

# TP n°11 Optique: **Michelson 2: mesures**

## CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES EXIGIBLES:

- mettre en œuvre un protocole pour accéder au profil spectral d'une raie (largeur spectrale en longueur d'onde) ou d'un doublet à l'aide d'un interféromètre de Michelson (écart spectral en longueur d'onde des deux composantes du doublet).
- Caractériser la géométrie d'un objet ou l'indice d'un milieu à l'aide d'un interféromètre de Michelson: mesure de l'épaisseur/indice d'une lame de verre.

## OBJECTIFS CONNEXES: $\emptyset$

### Remarques préliminaires:

- A votre arrivée dans la salle, vous devriez trouver l'interféromètre dans une configuration quelconque : les miroirs  $M_1$  et  $M_2$  doivent normalement avoir une orientation quelconque et les distances entre les miroirs et la séparatrice ne doivent pas être égales.
- L'idéal pour cette séance est de régler très rapidement le Michelson en configuration coin d'air ou lame d'air afin de procéder aux différentes mesures attendues.

## 1 Réglages (10 minutes maximum dans l'idéal!)

### MANIPULATION:

- Procéder au réglage de l'interféromètre en coin d'air avec le protocole appris dans le précédent TP (réglage à l'aide d'une lampe spectrale au mercure).
- Passer en configuration lame d'air avec grand soin.

## 2 Mesures spectroscopiques

### 2.1 Longueur de cohérence de la raie verte du mercure

#### 2.1.1 Rappels théoriques du cours

Un atome de mercure ( $Hg$ ) émet un train d'onde de durée  $\tau$  : la longueur de ce train d'onde (qui se propagé dans le vide) est donc  $L_c = c\tau$ . Pour qu'il puisse y avoir interférence entre la partie du train d'onde qui a été réfléchié par  $M_1$  et celle qui a été réfléchié par  $M_2$ , il faut que ces deux trains arrivent au point d'interférence avec un décalage temporel inférieur à  $\tau$ . Il faut donc que la différence de marche  $\delta = 2e$  (au centre en lame d'air) soit inférieure à la longueur  $L_c$  du train d'onde. Au delà, il n'y a plus interférence. De plus, la largeur spectrale en fréquence  $\Delta\nu$  est

reliée à la durée d'émission par  $\Delta\nu = \frac{1}{\tau} = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$ , d'où la valeur de la largeur spectrale (supposée petite) en longueur d'onde  $\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{L_c}$ .

#### 2.1.2 Estimation de $L_c$

### MANIPULATION:

- Eclairer le Michelson réglé en lame d'air avec la lampe spectrale à mercure dont on isole la radiation verte à l'aide du filtre interférentiel sélectionnant la raie  $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ .
- A partir de la position du contact optique  $L_{1c.o.}$  relevée sur le vernier dans le précédent TP, augmenter progressivement la différence de marche jusqu'à disparition complète des anneaux et noter la valeur de nouvelle position  $L_{1max}$ .
- Se replacer à la position  $L_{1c.o.}$  et diminuer cette fois la différence de marche, à nouveau jusqu'à disparition complète des anneaux; noter la valeur correspondante de la position du vernier  $L_{1min}$ .
- Dédire de vos mesures une estimation d'une part de la longueur de cohérence de la source  $L_c$ , et d'autre part de la largeur spectrale  $\Delta\lambda$  de la raie verte du mercure  $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ . A quel ordre maximal observable? (au centre de la figure i.e.  $p = \frac{2e}{\lambda}$ )

### 2.2 Détermination des composantes d'un doublet

#### 2.2.1 Rappels théoriques du cours

La lumière jaune du sodium est formée de deux raies voisines **que l'on considèrera de même intensité**, l'une de longueur d'onde  $\lambda_1$ , l'autre de longueur d'onde  $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ . Les deux raies forment deux systèmes d'anneaux indépendants l'un de l'autre. Parfois, ils coïncident dans le champ de vision : les anneaux paraissent alors très contrastés **car les deux franges correspondant au même état d'interférences sont superposées**, mais ils peuvent aussi être décalés,

un anneau brillant d'une raie coïncidant avec un anneau sombre de l'autre raie : l'éclairement de l'écran est alors uniforme et l'on parle d'une situation **d'anticoïncidence des anneaux**. Ces brouillages se reproduisent périodiquement quand on fait varier la différence de marche, avec une périodicité  $\Delta\delta$ .

