Sablonière
Sonneville

MP n°10 : Milieux optiquement actifs : biréfringence et pouvoir rotatoire

Biblio :

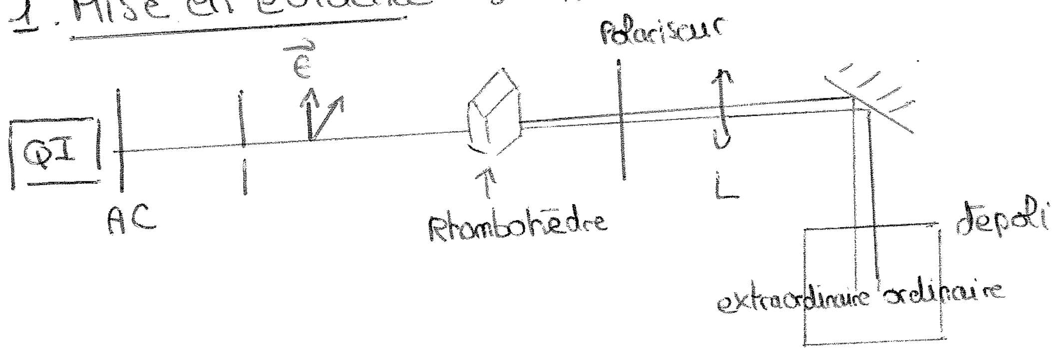
- Duffait - Sextant
- Pérez
- Bruhat
- Feynmann Tome 2. Méca.

Introduction : lors de ce montage nous allons nous intéresser à des matériaux pour lesquels la propagation de la lumière dépendra de sa polarisation. On représentera la lumière, non plus par un scalaire, mais par un vecteur. On s'intéressera d'abord à des milieux biréfringents (ex : Quartz, spath) puis à des milieux présentant un pouvoir rotatoire naturel ou provoqué.

I. Biréfringence :

→ cristaux uniaxe. Faisceau lumineux //. en incidence normale sur la face d'entrée.

1. Mise en évidence → Rhomboèdre de spath ($CaCO_3$)

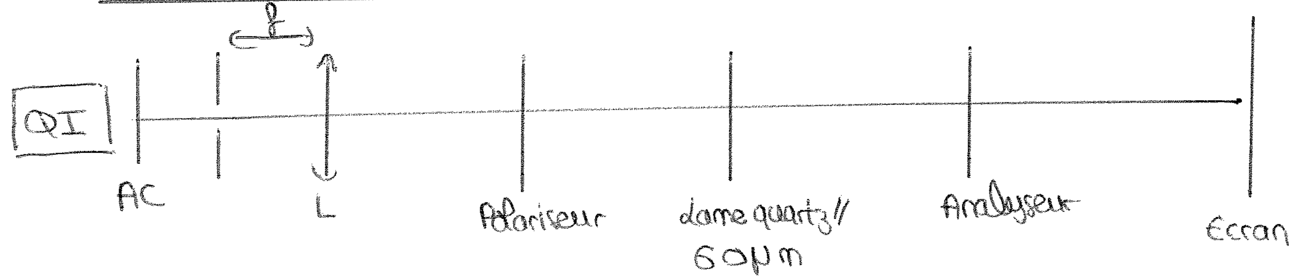


histoire : XVII des gens se demandaient pourquoi ils voyaient double à travers ce cristal. Fresnel s'y interessa → rôle important dans la découverte de la polarisation de la lumière.
En effet les rayons ordinaires et extraordinaires sont polarisés ⊥

2. Etudes de lames minces de Quartz taillées // à l'AO

→ Incidence normale p/r à l'AO : pas de séparation des faisceaux ordinaires et extraordinaires - Il reste un déphasage induit par la traversée de la lame : ($\underline{\delta = (n_e - n_o) e} = \Delta n e$)

a. Mise en évidence des lignes neutres



→ P et A croisés : si on rajoute la lame → la lumière réapparaît.
∃ deux lignes ⊥ rétablissant l'extinction → lignes neutres

