
TP9

Michelson

Matériel

- Interféromètre de Michelson
- Laser et élargisseur de faisceau
- Lampe au mercure, lampe au sodium, lampe blanche
- Condenseur
- Lentilles de focale $f' = 20 \text{ cm}$ et $f' = 1 \text{ m}$
- Lamelle de microscope

Objectifs du TP

- Observation et analyse quantitative des figures d'interférences
- Réglage de l'interféromètre de Michelson en lame d'air et coin d'air

ATTENTION! Un interféromètre de Michelson est un appareil fragile et cher (environ 10 000 euro). Manipuler avec précaution. Ne pas toucher la séparatrice ou les miroirs avec les doigts. Ne jamais les essuyer avec quoi que ce soit, même s'il y a de la poussière dessus.

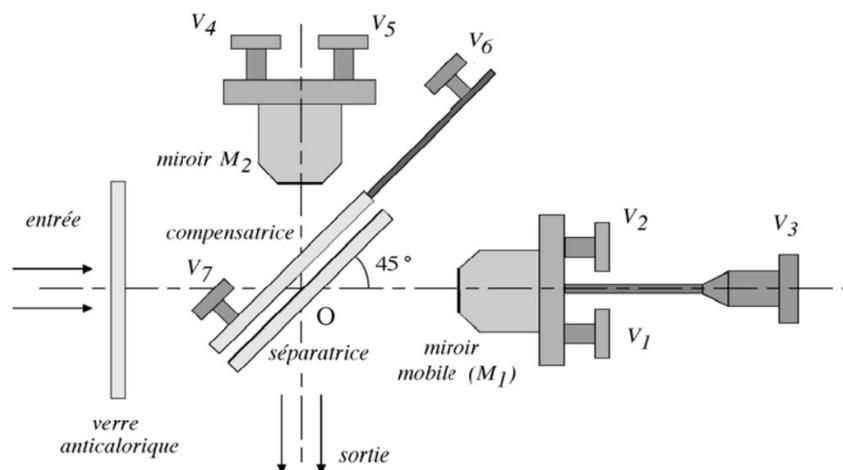
1 Introduction

1.1 Description de l'appareil

La figure 1 indique les principaux éléments qui constituent un interféromètre de Michelson. On distingue principalement :

- le miroir (M1) mobile,
- les vis V1 et V2 (vis de réglage grossier) qui permettent d'orienter le miroir (M1),
- la vis (ou molette) V3 qui permet de translater le le chariot sur lequel est fixé le miroir (M1) sur une distance de plusieurs centimètres. Un vernier permet de repérer la position du miroir (M1).
- le miroir (M2) semi-mobile (on ne peut pas le translater mais on peut l'incliner),
- les vis V4 et V5 (vis de réglage fin) permettent d'orienter le miroir (M2),
- la séparatrice qui laisse passer 50 % de la lumière incidente et réfléchit le reste. La séparatrice est fixe : elle fait un angle de 45° par rapport aux axes de l'interféromètre.
- la compensatrice,
- les vis V6 et V7 qui permettent d'orienter la compensatrice,
- un verre anticalorique qui absorbe les rayons infrarouges, pour ne pas endommager les miroirs (non présent sur ce modèle).

A vous de jouer Prenez le temps d'identifier chacun des éléments présents sur l'interféromètre.



1.2 Rappels

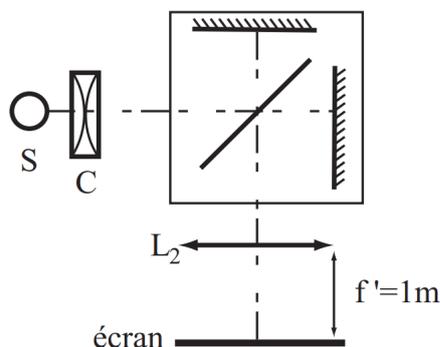
L'interféromètre de Michelson est un interféromètre à division d'amplitude. Il y a deux modes de fonctionnement importants :

Premier mode : interféromètre réglé en lame d'air à faces parallèles : Les figures d'interférence sont des anneaux. Dans le cas d'une source étendue ils sont situés à l'infini : on les observe dans le plan focal d'une lentille convergente. Il faut éclairer le Michelson avec une source la plus convergente possible pour avoir le plus d'anneaux possibles pour une épaisseur e de lame d'air donnée.

Deuxième mode : interféromètre réglé en coin d'air : Les figures d'interférence sont des franges rectilignes parallèles à l'arête du coin d'air, et localisées sur les miroirs dans le cas d'une source étendue. On les observe sur un écran en faisant l'image des miroirs sur l'écran à l'aide d'une lentille convergente. Il faut éclairer le Michelson en incidence normale (parallèlement à l'axe optique).

2 Réglage du Michelson

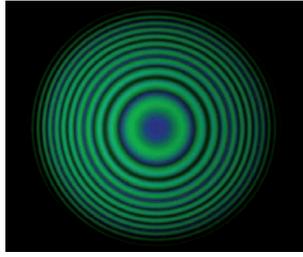
- Placer les vis de réglages fins V_1 et V_2 à mi-course afin de ne pas risquer d'arriver en butée lors des réglages ultérieurs.
- Régler la vis V_5 de telle sorte que les deux bras de l'interféromètre soient approximativement égaux.
- Suivre le protocole de réglage en annexe afin de régler l'interféromètre de Michelson en lame d'air à l'aide d'un laser.
- Une fois les anneaux observés avec le laser, se ramener à seulement 4 ou 5 anneaux et passer à la lampe au mercure selon le montage suivant :



S est la lampe au mercure et C un condenseur pour focaliser les rayons (maximum d'angles i incidents possible). La lentille L_2 est parfois accessoire.

