

TP - INTERFEROMETRE DE MICHELSON -2

Matériel : Interféromètre de Michelson, laser avec support élévateur, lentille de très courte focale (3mm), lampes à vapeur de sodium et de mercure avec alimentations, diaphragme, lentilles +12,5cm, +20cm et +50cm, écran translucide, minimum 5 pieds supports, caméra Ovisio avec ordinateur.
Notebook « Notebook_TP_Michelson_2_Elèves » sur le site de la classe

Le but de ce TP est de développer les compétences du programme officiel :

« Mettre en œuvre un photodétecteur en sortie d'un interféromètre. »

« Obtenir une estimation de la longueur de cohérence d'une radiation et de l'écart d'un doublet spectral à l'aide d'un interféromètre de Michelson en lame d'air. »

Travail préparatoire :

Relire et apporter le cours sur l'interféromètre de Michelson.

PRECAUTIONS

L'interféromètre utilisé est un matériel de grande précision, qui présente, en conséquence, une certaine fragilité. Il convient donc de respecter scrupuleusement le protocole expérimental décrit plus loin, et de manipuler avec les règles suivantes :

- l'appareil comporte de nombreuses vis de réglage : ne manipuler chacune d'elles qu'après avoir compris sa destination,
- chaque opération doit être menée lentement et sans forcer ,
- EN AUCUN CAS, ON NE POSERA LES DOIGTS SUR LES MIROIRS, NI SUR LES LAMES SÉPARATRICE ET COMPENSATRICE ; on ne tentera pas non plus de les essuyer avec quelle que matière que ce soit,
- dans le moindre doute, surtout lors des premières manipulations, ne pas hésiter à solliciter une aide .

I. Description de l'appareil : (rappel)

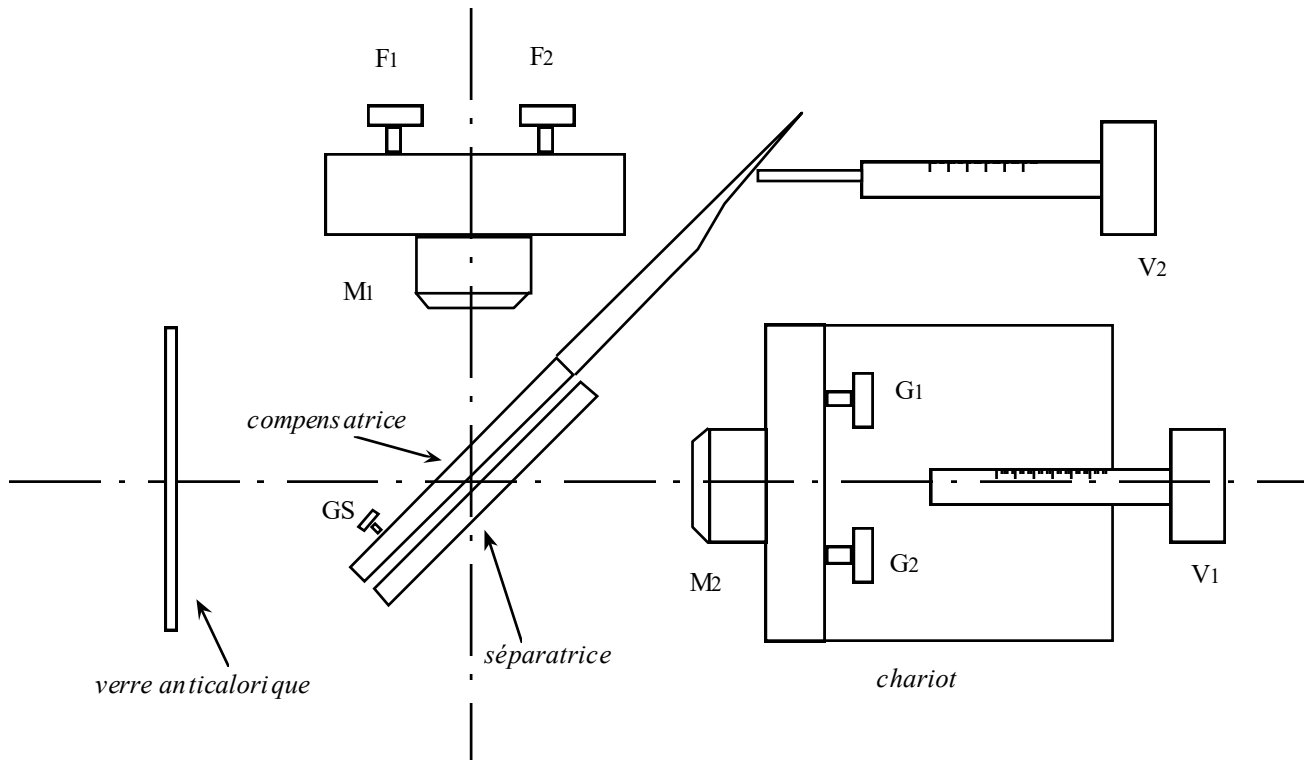
1) Schéma et description :

