

MESURE D'UNE BIREFRINGENCE AVEC LE MICHELSON

1. Objectifs

Le premier objectif de ce TP est de faire des révisions sur l'interférométrie par division d'amplitude au travers des réglages de l'interféromètre.

On le réglera au contact optique en lumière blanche, puis on l'utilisera pour obtenir les interférogrammes de la lumière blanche, de la lumière transmise par un filtre interférentiel et du blanc d'ordre supérieur (spectre cannelé à la sortie d'une lame biréfringente).

Les interférogrammes seront exploités pour en dégager la notion de longueur de cohérence d'une onde lumineuse et mesurer la biréfringence du quartz.

2. Réglage de l'interféromètre de Michelson

On utilisera l'interféromètre muni d'un moteur de translation.

Le schéma de référence est indiqué sur la figure 1.

Vérifier que les miroirs M_1 et M_2 sont à peu près équidistants de la séparatrice Sp . Agir si nécessaire sur la vis P_1 .

Le laser doit éclairer les miroirs en incidence normale (réflexion principale vers le laser).

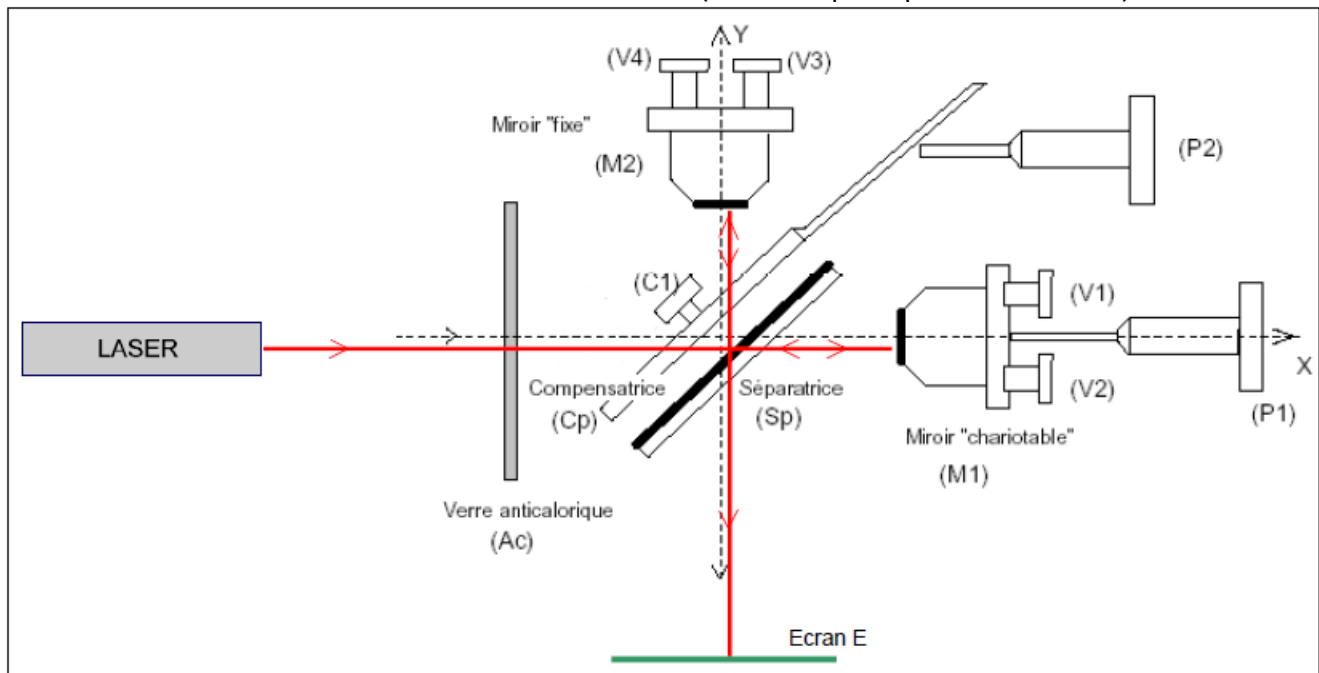


Figure 1 : Réglage avec un laser

La lumière du laser rencontre de nombreux dioptrés (Ac , Cp , Sp) et miroirs (M_1 et M_2). Les réflexions multiples séparent le faisceau en rayons d'intensités différentes formant sur l'écran E deux groupes de taches. Voir figure 2 (a).

Avec un papier, occulter l'un puis l'autre miroir pour trouver l'origine de ces taches.

