

## Interféromètre de MICHELSON, reloaded

L'objectif de ce TP est principalement de régler et de comprendre le fonctionnement de l'interféromètre de MICHELSON. Quelques mesures simples concluent ce TP essentiellement basé sur le réglage et la manipulation.

.....

**Durant tout le TP, il est recommandé de photographier les figures obtenues sur l'écran et d'envoyer, peu après, les photos à votre professeur en nommant les photos de manière intuitive.**

.....



L'interféromètre de Michelson étant un appareil fragile, on veillera à ne jamais toucher les miroirs et, en particulier, à ne rien coller dessus.

.....

### I) Réglage

#### 1°) Préliminaires

- Préparez ce dont vous aurez besoin pour faire les montages (diaphragme et lentilles).
- i?* Quelle lampe faut-il utiliser pour régler le michelson ?
- Rappelez la nature des interférences et les réglages optiques à réaliser (faire un schéma) :
  - pour le coin d'air ;
  - pour la lame d'air.

#### 2°) Réglages

- Réglez l'interféromètre en coin d'air avec une lampe à vapeur de sodium.
- Observez les interférences dues au coin d'air et décrivez l'effet de légères modifications des vis de réglages :
  - vis de chariotage ;
  - vis de réglage du miroir  $\mathcal{M}_1$  ;
  - vis de réglage du miroir  $\mathcal{M}_2$ .

### II) Mesures

#### 1°) Doublet du sodium

##### *i.* réglage en lame d'air

- Réglez l'interféromètre en lame d'air et au contact optique et **notez la position de la vis de chariotage.**
- Augmentez l'épaisseur de la lame en chariotant et constatez l'évolution du système d'interférences en terme de luminosité, taille, contraste.
- Repérez les positions du chariot de  $\mathcal{M}_1$  pour 5 ou 6 brouillages.

- Montrez que pour un doublet de longueur d'onde moyen  $\lambda_m$  et d'écart  $\Delta\lambda$ , il y a brouillage lorsque l'épaisseur  $e$  de la lame d'air vaut  $e = \frac{\lambda_m^2}{4\Delta\lambda} + \frac{\lambda_m^2}{2\Delta\lambda}$  avec  $p$  entier.
- En prenant  $\lambda_m = 589,3$  nm pour le sodium et  $\lambda_m = 578,0$  nm pour la raie du mercure, déduisez-en l'écart en longueur d'onde du doublet et comparez avec les valeurs attendues :  $\Delta\lambda = 0,6$  nm pour le sodium et  $\Delta\lambda = 2,1$  nm pour le mercure.

### ii. réglage en coin d'air

L'interféromètre est supposé réglé en lame d'air et au contact optique, si tel n'est pas le cas, réglez en conséquence.

- Réglez source, lentilles et écran de manière à observer les interférences en coin d'air (qui ne sont pas encore là, normalement).
- Modifiez légèrement la vis de réglage fin de  $\mathcal{M}_2$  afin d'observer les franges d'interférences.
- Faites varier la taille angulaire de la source (en modifiant la taille du diaphragme et interprétez ce que vous voyez.
- i?* Comment mesurer expérimentalement la taille du grandissement de la lentille de projection ?
- Mesurez le grandissement réalisé par la lentille de projection.
- En considérant l'interfrange  $i$  au niveau du miroir, déduisez-en l'angle  $\alpha$  formé par les deux miroirs.
- Chariotez doucement  $\mathcal{M}_1$  et décrivez l'évolution du système d'interférences.

## 2°) Interférences en lumière blanche

### i. réglage en coin d'air

L'interféromètre est supposé réglé en coin d'air et au contact optique. Si tel n'est pas le cas, réglez en conséquence.

- Changez la lampe pour une lampe blanche. Si vous ne voyez pas de franges colorées c'est que  $\mathcal{M}_1$  n'est pas au contact optique.
- Chariotez très légèrement  $\mathcal{M}_1$  de manière à faire apparaître uniquement du blanc d'ordre supérieur sur l'écran. Les franges doivent avoir « tout juste » disparu.
- Sans toucher aux réglages, filtrez la lumière directement en sortie de l'interféromètre avec un filtre interférentiel.
- Décrivez et interprétez ce que vous voyez sur l'écran.
- Retirez le filtre et repositionnez  $\mathcal{M}_1$  au contact optique. Les franges doivent réapparaître.

### ii. réglage en lame d'air

- Reréglez le parallélisme des miroirs et prenez une lampe blanche.
- En modifiant **très** légèrement la vis de chariotage de  $\mathcal{M}_1$ , faites défiler les teintes de NEWTON et repositionnez l'interféromètre sur le contact optique
- Estimez la longueur de cohérence de la lumière blanche.
- Observez et décrivez le spectre lorsque l'interféromètre est réglé en teinte plate. Pour le spectre, vous pourrez utiliser soit un prisme en vision directe, soit le spectroscopie à fibre optique.
- Faites apparaître deux (ou trois) cannelures dans le spectre et vérifiez la cohérence avec la condition d'extinction :  $2e = p\lambda$  où  $e$  est l'épaisseur de la lame d'air,  $p$  un entier et  $\lambda$  la longueur d'onde de la radiation éteinte.

