

## XII-A : Interféromètre de Michelson (2)

Cette séance de travaux pratiques, se décompose en deux parties :

- Une première partie où nous allons analyser le blanc d'ordre supérieur en lumière blanche. Nous observerons ainsi un spectre cannelé. Nous en profiterons pour mesurer l'épaisseur d'une lame de mica.
- Une deuxième partie où l'on va s'exercer à réaliser des chronogrammes sur différentes sources :
  - o Doublet du Hg
  - o Doublet du Sodium
  - o Diode Laser
- La moitié des binômes commencera par la partie I, l'autre moitié par la partie II.

Matériel à disposition :

- o 1 interféromètre de Michelson
- o 1 jeu de lentilles (100mm, 200mm, 500mm...)
- o 6 pieds d'optique de même hauteur
- o 1 diaphragme à iris
- o 1 écran
- o 1 « mètre »
- o 1 diode-laser
- o Lunettes de protection laser rouge
- o Lampe de poche
- o 1 Lampe au Na, 1 Lampe au HG, 1 source de lumière blanche
- o Filtre interférentiel dans le jaune.
- o 1 dépoli
  - o 3 Caliens (Pour les IM motorisés)
  - o 1 Torche Laser pour l'IM sopra n°1
  - o 1 Spectrophotomètre à fibre optique « thorlabs »

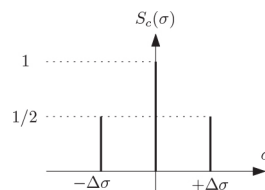
## I – Modes longitudinaux du laser

I-1) Document 1 : Modélisation de l'émission

Les modes longitudinaux d'une diode LASER correspondent aux fréquences présentes dans le spectre d'une diode LASER présentant un profil Gaussien. Ces fréquences sont distantes les unes des autres d'une même quantité appelée intervalle spectral libre et dépendant de longueur de la cavité L et **de l'indice n qui dans notre cas vaut 3,5.**

$$\Delta\nu = \frac{2c}{nL}$$

Nous allons modéliser l'émission laser par :  $S_c(\sigma) = \delta_i(\sigma) + \frac{1}{2}\delta_i(\sigma - \Delta\sigma) + \frac{1}{2}\delta_i(\sigma + \Delta\sigma)$  où  $\left\{ \begin{array}{l} \delta_i = \text{fonction dirac} \\ \sigma = \frac{1}{\lambda} \end{array} \right.$



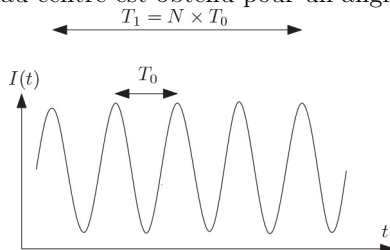
L'éclairement obtenu est de la forme :  $I(M) = 2I_0(1 + V(\delta) \cos(2\pi\delta\sigma_0))$  avec  $V(\delta) = 1 + \cos(2\pi\delta\Delta\sigma)$

## I-2) Document 2 : Mesure de la vitesse de motorisation

Comme pour le doublet du sodium, nous allons déterminer l'intervalle spectral libre séparant les modes longitudinaux du laser à l'aide de l'enregistrement des franges d'égalé inclinaison

$$\Delta\nu = \frac{2c}{nL}$$

L'enregistrement des anneaux au centre est obtenu pour un angle d'inclinaison  $i$  nul tel que  $\delta = 2e$ .

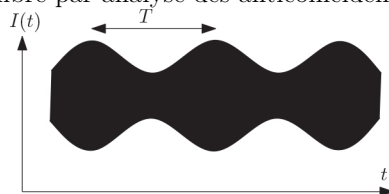


On obtiendra la vitesse de motorisation du Michelson en observant le chronogramme ci-dessus. En effet entre deux anneaux brillants on a :

$$\Delta\delta = \lambda_0 = \frac{1}{\sigma_0} = 2e = 2V T_0 \Rightarrow V = \frac{\lambda_0}{2T_0} = \frac{\lambda_0 N}{2T_1}$$

## I-3) Document 3 : Détermination de l'intervalle spectral libre

On obtiendra l'intervalle spectral libre par analyse des anticoincidences (ou des coïncidences) :



Le facteur de visibilité pris entre deux positions maximales nous permet d'écrire :

$$2\pi\delta\Delta\sigma = 2\pi \Rightarrow \Delta\sigma = \frac{1}{2VT}$$

Or :

$$\Delta\nu = \frac{2c}{nL} \Rightarrow c \Delta\sigma = \frac{2c}{nL} \Rightarrow nL = \frac{2}{\Delta\sigma} = 4VT$$

Ainsi grâce à l'enregistrement on aura accès à la longueur de la cavité Laser.