→ lumière colorée : interférences entre rayons ordinaires et extraordinaires (possibles grâce à l'analyseur). Ici δ est petite ⇒ extinction de qques λ. (couleur)

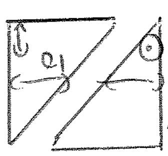
b. Détermination de Δn par ≠ méthodes

lame 60µm
* teinte de Newton :
couleur (pour P et A croisés) → $\delta = \Delta n e$

$$\Delta n = \frac{\delta}{e} = \frac{570.10^{-9}}{60.10^{-6}} = 9,5.10^{-3} \pm 10^{-4}$$

Erreur ? → sur δ : $\Delta\delta = 10\,nm$
limite de la méthode : nécessite l'appréciation des couleurs.

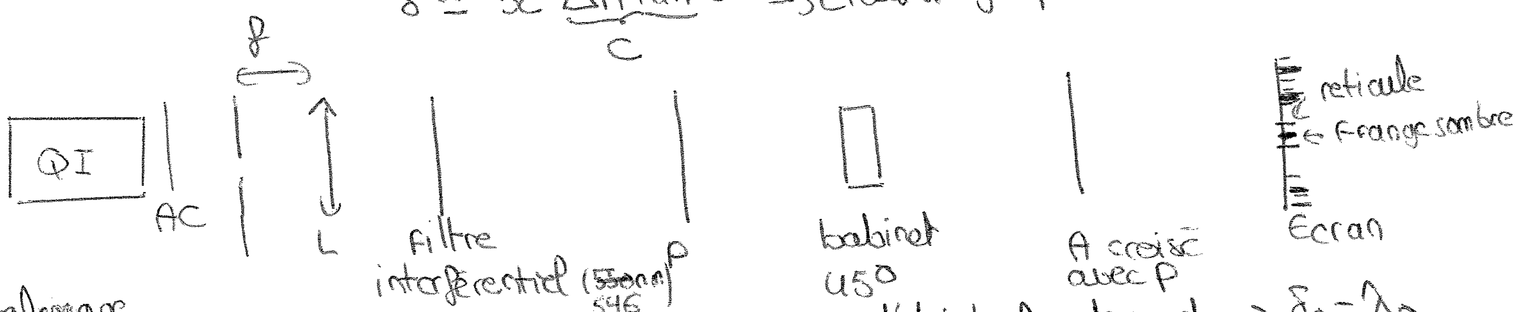
lame 60µm
* compensateur de babinet : compense le déphasage introduit par la lame



des AO dont ⊥ l'un avec l'autre et // à la face d'entrée.
2 prismes de quartz, 1 prisme mobile → x

$\delta = (n_e - n_o)e_1 + (n_o - n_e)e_2$ $\delta = 0$ au centre.

$\delta = x \underbrace{\Delta n \tan\theta}_{C}$ → étalonnage pour déterminer C



Etalonnage
→ lumière monochromatique : déplacement d'1 interfrange : $d_0 \to \delta_0 = \lambda_0$

Mesure de Δn : on rajoute la lame (quartz // 60 µm) à 45° ③

→ la frange noire centrale se déplace : on doit bouger le compensateur de d_1 pour la ramener au centre du réticule (compensation de δ)

$d_1 \rightarrow \delta_1$
$d_0 \rightarrow \lambda_0$

d'où $\boxed{\delta_1 = \frac{d_1 \lambda_0}{d_0} = \Delta n e}$

$$\Delta n = \frac{d_1 \lambda_0}{d_0} \cdot \frac{1}{e} = 9,6 \cdot 10^{-3} \pm 0,1$$