Se reporter au schéma de la page suivante.

(G₁), (G₂), (F₁) et (F₂) sont des vis servant à ajuster l'orthogonalité des miroirs, (G₁), (G₂) grossièrement et (F₁), (F₂) finement.

La vis (V₁) permet de déplacer (au centième de millimètre près) le chariot portant (M₂), et ainsi de faire varier la différence de longueur entre les bras.

Les vis (G_S) et (V₂) servent à placer la compensatrice parallèlement à la séparatrice, respectivement grossièrement et précisément.



II. Réglage au laser :

⊗ L'observation directe à l'œil est bien sûr proscrite dans toutes les étapes du réglage au laser. On veillera, de plus, à ne pas envoyer le faisceau, direct ou réfléchi par les miroirs, dans la salle.

1. Réglages de la compensatrice au laser

On peut procéder de deux façons, la première étant plus facile :

- ① avec le faisceau laser orthogonal à la séparatrice (méthode déjà utilisée),
- ② avec le faisceau laser sur l'axe optique d'entrée, l'observation ayant lieu sur l'écran placé orthogonalement à l'axe de sortie : on agit sur les deux vis de la compensatrice pour minimiser le nombre de taches observées.

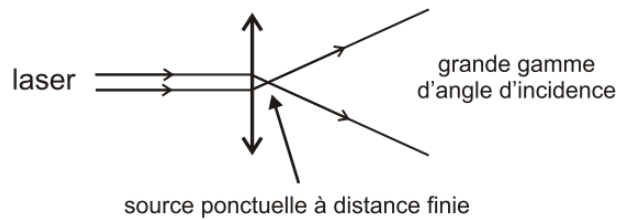
2. Premier réglage de l'orthogonalité des miroirs

N.B. : Ne pas oublier d'ajuster les longueurs des deux bras de l'interféromètre au préalable (mais noter la réglage initial avant votre intervention), et de régler les vis de réglage fin à mi-course.

Le faisceau laser étant confondu avec l'axe optique d'entrée, l'observation a lieu sur l'écran placé orthogonalement à l'axe de sortie: agir sur les vis de réglage grossier pour superposer les deux séries de taches sur l'écran. (Lorsque la superposition est correctement réalisée, des anneaux (entiers ou partiels) apparaissent sur l'écran mais sont peu visibles).

3. Amélioration de l'orthogonalité des miroirs et recherche du contact optique

Placer une lentille de courte distance focale ($f' = 5 \text{ mm}$) juste après le laser, de manière à simuler une source ponctuelle :



Les anneaux sont alors bien visibles.

① Déplacer le miroir mobile pour le rapprocher de la position du contact optique (les anneaux rentrent au centre). On constate que le centre se déplace et que les portions d'anneaux visibles ont une courbure qui devient de plus en plus faible et change de sens.

② Revenir à la position de courbure minimale, arrêter provisoirement le chariotage, et, avec les vis de réglage fin, faire augmenter l'écart entre les franges de manière à n'en voir plus que quelques-unes (moins d'une dizaine).

Les franges obtenues ont de nouveau une courbure notable. Reprendre l'étape ① pour faire disparaître cette courbure, puis appliquer la technique ② pour diminuer l'angle entre les miroirs, etc. jusqu'à obtenir une intensité lumineuse uniforme sur l'écran. C'est probablement la teinte plate.