On règle à présent la compensatrice Cp . Agir sur la vis P_2 , puis sur C_1 pour regrouper et superposer les réflexions multiples associées à chaque miroir. Voir figure 2 (b). **Ne plus toucher à ces vis.**

Ensuite, on rend les miroirs orthogonaux : agir sur les vis V_1 et V_2 (réglage grossier) pour superposer les deux groupes de taches. Voir figure 2 (c).

Après ces réglages géométriques, on passe aux réglages interférométriques.

Elargir le faisceau laser à l'aide d'une lentille de courte focale (10 mm), afin d'éclairer toute la surface des miroirs.

On doit observer des franges, éventuellement très fines.

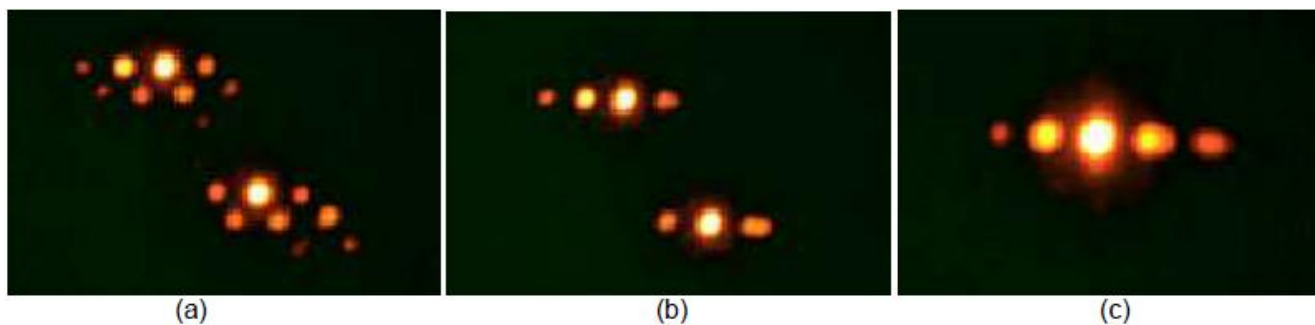


Figure 2 : Aspects de l'écran lors des réglages

Agir alors délicatement sur V_1 et V_2 , et éventuellement sur V_3 et V_4 (réglage fin), pour obtenir des anneaux centrés.

Agrandir ces anneaux en agissant sur P_1 (faire rentrer les anneaux), jusqu'à ce qu'à ne voir plus qu'une teinte unique. On est alors proche du contact optique. Si au cours de l'agrandissement des anneaux, ces derniers se décentrent, il faut les recentrer avec V_1 et V_2 .

Pour se rapprocher plus finement du contact optique, on va éclairer l'interféromètre avec une lampe à vapeur de sodium : remplacer le laser et la lentille de courte de focale par une lampe à vapeur de sodium et un dépoli.

Regarder M_2 à travers Sp . On doit voir des anneaux centrés (tourner légèrement P_1 si ils sont mal contrastés). Si ils défilent lorsqu'on déplace l'œil, agir sur V_3 et V_4 pour les stabiliser.

Remplacer le dépoli par un condenseur. Ajuster la position de la lampe et du condenseur afin d'éclairer uniformément les miroirs.

Placer une lentille de focale 500 mm à la sortie de l'interféromètre et observer les anneaux dans son plan focal image.

Agrandir les anneaux (les faire rentrer) jusqu'à ce qu'on ne puisse plus distinguer s'ils rentrent ou s'ils sortent. Noter le sens de rotation de P_1 , et noter l'indication de son micromètre.

Remplacer la lampe à sodium (qui doit rester allumée) et le condenseur par une lampe blanche à condenseur intégré.

Régler ce condenseur pour un éclairage uniforme des miroirs.

Tourner très délicatement P_1 dans le même sens que précédemment jusqu'à voir des couleurs (teintes de Newton).

Agir délicatement sur V_3 et V_4 pour qu'une seule teinte occupe tout le champ.

Le contact optique correspond à la teinte gris noir.

Noter sa position sur la vis micrométrique.

Montrer votre montage à un professeur.

Démontrer à partir d'un schéma issu de la figure 3 que la différence de marche entre les deux bras du Michelson est $\delta = 2e \cos(i) + \lambda/2$.

3. Interférogramme de la lumière blanche

3.1 Montage

Remplacer la lentille de focale 500 mm par une autre de focale 150 mm.

On utilise le capteur de lumière connectable à l'oscilloscope et dont on peut régler l'offset et le gain. Il est muni d'une fibre optique dont on placera l'extrémité libre au foyer de la lentille.

Régler la base de temps de l'oscilloscope sur 2,5 s/div et sur le calibre 1V par division.