#### QUESTIONS:

On appelle  $p_1$  et  $p_2$  les ordres correspondant à la différence de marche  $\delta$  respectivement pour les radiations de longueur d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ . Sachant que pour une différence de marche  $\delta$  conduisant à une anticoïncidence, des deux systèmes de franges on a un écart d'ordre  $\delta p = p_1 - p_2 = m + 1/2$  avec  $m$  entier, établir la relation:

$$\Delta\lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{\Delta\delta} = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta e} \quad (e \text{ épaisseur de lame})$$

**NB:** la démonstration de cette relation a été menée en cours à l'aide de l'expression du facteur de visibilité  $V(\delta) = \cos\left(\pi \frac{\Delta\lambda}{\bar{\lambda}^2} \delta\right)$ , autre manière de procéder.

### 2.2.2 Mesure

- Allumer la lampe à vapeur de sodium  $Na$ . Aucun filtre n'est nécessaire (le doublet jaune du sodium est beaucoup plus intense que les autres composantes).
- À Partir d'une position de départ de  $M_2$  légèrement supérieure à la position  $L_{1_{co}}$  du contact optique pour observer quelques anneaux, faire croître progressivement la différence de marche jusqu'au premier brouillage. Noter cette position. Continuer à augmenter  $\delta$  pour observer plusieurs brouillages.
- On donne  $\lambda_1 = 589 \text{ nm}$  et  $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$ . Déduire de vos mesures  $\Delta\lambda$  et comparer à la valeur théorique.

## 3 Mesure de l'indice d'une lame de verre en lumière blanche

### 3.1 Passage à la configuration coin d'air

#### MANIPULATION:

- A partir de la configuration en lame d'air précédente, revenir au contact optique  $L_{co}$
- Revenir à un éclairage avec la lampe à vapeur de mercure.

- Agir sur les vis de réglage grossier avec précaution pour passer en configuration coin d'air afin d'obtenir une dizaine de franges visibles. Si vous avez procédé avec soin, la projection de l'arête du coin d'air se trouve dans la zone d'interférence visible à l'écran, ou bien très proche.
- Passer en lumière blanche; si aucune frange n'apparaît, placer le filtre vert devant l'entrée du Michelson pour passer en éclairage monochromatique; si les franges n'apparaissent toujours pas, chariotter très lentement dans un sens jusqu'à apparition des franges; si ce n'est toujours pas le cas, alors chariotter dans l'autre sens. Vous devriez voir apparaître une frange achromatique (blanche) correspondant à l'arête du coin d'air ( $\delta = 0$ ), entourée d'irisation correspondant aux franges des différentes radiations du visible. Noter précisément la position du chariot. Elle correspond au contact optique.
- Placer ensuite une lamelle de microscope (transparente) sur la voie du Michelson correspondant au miroir mobile (un support est prévu à cet effet). Les franges disparaissent. Chariotter alors légèrement afin de faire réapparaître les franges (dans quel sens ?) **et noter la distance  $d$  dont s'est traduit le miroir**.
- En réalité, les franges dues aux rayons qui ont traversé la lamelle n'ont pas le même aspect qu'en l'absence de celle-ci. Observer qu'il n'y a plus de frange brillante blanche. Proposer une interprétation.
- Observer que des irisations apparaissent au voisinage des bords de l'image projetée de la lamelle au moment du chariotage où l'on a rapproché le miroir  $M_2$  **de la moitié de la distance nécessaire pour les retrouver sur la lamelle**. Proposer une interprétation.
- Enlever la lamelle et son support avec précaution.

### 3.2 Mesures

- Faire un schéma représentant la position des miroirs dans le cas du coin d'air au contact optique (on fera le schéma du montage simplifié du Michelson).
- Où se situe la frange achromatique?
- Expliquer pourquoi le fait de rajouter la lamelle fait disparaître les franges.
- Celle-ci a pour épaisseur  $e$  et pour indice  $n$ . Etablir à nouveau la relation vue en cours  $d = (n - 1)e$ .
- Mesurer au Palmer (ou "micromètre") l'épaisseur de la lamelle, et en déduire son indice optique.