## I-4) Réalisation de l'enregistrement

## a) Préparation

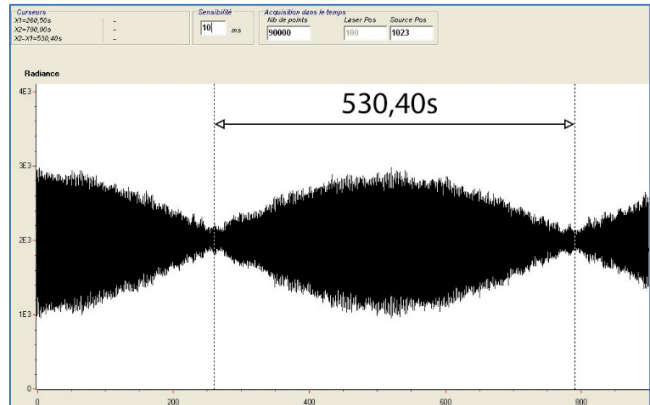
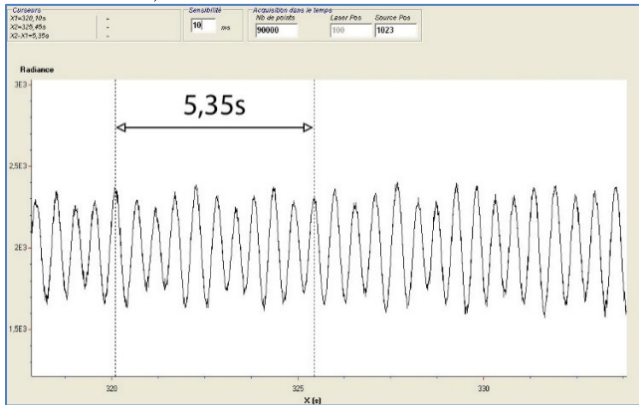
Avant d'effectuer le chronogramme à l'aide de la diode laser, nous allons nous entraîner sur des doublets comme le Na ou le Hg. Pour le mercure si nous isolons le doublet, un enregistrement de 5 min suffit alors que pour le doublet du sodium, il faut prévoir 20 min et la diode laser il faut 25 min.

Nous allons utiliser les IM réglés en lame d'air.

- Effectuez le montage pour obtenir des anneaux à l'aide de votre lampe spectrale. Pourquoi dans le cas du Mercure, il faut ajouter un filtre interférentiel jaune ?
- Obtenez à l'aide de la lampe spectrale, les anneaux d'égalé inclinaison.
- Pour l'enregistrement, il est très important d'avoir le centre des anneaux qui ne bouge quasiment pas pendant la manipulation. Il faudra donc chariotter plusieurs fois, et régler minutieusement l'angle entre les deux miroirs du Michelson
- Le « pixel » utilisé par défaut de la caméra, est le pixel central. Servez-vous d'un anneau (sur la monture de la caméra) pour bien placer le centre des anneaux au centre de la caméra.

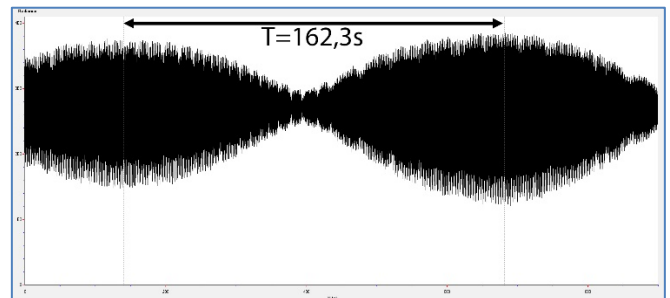
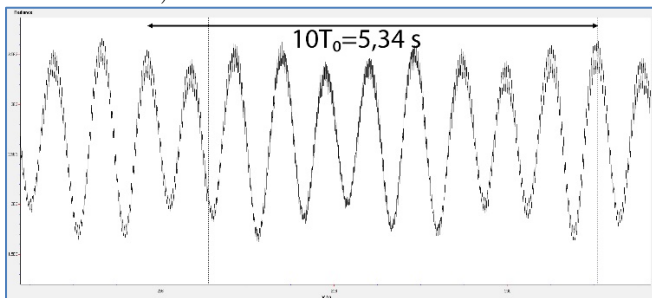
- Une fois tous ces réglages effectués, nous réglons l'acquisition pour Caliens :
  - o Menu Time :
    - 45000 points avec sensibilité de 10 ms  $\Rightarrow$  450s d'acquisition pour le Hg
    - 100000 points avec sensibilité de 10 ms  $\Rightarrow$  1000s d'acquisition pour le Na
    - 100000 points avec sensibilité de 10 ms  $\Rightarrow$  1000s d'acquisition pour la torche laser verte.
  - o Nous lançons l'acquisition avec le bouton à droite de « time ».
- Logiquement l'acquisition de chronogramme se fait dans l'obscurité, sans mouvement de lumière, il est possible que vos enregistrements soient incomplets ainsi je vous fournis des chronogrammes à analyser si besoin :

