

Spectre cannelé de biréfringence et interféromètre de Michelson

1^{er} mars 2012

1 Spectre cannelé

On place une lame de quartz parallèle entre polariseur et analyseur croisés, de façon à avoir une ligne neutre à 45° . C'est ce qui permet d'avoir un contraste maximal.

On obtient un blanc d'ordre supérieur dont le spectre fréquentiel est *grosso modo* un cosinus avec un continu.

Il n'est pas indispensable d'éclairer le tout avec un trou source dans le plan focal d'une lentille : on perd ainsi beaucoup de lumière sans gagner énormément en qualité d'image (de façon générale, si on ne fait pas converger le faisceau, il est suffisamment parallèle pour avoir une belle image). Il est possible, voire souhaitable selon ce que l'on veut faire, d'enregistrer le spectre cannelé avec SpidHR : voir figure 1.

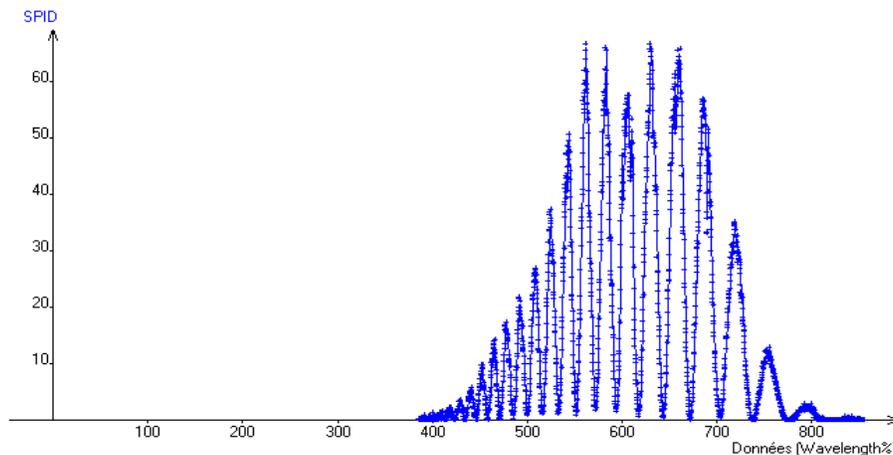


FIGURE 1 – Spectre cannelé enregistré avec SpidHR.

2 Spectroscopie par transformée de Fourier

On fait entrer la lumière issue du montage précédent dans un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air. Quand on translate le chariot, en notant δ la différence de marche entre les deux bras de l'interféromètre en un point de la figure, l'intensité en ce point est :

$$I(\delta) = KI_0 \left[1 + C_t(\delta) \cos \left(2\pi\nu_0 \frac{\delta}{c} + \phi_t(\delta) \right) \right]$$

où $C_t(\delta)$ et $\phi_t(\delta)$ sont le module et l'argument de la transformée de Fourier, qui varient lentement devant le cosinus sous certaines hypothèses (??). Dans ce cas, le contraste de la figure est $C_t(\delta)$, soit le module de la transformée de Fourier du spectre de la lumière incidente.

Dans le cas d'un spectre cannelé, c'est bien ce que l'on observe : en **coin d'air**, au contact optique, on a une frange avec des irisations (correspondant au continu du spectre) et on retrouve les irisations pour des positions de part et d'autre du contact optique (les pics correspondant au cosinus). Il est déjà possible de mesurer au vernier l'écart entre ces positions et d'en déduire la fréquence du spectre cannelé, et donc le produit Δne de la biréfringence par l'épaisseur de la lame de quartz. Le coin d'air est ici plus pratique pour pouvoir repérer précisément les franges. Pour une lame de quartz de 4mm, on arrive à mesurer un écart au vernier qui correspond aux valeurs attendues, mais la précision semble assez médiocre.

Nous avons essayé de motoriser la manipulation : on a utilisé le Michelson qui semble récent (celui avec un petit filtre anticalorique monté dessus) réglé en lame d'air (plus pratique pour placer le photodétecteur). On place un détecteur (on a essayé avec une photodiode mais ça doit être faisable avec Caliens) au centre de la figure. Ensuite, on se place à une extrémité de la figure (ie après l'un des deux pics) à la main, puis on branche le moteur : pour cela, appuyer le petit ressort le plus possible et visser. Le moteur est assez simple à utiliser, il y a un bouton pour le lancer, et un bouton à deux positions pour choisir le sens de rotation (les positions sont "logiques" : la position dirigée vers le miroir fait avancer le miroir alors que celle qui est vers l'extérieur de l'interféromètre fait reculer le miroir). On lance l'acquisition avec Synchronie et on lance le moteur. Attention quand on visse, l'arbre a tendance à tourner un peu !

Il faut acquérir le temps que "les deux pics et le continu" défilent, ce qui correspondait à un peu moins d'une minute, et en prenant suffisamment de points (6000 convenaient). La figure 2 présente ce que nous avons obtenu.

