

MP 13 : Biréfringence, pouvoir rotatoire.

Introduction : Présenter notions de biréfringence et de pouvoir rotatoire (aussi appelé biréfringence circulaire). Rappel en annexe du poly de Philou.

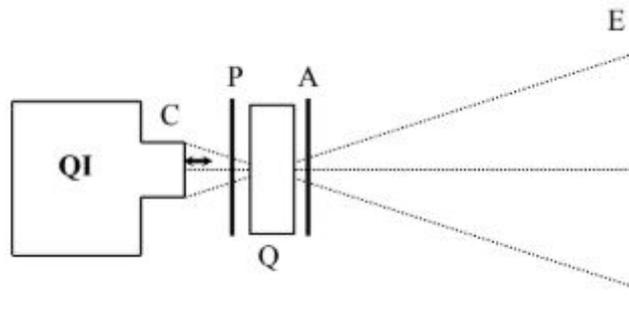
Les deux phénomènes découlent de l'anisotropie des matériaux.

Biréfringence : Plusieurs indices de réfraction possible, peut notamment mener à la double réfraction. On en bossera que sur les milieux uniaxes, où deux indices sur 3 dans une base bien choisie sont les mêmes. (on a donc 2 indices principaux dans des directions privilégié, ordinaire et extraordinaire).

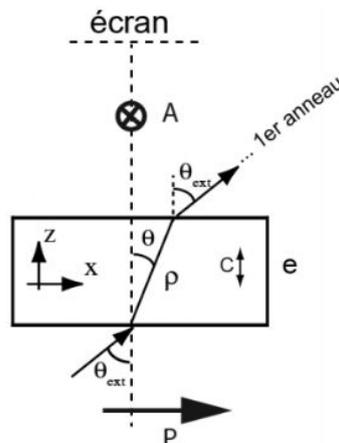
Pouvoir rotatoire (ou activité optique) : angle de déviation du plan de polarisation d'une lumière polarisée rectilignement.

I - Biréfringence linéaire.

Dans cette partie, on cherche à mesurer la biréfringence du quartz (**Partie V.1 du Poly**), c'est-à-dire l'écart entre les deux indices principaux.



On commence sans mettre le quartz. On règle le polariseur P et l'analyseur A de sorte à avoir extinction. On rajoute ensuite le quartz : une figure apparaît. On ajoute ensuite un filtre vert après l'analyseur pour les mesures suivantes. Vue du dessus :



On mesure le diamètre du premier cercle noir. Géométriquement, en connaissant la distance à l'écran, on remonte à θ_{ext} , et par loi de Snell Descartes (en prenant $n_0=1,544$) on remonte à θ . On utilise la relation suivante pour remonter à la biréfringence :

$$(n_e - n_o) = \frac{\lambda}{e \sin^2 \theta}$$

On peut comparer à la valeur tabulée. (Pour le montage, Claire avait trouvé $4 \cdot 10^{-2}$ alors que la valeur tabulée était de $0,917 \cdot 10^{-2}$)

II - Biréfringence circulaire.

On peut commencer par étudier brièvement le pouvoir rotatoire du Quartz avec des lames de Quartz (cf : VI.1). Peut être un peu redondant avec le II-A. On peut aussi faire uniquement une étude de la solution saccharose, plusieurs manips sont possibles.

A) Cas du Quartz

Partie VI.2 du poly M13.

Ic, on s'intéresse à la biréfringence circulaire du Quartz par étude du spectre cannelé. On reprend le montage précédent, mais on remplace le quartz précédent ($e = 4\text{mm}$) par un quartz plus long ($e = 60\text{mm}$), on enlève le filtre, et on remplace l'écran par un spectrovio. Ce dernier nous permet d'observer le spectre cannelé.

Pour notre lame de 6cm, sachant qu'on a un pouvoir rotatoire $[\alpha] \approx 19^\circ/\text{mm}$, la rotation dépasse largement les 180° , donc difficile de vérifier la loi de Biot ($\alpha = A/\lambda^2$) directement. D'où l'intérêt du spectre cannelé. On vérifie plutôt la loi de Biot en s'intéressant à deux cannelures (franges noires) consécutives.

On note toutes les longueurs d'ondes correspondant à des minimas, et on les rentre toutes dans un fichier excel. On a les formules (on pose ρ plutôt que α du poly) :

$$\Delta n = \frac{\rho \lambda_{\text{moy}}}{\pi} \text{ avec } \rho = A/\lambda^2$$

On a $\rho_{n-1} - \rho_n = A(\lambda_{n-1}^{-2} - \lambda_n^{-2})$, on en déduit : $A = n \times 180^\circ \times (\lambda_1^2 \lambda_{n+1}^2) / ((\lambda_1^2 - \lambda_{n+1}^2))$

En rentrant tout dans excel, on peut avoir différentes valeurs de Δn dans différents domaines de longueurs d'onde (ex : rouge, bleu, tout le spectre).