Connecter le moteur à la vis P_1 et le lancer. Observer l'interférogramme à l'oscilloscope. Inverser le sens du moteur et réajuster le gain et l'offset du capteur pour obtenir un beau signal. Recommencer autant de fois que nécessaire jusqu'à l'obtention d'un beau signal.

Acquérir alors le signal avec le logiciel *Oscillo*. Imprimer la courbe obtenue. **Arrêter le moteur en fin d'acquisition et montrer celle-ci à un professeur. Noter le sens du moteur.**

3.2 Exploitation

L'interférogramme passe par un maximum lorsque $\delta=0$: c'est le maximum de visibilité des franges.

Mesurer la largeur Δt (en s, attention à l'unité de l'axe des abscisses) à 10% du maximum.

En déduire la largeur $\ell=v\Delta t$ parcourue par le miroir pendant cette durée ($v=50\mu\text{m}/\text{mn}$ est la vitesse du moteur). ℓ est la longueur de cohérence de la lampe blanche.

4. Longueur de cohérence de la lumière transmise par un filtre interférentiel

Interposer un filtre interférentiel devant le capteur. Comme l'intensité transmise baisse, il faut modifier le gain et l'offset du capteur.

Réenclencher le moteur en direction du contact optique et faire plusieurs acquisitions jusqu'à avoir un beau signal. L'enveloppe du signal doit avoir l'allure d'un sinus cardinal dont on voit le centre en entier et le premier maximum secondaire.

Acquérir la courbe avec le logiciel *Oscillo* et l'imprimer.

Déterminer comme précédemment la longueur de cohérence de la lumière transmise par le filtre.

Est-elle plus grande ou plus courte que celle de la lumière blanche ? Pouvait-on s'en douter ?

En théorie, $\ell=\lambda^2/\Delta\lambda$ où λ est la longueur d'onde centrale du filtre et $\Delta\lambda$ sa bande passante. Calculer la longueur de cohérence théorique et la comparer à la valeur expérimentale.

5. Mesure de la biréfringence du quartz

5.1 Montage

Réaliser le montage de la figure 3 : avant d'entrer dans l'interféromètre, la lumière blanche traverse une lame de quartz de biréfringence Δn et d'épaisseur $\varepsilon=4\text{mm}$ placée entre deux polariseurs parallèles. Ses lignes neutres doivent être à 45° des polariseurs.

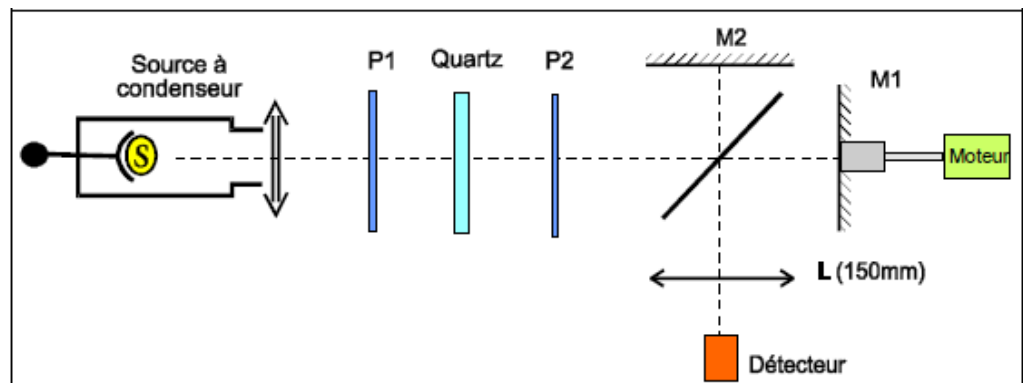


Figure 3 : Montage pour la mesure de la biréfringence

Pour faire cela, croiser les polariseurs P1 et P2, puis placer entre eux la lame de quartz. Faire tourner la lame jusqu'à obtention de l'extinction. Tourner alors P1 de 45° et mettre P2 parallèle à P1.

5.2 Principe

A la sortie de P2 et à l'entrée du Michelson, on a la superposition de deux ondes déphasées de $\Phi=2\pi\varepsilon\Delta n/\lambda$. Dans l'interféromètre, chacune de ces ondes est transformée en la superposition de deux ondes ayant un déphasage supplémentaire de $\varphi=2\pi.2e/\lambda$ où e est le déplacement du miroir mobile par rapport au contact optique.