Nous n'avons pas tenté d'aller plus loin. Il faudrait avoir la vitesse de translation du moteur (celle sur l'étiquette de l'interféromètre semble fausse) : pour cela, le laisser tourner un certain temps et regarder sur le vernier de combien il a avancé. On pourrait alors avoir accès à une différence de marche puis à un écart en fréquence.

La transformée de Fourier ne donne pas grand chose. En revanche, la transformée de Fourier du spectre cannelé ressemble raisonnablement à ce que l'on a obtenu (à prendre avec des pincettes, nous n'avons rien vérifié de quantitatif,

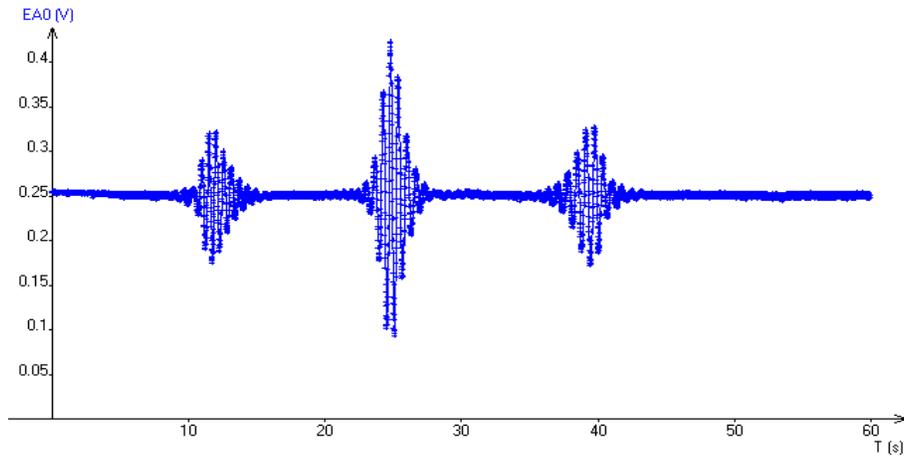


FIGURE 2 – Exemple d'acquisition.

il faudrait tester), à savoir qu'on a bien un pic central et des pics autour : voir figure 3.

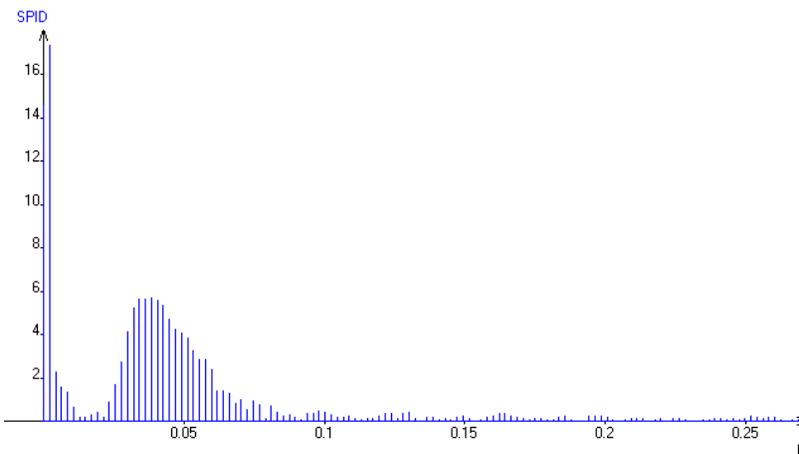


FIGURE 3 – Transformée de Fourier du spectre cannelé (fréquences positives).

Pour le choix de la lame de quartz, nous avons choisi de prendre la lame de 1.53 mm pour l'acquisition informatisée et la lame de 4 mm pour faire à la main. En effet, la fréquence des cannelures augmente avec l'épaisseur : pour faire à la main, une fréquence "élevée" permet d'améliorer la précision et pour le moteur, une fréquence plus basse permet d'avoir des acquisitions plus rapides.

3 Commentaires

La manipulation doit pouvoir être rendue plus quantitative que ce que nous avons eu le temps de faire. Comme on avait souvent des problèmes pour enregistrer les profils de raies (acquisitions longues et en général, on enregistre plus le spectre d'absorption du filtre que le profil de la raie), cette manipulation semble intéressante : elle se fait rapidement, on doit pouvoir remonter à une valeur raisonnable de la biréfringence du quartz (sur ce qu'on a fait à la main, le résultat semblait bon, mais on n'a pas regardé précisément les incertitudes qui doivent être de l'ordre de 10%) en quantifiant un peu mieux l'acquisition informatisée. Elle illustre bien la propriété de transformée de Fourier.

L'inconvénient (mais en est-ce bien un?) est qu'il faut être un peu au point sur la biréfringence et les spectres cannelés. On notera que cette expérience n'est pas aussi simple à interpréter avec un spectre cannelé de polarisation rotatoire car l'indice dépend alors fortement de la longueur d'onde.