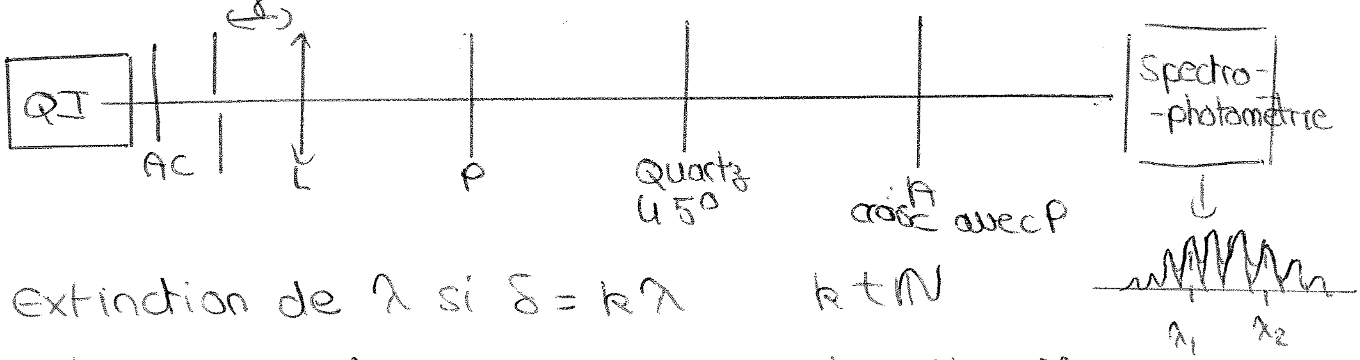
$d_0 = 4,9$ mm. $\lambda_0 = 546$ nm

[$d_1 = 5,15 \pm 0,05$ mm

Erreur sur d_1, d_0 : $\pm$ $\Delta d = 0,05$ mm

* Spectre cannelé : → lame épaisse : extinction de nombreuses λ
on voit blanc d'ordre supérieur.

Etude lame Quartz 4 mm //



Extinction de λ si $\delta = k\lambda$ $k \in \mathbb{N}$

Entre p cannelures on a : $\Delta n e = \lambda_1 k_1 = (k_1 + p)\lambda_2$

$\lambda_1 = 660,51$ (cannelures)
$\lambda_2 = 573,29$
9 intervalles

$$\boxed{\Delta n = \frac{p}{e} \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}}$$

$$\Delta n = (9,77 \pm 0,01)\, 10^{-3}$$

Erreur : sur $\lambda \Rightarrow \Delta\lambda = 0,5$ nm $\left(d(\Delta n) = \frac{p}{e} \Delta\lambda \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2} \right) = 2 \cdot 10^{-5}$

⇒ Comparaison des méthodes :

$\Delta n(\underline{\lambda})$: or les ~~deux premières~~ méthodes se font en lumière blanche.

Δn littérature $= 9,044 \cdot 10^{-3}$ à 0,7 µm
$= 9,504 \cdot 10^{-3}$ à 0,4 µm

La 1ère méthode est la ⊖ précise car fait appel à la vision des couleurs.

II. Pouvoir rotatoire → propriété de certaines substances de ① faire tourner une polarisation rotatoire dans son plan.

1. Mise en évidence : lame de Quartz taillée ⊥ à l'ao
lame ⊥ : neutralise la biréfringence qui sinon cacherait le pouvoir rotatoire.
Découverte du phénomène par Arago au XIX ième

→ même montage que pour biréfringence : on prend une lame de quartz ⊥ de 2mm d'épaisseur.

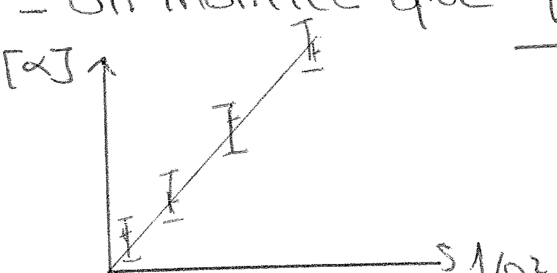
→ observations : P et A croisés. Si on ajoute la lame, réapparition de lumière. Contrairement à la biréfringence, si on tourne la lame, rien ne se passe.
si on tourne A → apparition de couleur.
En fait on éteint ≠ λ : $\alpha = \underbrace{[\alpha](\lambda)}_{\text{pouvoir rotatoire spécifique}} \ell$

2. Etude de la dispersion

- On rajoute un filtre interférentiel → si on tourne A d'1 angle α on rétablit l'extinction. Si on tourne A vers la droite → dextrogyre
gauche → levogyre

Le signe de α ne change pas si on retourne la lame.