### III) Longueur d'onde du sodium

#### 1°) Réglage

→ Réglez l'interféromètre de telle sorte qu'il soit en lame d'air et au contact optique.

#### 2°) Mesure

##### i. motorisation de la vis de chariotage

La mesure de la longueur d'onde moyenne de la lampe à vapeur de sodium va se faire en regardant les interférences au niveau de l'incidence nulle. Il y aura des franges brillantes lorsque l'épaisseur  $e$  vérifiera  $2e = p\lambda$  avec  $p$  entier.

Le problème est qu'il est impossible de mesurer la distance entre deux franges tellement celles-ci sont rapprochées. De même il est difficile de compter le défilement des franges pour une variation connue de  $e$ .

La solution consiste à motoriser la vis de chariotage de l'interféromètre et de mesurer avec un capteur photométrique l'intensité au centre de la figure de diffraction.

En mesurant la fréquence des oscillations électriques obtenues et connaissant la vitesse de rotation du moteur, on peut remonter à la longueur d'onde moyenne de la lampe à vapeur de sodium.

##### ii. dispositif

- Utilisez l'interféromètre motorisé (un seul pour tous les groupes) et, si vous êtes le premier groupe, réglez-le en lame d'air.
- Vissez les vis de blocage reliant le moteur à la vis de chariotage. Attention, il faut serrer fort pour que l'entraînement soit effectif.



**Ne chariotez pas à la main dès lors que les vis de couplage entre le moteur et le chariotage sont serrées. Cela entraînerait « de force » le moteur et pourrait l'endommager.**

- Mettez en route le moteur et vérifiez (à l'oreille) qu'il tourne. Il est normal de ne pas le *voir* tourner.
- Installez le capteur mis à votre disposition au centre de la figure d'interférence et reliez-le à un oscilloscope.
- Mesurez la fréquence des oscillations.
- Cherchez sur le manuel mis à votre disposition la vitesse de rotation du moteur et déduisez-en la longueur d'onde moyenne de la radiation du sodium.
- Éteignez le moteur, laissez l'interféromètre réglé en lame d'air et retournez à votre poste.
- Si vous êtes le dernier groupe, desserrez les vis de couplage entre le chariotage et le moteur.

### IV) Épaisseur d'une lame de verre

#### 1°) Principe

L'introduction d'une lame d'épaisseur  $e_0$  et d'indice  $n$  sur un des bras de l'interféromètre augmente la différence de marche de  $2e_0(n-1)$ . Pour mesurer cette différence de marche supplémentaire, vous travaillerez en coin d'air et vous repèrerez la position de la frange claire d'ordre 0. En chariotant le miroir  $\mathcal{M}_1$  de telle sorte que la projection frange d'ordre 0 soit, à travers la lame rajoutée au même endroit sur l'écran que là où elle se trouvait sans la lame, il est possible alors de mesurer la variation d'épaisseur  $\Delta e$  qu'il a fallu rajouter (ou enlever) de manière à équilibrer les chemins optiques.

Et cela donne  $\Delta e = e_0 (n - 1)$ .

Connaissant l'indice, il est possible de retrouver l'épaisseur et réciproquement.

*?* Quel type de source (blanche, lampe à vapeur, laser) faut-il utiliser pour repérer la frange centrale ?

*?* Pourquoi travailler en coin d'air plutôt qu'en lame d'air ?

## 2°) Mesure

### i. mise en place

- Réglez l'interféromètre de telle sorte qu'il soit en lame d'air et au contact optique.
- Éclairez avec la lampe nécessaire pour l'observation de la frange centrale et passez en mode « coin d'air » en veillant à ce que :
  - il y ait un nombre suffisamment important de franges (mais pas trop de manière à ce qu'elles restent visibles) ;
  - la frange centrale ait une orientation précise (verticale ou horizontale) **et** une position à peu près centrale sur l'écran.
- Notez la position de la vis de chariotage.

### ii. mesure

- Prenez **très délicatement** une lamelle et positionnez la le plus droit possible devant un des miroirs.
  - Chariotez de manière à retrouver la frange centrale. Attention à charioter dans le bon sens (pour cela, ne pas hésiter à réfléchir au sens de variation du chemin optique).
  - Notez la position  $x_2$  du miroir  $\mathcal{M}_1$  pour laquelle la frange centrale à travers la lame se projette au centre de l'écran.
  - En déduire l'épaisseur de la lame en prenant  $n = 1,50$ .
- ?* Pourquoi la qualité des franges est-elle nettement dégradée ?