i) Le sodium

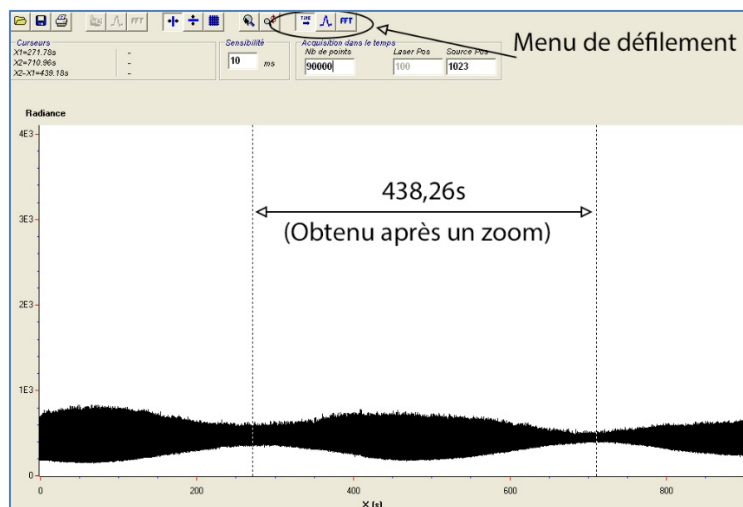


Pour le sodium avec un moteur annonçant 0,033mm/min (Sopra n°1)

ii) Le Mercure :



- iii) Torche Laser verte  $\lambda = 543 \text{ nm}$   
 On obtient les valeurs suivantes :  $T_0 = 0,534\text{s}$



- iv) Diode Laser rouge  $\lambda_0 = 648\text{nm}$  on a :  
 -  $T_0 = 0,535\text{s}$  et  $T = 1916\text{s}$  (Très délicat à obtenir)

A l'aide de votre enregistrement :

- Déterminez la vitesse de motorisation avec son incertitude :  $U_{V,95\%} = \frac{\lambda_0}{T_0^2} u_{T_0}$  dont on retrouvera la formule.
- Déterminez l'intervalle spectral libre en fréquence et longueur d'onde avec son incertitude.
- Déterminez la longueur de cavité et son incertitude sachant que  $n = 3,5 \pm 0,2$
- Récapitulez les résultats sous forme de tableau

	Doublet du Na	Doublet du Hg	Laser Vert	Laser Rouge
$[\lambda_m] \backslash nm$	589,3	578,0	543,0	648,0
$[\Delta\lambda] \backslash nm$				
$[L] \backslash \mu m$				

## II – Interféromètre de Michelson en lumière blanche

### II-1) Passage de lame d'air à coin d'air

Lorsque le Michelson est réglé en lame d'air, placez-vous au contact optique en essayant de faire apparaître le minimum d'anneaux sur l'écran de projection à l'aide de la vis  $V_3$  du miroir  $M_1$ .

- A l'aide de la lentille, éclairez les miroirs entièrement à l'aide de la lampe de sodium.
- Faites l'image des miroirs sur l'écran avec une lentille de 200mm (placer un coin de feuille au niveau des miroirs).
- Jouez sur les vis  $V_1$  et  $V_2$  afin d'observer des franges rectilignes. (Vous pouvez jouer sur la position de la lampe afin d'améliorer l'éclairage des miroirs pour avoir des franges plus contrastées)
- Orientez verticalement vos franges pour la suite des expériences avec les vis  $V_1$  et  $V_2$ . Obtenez une dizaine de franges à l'écran.