En sortie de l'interféromètre, il y a donc quatre vibrations qui interfèrent (elles ont quasiment la même amplitude) :

$$\bullet \quad y_1 = ae^{i\omega t} \quad y'_1 = ae^{i(\omega t + \Phi)} \quad y_2 = ae^{i(\omega t + \varphi)} \quad y'_2 = ae^{i(\omega t + \Phi + \varphi)}$$

Les franges en lumière blanche ont un maximum de visibilité à condition que la différence de phase entre les ondes soit nulle.

A quelle condition observe-t-on les franges par interférences de y_1 et y_2 ? De y'_1 et y'_2 ? De y'_1 et y_2 ? De y_1 et y'_2 ? Choisir les réponses parmi : $\varphi=-\Phi$; $\varphi=0$; $\varphi=+\Phi$; $\Phi=0$.

En déduire que l'on observe des franges en lumière blanche bien contrastées quand $e=0$ et un peu moins bien contrastées quand $e=\varepsilon\Delta n/2$ et $e=-\varepsilon\Delta n/2$.

5.3 Interférogramme d'un spectre cannelé

Régler la base de temps de l'oscilloscope sur 5 s/div. Lancer le moteur en direction du contact optique et observer le signal à l'oscilloscope : ajuster le gain et l'offset pour avoir un beau signal au passage du contact optique.

Lorsque c'est le cas, laisser le moteur tourner jusqu'à l'apparition des franges pour $e=\pm\varepsilon\Delta n/2$ (il faut attendre plus de 20s à partir du contact optique).

Inverser alors le sens du moteur et démarrer l'acquisition du signal avec le logiciel *Oscillo*.

Imprimer la courbe obtenue. **La montrer à un professeur.**

L'enveloppe de cette courbe présente trois maximums de hauteurs différentes. Mesurer la durée Δt (en s) entre le premier et le troisième (attention à l'unité de l'axe des abscisses de la courbe). Voir figure 4.

Démontrer que $\Delta n = v\Delta t/\varepsilon$ puis calculer numériquement Δn ($v=50 \mu\text{m}/\text{mn}$ et $\varepsilon=4,0 \text{ mm}$).

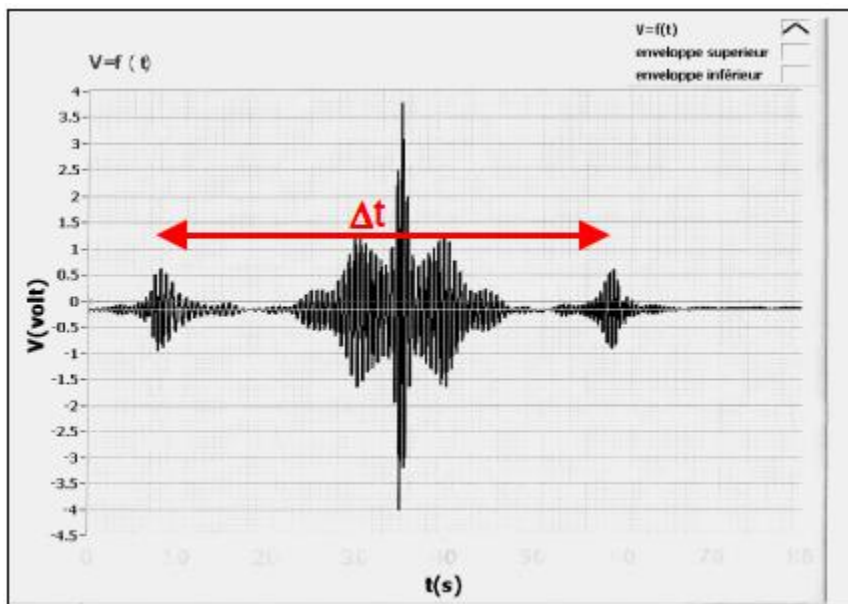


Figure 4 : Mesure de la biréfringence du quartz

NOMS :

DATE :

.....

.....

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

§	Travail à faire	A noter sur place	A noter à l'écrit
2	Réglages du Michelson Réglages Démonstration	____ / 3	____ / 2
3	Interférogramme en lumière blanche Acquisition Longueur de cohérence	____ / 2	____ / 2
4	Filtre interférentiel Acquisition Mesure de ℓ Valeur théorique de ℓ , comparaison	____ / 1	____ / 1 ____ / 1
5	Biréfringence du quartz Montage Acquisition Réponses aux questions Biréfringence : démonstration, calcul numérique	____ / 2 ____ / 2	____ / 2 ____ / 2

TOTAL : _____ / 20**Les comptes-rendus sont à rendre une semaine après le TP, le même jour de la semaine.****Un jour de retard : -2 points****Deux jours de retard : note / 2****Au-delà : points sur place / 2**