Charioter à nouveau pour observer des anneaux. Le Michelson est bien réglé si le centre des anneaux reste fixe lorsqu'on passe de chaque côté du contact optique par augmentation de la différence de marche.

4. Commentaire

On obtient finalement ainsi une assez bonne réalisation du contact optique, qui pourra être améliorée, si nécessaire, avec une source moins cohérente (Hg ou blanche).

Par chariotage, augmenter l'épaisseur de la lame d'air jusqu'à observer une dizaine d'anneaux.

III. Spectrométrie par transformée de Fourier :

Remplacer le laser par une **source au sodium** et faire converger la lumière sur le miroir opposé à l'aide d'une lentille (L_1) de distance focale de l'ordre de 10 cm.

Où les anneaux sont-ils localisés ? Placer un écran (dépoli recouvert d'une feuille de papier blanche) dans le plan focal d'une lentille (L_2) **de distance focale 50 cm** placée tout près de l'interféromètre pour recueillir le maximum de lumière.

1) Battements spatiaux d'un doublet :

Le montage permet de mesurer l'écart entre les raies du **doublet du sodium**. Faire augmenter très lentement la différence de marche en déplaçant le chariot. Observer la variation du diamètre des anneaux et, périodiquement, de leur contraste, par *battements* entre les deux raies de l'émission jaune du sodium. Montrer que la période spatiale des anti-coïncidences est :

$$\Delta e = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_2 - \lambda_1)} \approx \frac{\lambda_m^2}{2\Delta\lambda}$$

Pour le doublet jaune du sodium on prendra $\lambda_m = 589,3 \text{ nm}$.

Partir de la teinte plate et tourner (V_1) jusqu'à obtenir des anneaux bien contrastés. Noter la graduation et tourner dans le même sens, très lentement, jusqu'au premier brouillage. Noter la graduation, puis continuer à tourner jusqu'au brouillage suivant, et ainsi de suite.

Revenir à la teinte plate et recommencer en déplaçant cette fois le chariot dans l'autre sens. En déduire $\Delta\lambda$ (à partir de la moyenne des valeurs de Δe), avec une estimation de l'incertitude.

2) Cohérence temporelle :

Revenir à la teinte plate. Remplacer la lampe à sodium par la **lampe à mercure** suivie par un filtre vert ($\lambda = 546,1 \text{ nm}$). Remplacer la lentille de projection par une lentille de focale 20 cm. Déplacer très lentement le chariot jusqu'à obtenir la disparition des anneaux : noter la valeur de la graduation. Si e est l'épaisseur de la lame d'air, la différence de marche $\delta = 2e$ est alors plus grande que la *longueur de cohérence* de la source. Recommencer l'expérience en inversant le sens de déplacement du chariot, et prendre pour e la moyenne des deux mesures.

Si $\Delta\nu$ est la largeur spectrale (en fréquence) de la source, la durée d'un train d'onde est $\tau = 1/\Delta\nu$, et la longueur de cohérence $l_c = c \tau = \lambda^2 / \Delta\lambda$.

Evaluer la largeur de la raie $\Delta\lambda$ et son incertitude.

IV. Loi de croissance du rayon des anneaux :

Utiliser la lampe à vapeur de mercure et pour lentille d'observation une lentille de focale 20cm.

Remplacer l'écran par celui de la caméra oVisio, suivi de la caméra à la distance minimale.

Choisir d'abord l'écran muni des quatre carrés noirs et procéder au réglage de la netteté et à l'étalonnage de la caméra comme dans le TP « Fentes d'Young » (voir notice).

Remplacer ensuite cet écran par l'écran blanc, côté opaque vers la caméra.

Choisir un profil (trait jaune) passant par le centre des anneaux.

Faire tracer le profil vert seulement, régler éventuellement la luminosité et le contraste.

Mesurer les diamètres des anneaux verts avec oVisio.

Vérifier que les carrés des rayons sont en progression arithmétique (utiliser le Jupiter Notebook « Notebook_TP-Michelson-2 » à télécharger sur le site de la classe)

Rédiger un bilan du TP.

Imprimer le Notebook en deux pages par feuille, il servira de compte-rendu.