### II-2) Expérience en lumière blanche

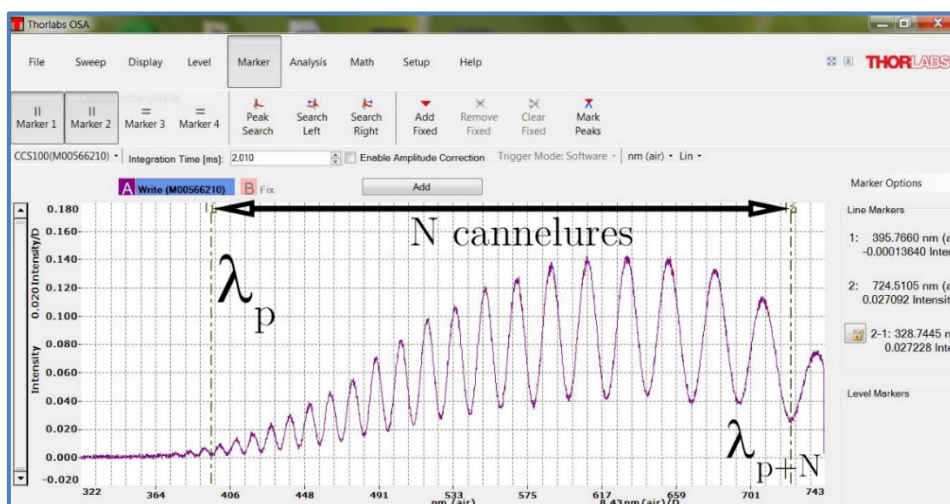
#### a) Teintes de Newton

Les teintes de Newton sont délicates à obtenir, placez-vous à proximité du contact optique (Si vous n'avez pas charioter le miroir M1 dans le IV-2, c'est le cas).

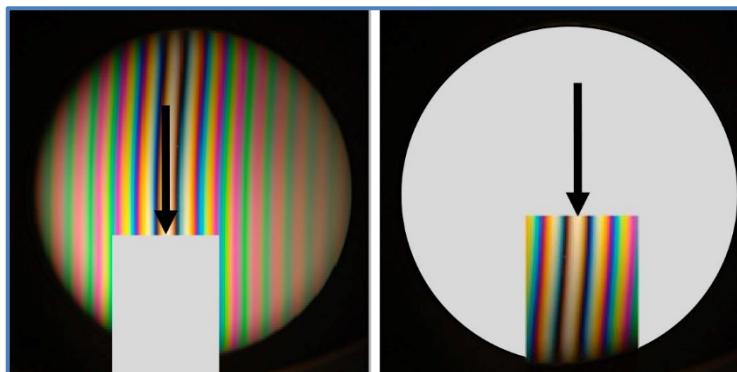
- Remplacez la lampe spectrale par une source de lumière blanche.
- Si vous bénéficiez d'une chance miraculeuse, vous observerez alors les franges du coin d'air en lumière blanche. Sinon, la portion du coin d'air que vous projetez sur l'écran a une épaisseur trop grande  $\delta > l_c$  et vous voyez du blanc d'ordre supérieur. En chariotant *très délicatement* sur quelques centièmes de millimètres, il faut réduire encore l'épaisseur du coin d'air jusqu'à faire apparaître les franges.
- Relevez la position du vernier pour lequel vous avez obtenu les teintes de Newton :  $x_0$

#### b) Spectre cannelé (Si le spectrophotomètre est déjà utilisé passez directement au c)

- Placez le spectrophotomètre à la place de l'écran.
- Déplacer le vernier légèrement jusqu'à obtenir une dizaine de cannelures. On notera la position du vernier  $x_1$ . Constatez que le nombre de cannelures augmente avec l'épaisseur du coin d'air.
- Enregistrer votre spectre et retrouver la valeur  $|x_1 - x_0| = e$  sachant que  $e = \frac{N}{2 \left( \frac{1}{\lambda_p} - \frac{1}{\lambda_{p+N}} \right)}$ .



- c) Mesure d'épaisseur
- Utilisez l'interféromètre en coin d'air en lumière blanche.
  - Placez-vous au contact optique. Notez la position du vernier  $x_0$ .
  - Placez une lame de Mica sur une partie des axes de l'interféromètre.
  - Chariotez le miroir de façon à retrouver les figures d'interférences sur la zone correspondant à la lame mince. Relevez la valeur au micromètre près de la position du chariot  $x_1$ .
  - En déduire l'épaisseur de la lame  $e$  tel que :  $|x_1 - x_0| = 2(n - n_{air})e$  où  $n = 1,58 \pm 0,02$ .



Expérience de la lame de mica

Remarques :

- ✓ Afin d'avoir une bonne précision on choisira des franges rectilignes plutôt resserrées.
- ✓ On pourra faire une marque sur une feuille positionner sur l'écran d'observation pour augmenter la précision des mesures.
- ✓ Les lames de Mica s'usent assez facilement, pensez à bien les choisir.

Document 4 : Spectromètre à fibre optique

Un spectromètre à fibre optique est un appareil qui utilise comme détecteur de lumière une fibre optique, la fibre optique amène la lumière dans un système dispersif basé sur un réseau. Un capteur CCD permet ainsi de récupérer l'intensité de chaque longueur d'onde sur la plage d'utilisation du spectrophotomètre.

Il existe plusieurs systèmes optiques mais le plus utilisé est le Czerny-Turner :