B) Cas d'une solution de Saccharose

Partie VI.4 (manipulation partie VI.4.3).

La loi de Biot pour les liquides est très utile en chimie pour les polarimètres de Laurent. On peut faire l'une (ou plusieurs) des trois manipulations proposées au VI.4.3.

On fait un modèle de polarimètre de Laurent avec analyseur et polariseur, et laser Nd:YAG comme source ($\lambda=532\text{ nm}$).

Claire avait fait la 3ème (mesure du pouvoir rotatoire du saccharose). Si on note θ l'angle de déviation mesuré avec l'analyseur, on a :

$$[\alpha](\lambda) = \frac{\theta(^{\circ})}{L(dm)C(g/mL)}$$

et c'est sur cette formule que l'on peut facilement faire les incertitudes :

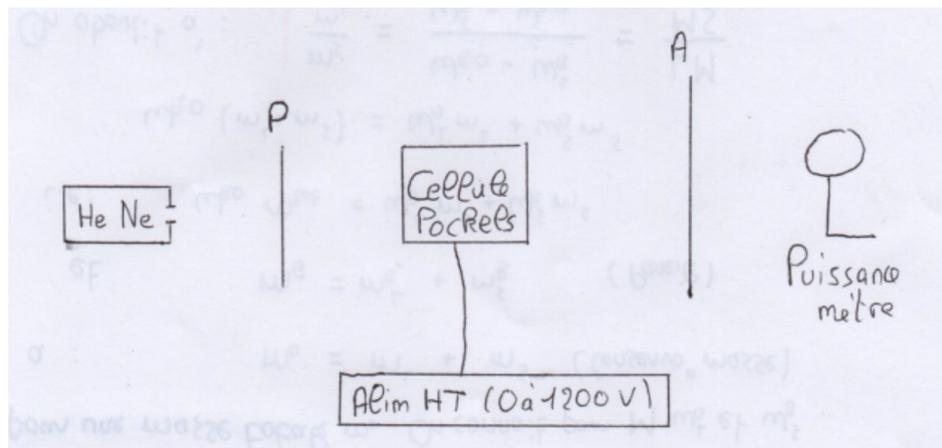
$$\frac{\Delta[\alpha]}{[\alpha]} = \sqrt{\left(\frac{\Delta c}{c}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\theta}{\theta}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2}$$

Pour info, Claire avait $[\alpha] = 76 \pm 2 \text{ }^{\circ}.mL/dm/g$, et la valeur tabulée était 86,21 à $\lambda = 521,8 \text{ nm}$, ma différence s'explique par la différence sur la longueur d'onde utilisée.

III - Biréfringence induite

On étudie ou la biréfringence n'est pas naturelle, mais introduite par une contrainte au milieu. A Rennes, on préfère étudier l'effet Pockels (linéaire) que l'effet Kerr car les résultats sont meilleurs.

Partie VII.1.



Partie délicate car il ne faut surtout rien bouger (sinon résultats non reproductibles par rapport à l'incidence des rayons sur la cellule de Pockels).

On règle bien P et A pour l'extinction, puis on ajoute la cellule de Pockels. Important : la cellule doit être bien en face, la réflexion doit revenir dans le laser. On cherche à montrer la dépendance linéaire entre la tension appliquée et la biréfringence.

La formule importante :

$$\frac{2\pi l \Delta n}{\lambda} = \Phi$$

Où Φ est le déphasage, l la largeur de la cellule, λ la longueur d'onde utilisée.

$\Delta n = \Delta n_0 + \Delta n(V_{HT})$. Quand on a une tension nulle ($V_{HT} = 0$), on a déjà un déphasage Φ_0 .

En réalité, on mesure la transmission $T = P/P_{\max}$, et on remonte aux Φ en utilisant la formule du poly ($T = \sin^2(\Phi/2)$).

On "enlève" (mathématiquement) le déphasage Φ_0 , qui persiste. Il faut donc le mesurer.

On mesure la transmission T (et donc on peut remonter à Δn) pour différentes tensions V_{HT} , on est supposé obtenir une relation linéaire entre V_{HT} et Δn . C'est l'effet Pockels.

On peut trouver Δn à la tension demi onde, car c'est ce qui est tabulée. C'est la tension pour laquelle on a $\Phi = \pi$. Pour estimer la tension demi onde, on mesure la tension intermédiaire entre un max et un min visuellement. Comparer à la théorie. (donnée par la formule importante citée plus haut).

Autre Manip possible : On peut rajouter, au début, une petite manip quali car il y a des trucs assez visuels dans ce montage. On peut juste mettre en évidence l'anisotropie optique (III), intéressant en intro d'après Denis.