- Optimiser éventuellement le contraste de la figure d'interférences sur l'écran en jouant *doucement* sur les vis de réglage fin V_1 et V_2 .

L'interféromètre de Michelson est maintenant réglé en "lame d'air" : on observe les "anneaux d'égale inclinaison localisés à l'infini".



☞ Afin de se familiariser avec les différentes configurations de l'interféromètre de Michelson, on cherchera le "contact optique" en faisant rentrer ? sortir ? les anneaux à l'aide de la vis V_5 . Passer ensuite en configuration "coin d'air" en pivotant le miroir M_1 autour de son axe vertical avec la vis V_4 . Revenir ensuite à la configuration précédente.

3 Mesures interférométriques en configuration "lame d'air"

Toujours dans la même configuration, remplacer la lampe à vapeur de mercure par la lampe à vapeur de sodium (Na). "Chariotter" si nécessaire avec la vis V_5 de façon à obtenir des anneaux bien contrastés, de manière à ne pas être proche d'une anti-coïncidence des systèmes d'anneaux produits par le sodium.

3.1 Rayon des anneaux

Régler la vis V_5 afin que le centre de la figure d'interférence soit brillant. Dans ce cas, on rappelle

l'expression du rayon r_k du k-ième anneau : $r_k \simeq \sqrt{k} f' \sqrt{\frac{\lambda}{e}}$.

☞ Mesure à la règle sur l'écran : $r_1 =$, et $r_2 =$, d'où $\frac{r_2}{r_1} =$

3.2 Mesure de longueur d'onde

On rappelle que faire sortir N anneaux en augmentant e d'une épaisseur Δe , permet d'obtenir : $\lambda = \frac{2\Delta e}{N}$,

avec une incertitude principalement sur le nombre d'anneaux ΔN , d'où $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta N}{N}$.

☞ Mesures : $e_1 =$, $e_2 =$, d'où $\Delta e =$ et $N =$ \pm

d'où $\lambda =$ \pm

3.3 Mesure de l'écart $\Delta \lambda$ du doublet du sodium

On rappelle que la variation Δe d'épaisseur de la lame d'air entre deux brouillages successifs des anneaux

permet de retrouver l'écart $\Delta \lambda$ entre les deux longueurs d'onde du doublet jaune du sodium : $\Delta \lambda = \frac{\lambda_m^2}{2\Delta e}$

où λ_m est la longueur d'onde moyenne du doublet. On prendra $\lambda_m = 589 \text{ nm}$. L'incertitude associée est donnée par : $\frac{\Delta(\Delta \lambda)}{\Delta \lambda} = \frac{\Delta(\Delta e)}{\Delta e}$.

☞ Mesures : $e_{\text{brouillage1}} =$, $e_{\text{brouillage2}} =$, d'où $\Delta e =$ \pm

d'où $\Delta \lambda =$ \pm

4 Configuration au "contact optique"

Toujours avec la lampe à vapeur de sodium, modifier V_5 de façon à se placer le plus près possible du contact optique. On observe alors une "teinte plate" sur l'écran (éclairage uniforme). **Noter la position de V_5 sur le vernier pour pouvoir y revenir éventuellement ensuite.**

L'interféromètre de Michelson est maintenant réglé au "contact optique" : on observe la "teinte plate".

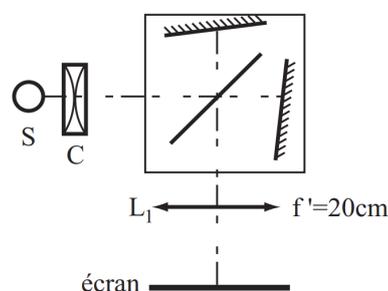


5 Configuration en "coin d'air"

Réglage du coin d'air

A partir de la configuration précédente, passer ensuite en configuration "coin d'air" en pivotant le miroir M_1 autour de son axe vertical avec la vis V_4 . La source étant étendue, les franges sont localisées au voisinage des miroirs, et les franges ne sont pas visibles sur l'écran.

Pour faire la projection, remplacer la lentille de grande focale par une lentille de focale $f' = 20 \text{ cm}$ et conjuguer les miroirs avec le plan de l'écran pour obtenir des franges nettes.



L'interféromètre de Michelson est maintenant réglé en "coin d'air" : on observe les "franges d'égal épaisseur" localisées sur les miroirs.



⚡ On rappelle que l'interfrange en coin d'air est donné par $i = \frac{\lambda_0}{2\alpha}$. Déterminer l'angle entre les miroirs avec son incertitude.

6 Franges du coin d'air en lumière blanche

⚡ **Irisations** : remplacer la lampe à vapeur de sodium par une lampe de lumière blanche. Si on est resté très près de la différence de marche nulle, on obtient des franges rectilignes irisées. Si ce n'est pas le cas, modifier *très très doucement* la différence de marche avec la vis V_5 autour de la valeur notée précédemment.

⚡ **Mesure de l'épaisseur d'une lame de mica** : intercaler une lame de mica dans l'un des bras de l'interféromètre. Que constate-t-on ? Peut-on en déduire la valeur de l'épaisseur de la lame sachant que l'indice du mica vaut $n_{mica} \simeq 1.6$?