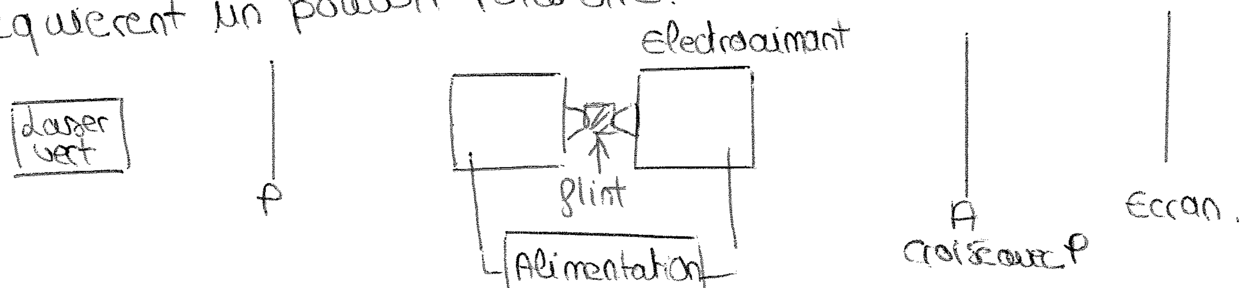
- On montre que $\underline{[\alpha] \propto 1/\lambda^2}$



Prendre 1 point à 581 nm.

3) Effet Faraday

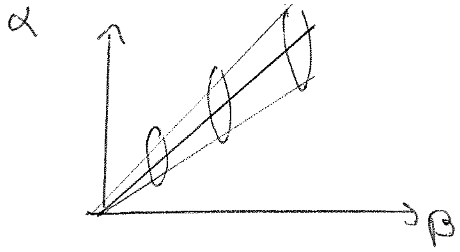
sous l'action de $\vec{B}$ suffisamment intense certains matériaux (ex flint) acquièrent un pouvoir rotatoire.



* Etalonnage : $B = f(I) \Rightarrow$ pour s'affranchir de l'offset de la sonde à effet Hall on mesure B et $-B$ (avec I et $-I$) et on fait la moyenne.
* si $B \sim 0 \to$ P et A croisé : pas de lumière.
* si B grand $\to$ lumière : il faut tourner A d'1 angle α

α suit la loi de Verdet : $\boxed{\alpha = V_e \cdot l \cdot B}$.

V_e : cste de Verdet
l : lgueur traversée.　　$l = 3.10^{-2}\,m \pm 10^{-3}$



$\alpha = aB$　　on trouve $a =$ 　　$\pm$

où $V_e = \frac{a}{l} =$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta a}{a}$$

La littérature donne $V_e(\text{flint}) = 528°.T^{-1}.m^{-1}$
Prendre le point à 7 A.

<u>Bonus</u> : Pouvoir rotatoire du saccharose (JFLM tome 2)

$\to$ toujours le $\hat{m}$ montage : on ajoute une cuve remplie de saccharose. $c = 0,2\,g.ml^{-1}$

Loi de Biot : $\boxed{\alpha = [\alpha]_D^{25} \cdot l \cdot c}$

D : Doublet sodium
l : dm
c : $g.ml^{-1}$

conclusion:

Nous avons vu l'effet de certains milieux optiquement actifs sur la polarisation de la lumière.
Ces effets présentent de nombreuses applications :
p. ex pour la biréfringence → lame à retard de phase
ex lame 1/4 d'onde
→ biréfringence provoquée par des contraintes mécaniques : photoélasticimétrie. On peut grâce à cette méthode déterminer des contraintes subies par un matériau.

Pour le pouvoir rotatoire : → mesure de concentration en chimie
→ identification d'énantiomères,