

TP n°16 : Optique ondulatoire - Etude du doublet spectrale du sodium

Objectifs : Contrôler l'épaisseur d'une lamelle couvre objet de microscope.
Mettre en oeuvre et exploiter les propriétés optiques d'un interféromètre de Michelson.

Matériel :

- Interféromètre de Michelson
- écran blanc
- dépolis
- source de lumière blanche
- Lentille convergente 20 cm
- Lampe à vapeur de sodium.
- Lentille convergente 10 cm
- diaphragme
- Lampe à vapeur de mercure
- Condenseur.
- LASER

Un spectromètre par transformée de Fourier (STF) ne donne pas directement les raies d'un spectre, mais un interférogramme. C'est-à-dire l'éclairement en sortie d'un interféromètre de Michelson en fonction de l'épaisseur optique (différence de marche) entre les miroir de l'interféromètre. Un STF correspond à un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air, l'interférogramme étant donné par la formule de Fresnel pour une différence de marche δ :

$$\mathcal{E}(\delta) = 2.\mathcal{E}_0 (1 + \cos(2\pi\sigma\delta))$$

avec $\sigma = \frac{1}{\lambda_0}$ le nombre d'onde en cm^{-1} . Pour une source lumineuse polychromatique (présentant plusieurs longueur d'onde), dont le spectre peut être décrit par la fonction $\mathcal{F}(\sigma)$ l'éclairement en sortie de l'interféromètre est :

$$\mathcal{E}(\delta) = \int_{\sigma_1}^{\sigma_2} \mathcal{F}(\sigma) (1 + \cos(2\pi\sigma\delta)) d\sigma$$

L'interférogramme correspond à la transformée de Fourier du profil spectrale de la source lumineuse. C'est le théorème de Van Cittert-Zernike.

L'enregistrement d'un interférogramme, en vu d'obtenir le spectre d'une source lumineuse, se fait depuis le contact optique au foyer image d'une lentille convergente. Un moteur stabilisé permet d'augmenter progressivement la différence de marche δ . Ces enregistrements sont relativement longs (de l'ordre de 30 min à 1 h), et font apparaître différents motifs. On donne pour exemple deux interférogrammes :



FIGURE 1 – Interféromètre du plateau de Bure, est un réseau de radiotélescopes à 2552 m dans les Hautes-Alpes (France).

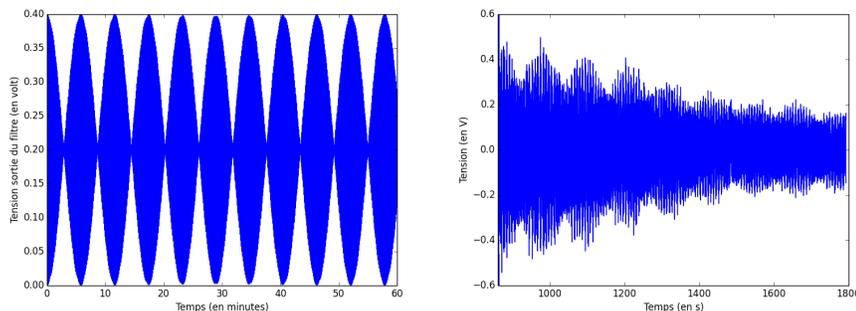


FIGURE 2 – A gauche : interférogramme pour un doublet de raies infiniment fines. A droite : interférogramme pour une source mercure.

1. Considérant que le spectre d'une lampe au sodium contient principalement un doublet orange dont les longueurs d'onde sont : λ_1 et $\lambda_2 > \lambda_1$, telles que $\Delta\lambda \ll \lambda_{moy}$; établir l'expression de l'éclairement en sortie d'un interféromètre de Michelson. Vous ferez apparaître une fonction de visibilité.

2. On donne : $\lambda_2 = 589,59 \text{ nm}$ et $\lambda_1 = 588,99 \text{ nm}$. Calculer la période de la fonction de visibilité et la période des interférences.

A l'aide programme Python réaliser une représentation graphique de l'éclairement.

3. Supposons qu'on puisse réaliser un enregistrement de la figure d'interférence, tout éléments pouvant parasiter cet enregistrement étant mis de côté. Quelle doit-être la fréquence minimale d'échantillonnage de l'enregistrement ?

4. Afin de réaliser une mesure précise on veut que cet enregistrement fasse apparaître au minimum 5 brouillages successifs. Quelle doit-être la vitesse maximale de translation du miroir M_1 que doit produire le moteur ? Quelle est alors la durée de l'enregistrement ?

Manipulation.

Manipulation 1 Réaliser le réglage de l'interféromètre de Michelson en lame d'air à l'aide d'une lampe à vapeur de mercure.

Régler l'interféromètre au contact optique.

Etablir et mettre en oeuvre un protocole permettant une mesure de $\Delta\lambda$ et λ_{moy} pour le doublet orange d'une lampe à vapeur de sodium. En déduire les valeurs des longueurs d'onde des raies oranges du sodium.

Avec une estimation des incertitudes types, comparez vos résultats avec les données.