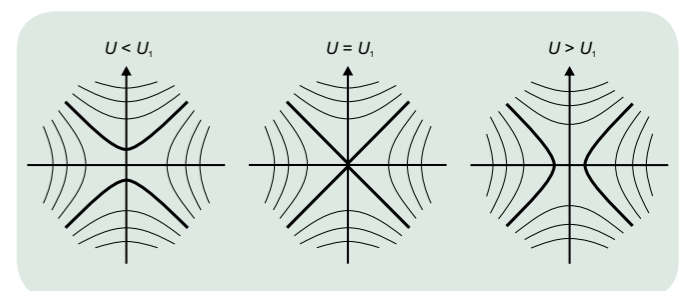


Fig. 3 : Modification du modèle d'interférence par l'effet Pockels. Les hyperboles en gras sont de l'ordre d'interférence +1.