

TP 12

Réglage du Michelson

1 Avertissement

Les miroirs des interféromètres de Michelson sont très fragiles (et extrêmement chers). La manipulation de l'interféromètre doit par conséquent se faire avec une infinie précaution. Retenez ces quelques avertissements généraux sur les TP d'optique :

- **ne touchez jamais les miroirs du michelson.** Ce ne sont pas des miroirs de salle de bain.
- manipulez le palmer et les vis du michelson délicatement.
- ne rallumez pas une lampe spectrale qui vient d'être éteinte. Il faut lui laisser le temps de refroidir avant. Le mieux est de la laisser allumée en permanence.
- ne regardez jamais un laser directement. Le faisceau laser étant invisible, soyez vigilants pour vous mais aussi pour vos camarades.

Avant de lire la suite, allumez la lampe au sodium pour lui laisser le temps de chauffer.

2 Apprendre à régler un michelson

Objectif du TP : vous devez savoir régler un michelson pour les concours, individuellement et en autonomie.

Plusieurs séances par groupes vous seront proposées pour acquérir cette autonomie. L'idée d'un réglage en groupe est :

Une personne règle, les autres observent.

À la fin du réglage, ceux qui observaient sont invités à poser des questions à celui qui a mené le réglage (« pourquoi tu as touché telle vis à tel moment ? » par exemple) ; ou simplement à commenter ce qu'ils ont vu (« tu as fait ça alors que j'aurais plutôt fait comme ça », etc.). Ensuite, on défait tout et une nouvelle personne prend la responsabilité du réglage.

2.1 Le plan général

Il y a plusieurs façon de régler le michelson. La procédure ci-dessous n'est qu'une recette parmi d'autres.

Déf : « Régler un michelson ». Cela signifie le régler au contact optique (miroir ($M1'$) et ($M2$) confondus). En pratique, il faut pour cela régler le michelson en lui-même, mais aussi régler l'éclairage (la source) et l'observation (l'écran). La preuve d'un bon réglage est l'obtention d'interférences en lumière blanche (puisque c'est la lumière ayant la longueur de cohérence temporelle la plus petite, environ $1\ \mu\text{m}$, donc nécessitant le réglage le plus précis).

Ce réglage se fait académiquement en trois étapes successives :

1. régler le michelson en lame d'air avec une lampe à vapeur de sodium ;
2. passer en coin d'air, toujours avec la lampe à vapeur de sodium ;
3. rester en coin d'air mais en passant à une lumière blanche (lampe quartz-iode).

Lorsque vous serez familiers avec le michelson, son réglage vous prendra typiquement une dizaine de minutes.

2.2 On touche avec les yeux

Commencez par observer le michelson. Repérez le miroir ($M1$) avec ses vis de réglage grossier et son palmer de chariotage, ainsi que ($M2$) et ses vis de réglage fin. Repérez aussi la séparatrice, la compensatrice et le filtre anti-calorique.

Préréglage : vérifiez que toutes les vis de réglage sont à peu près à mi-course, et que la distance entre ($M1$) et la séparatrice est à peu près identique à celle entre ($M2$) et la séparatrice. Si ce n'est pas le cas, chariotiez ($M1$).

Précision du palmer : observez les graduations du palmer et concluez sur sa précision (c'est-à-dire l'écart représenté par deux graduations successives). La précision du palmer est

$$p = \quad \mu\text{m}$$

Pour information, l'observation d'interférence en lumière blanche nécessite un réglage à environ $10\ \mu\text{m}$ près : il faut donc toujours charioter très doucement, sous peine de rater le contact optique. Évidemment, les vis de réglage se manipulent tout aussi délicatement.

3 Réglage en lame d'air

Conditions d'observation : Lumière condensée sur les miroirs pour avoir de la lumière sur plein d'inclinaisons différentes ; et écran dans le plan focal d'une lentille convergente.

Idée : trouver les anneaux, les projeter puis améliorer leur contraste, dans cet ordre.

Réglage :

- condensez la lumière de la lampe sur ($M1$) (et donc ($M2$) aussi) par un condenseur. Un condenseur est une lentille très convergente (donc de petite distance focale).
- regardez directement dans le michelson (depuis le côté « écran »), en prenant soin d'interposer une feuille blanche quelconque derrière le filtre anti-calorique pour diminuer la luminosité et ménager vos yeux.
- ■ Si vous voyez des anneaux (ou des bouts d'anneaux), le but est de mettre leurs centres au centre du miroir : jouez pour cela sur les vis de réglage grossier de ($M1$). Observez ensuite que le chariotage fait grossir ou rétrécir les anneaux. ■ Si vous ne voyez rien, jouez avec les vis de réglage grossier pour faire apparaître les anneaux. ■ Si vous ne voyez toujours rien, chariotez un peu (quelques tours de palmer) puis revenir au carré précédent.
- Une fois que le centre des anneaux est au centre des miroirs, vous pouvez projeter : utilisez une lentille de focale 1 m et de grand diamètre pour avoir l'image la plus grande possible. Les interférences sont dans le plan focal de la lentille.
- Lorsque vous avez les anneaux à l'écran, jouez avec les vis de réglage fin de ($M2$) pour améliorer leur contraste. Il peut être aussi nécessaire de charioter un peu (si vous êtes sur une antioïncidence du doublet du sodium).
- Retouchez aussi à la disposition de la lampe et du condenseur pour améliorer l'image à l'écran. Vous avez maintenant de beaux anneaux bien contrastés : on parle de franges d'égales inclinaisons. Le michelson est réglé en lame d'air.

4 Réglage en coin d'air

Conditions d'observation : Lumière parallèle et écran conjugué aux miroirs par une lentille convergente.

Réglage :

- Vous avez de beaux anneaux bien contrastés ? Alors chariotez délicatement de telle sorte à diminuer le nombre d'anneaux à l'écran, jusqu'à n'avoir plus qu'un écran uniforme (c'est la teinte plate du contact optique, obtenue ici de manière peu précise).
- Une fois à la teinte plate, tournez d'un dixième de tour une vis de réglage fin afin de créer un petit angle entre ($M2$) et ($M1'$). À partir de maintenant on passe à une disposition de coin d'air.
- Côté lampe : retirez le condenseur et éloignez la source du michelson, de telle sorte qu'elle soit « à l'infini » : une quarantaine de centimètres suffisent en pratique.
- Côté écran : utilisez une lentille de grand diamètre et de focale 200 mm pour faire l'image à l'écran d'un miroir. Pour cela, on pourra prendre un coin de papier qu'on ira placer délicatement sur le bord de ($M2$), et on placera alors la lentille de telle sorte à faire l'image du coin de papier à l'écran.
- Côté michelson : vous voyez normalement les franges rectilignes caractéristiques du coin d'air, appelées franges d'égales épaisseur (car l'interfrange est constant). Jouez avec les vis de réglage fin pour placer les franges dans le sens que vous préférez. Le michelson est réglé en coin d'air.

5 Réglage en lumière blanche

Conditions d'observation : On reste en coin d'air donc on conserve une lumière parallèle et un écran conjugué aux miroirs par une lentille convergente.

Réglage :

- À partir du réglage en coin d'air, touchez les vis de réglage fin pour augmenter l'interfrange jusqu'à ne plus avoir qu'un écran uniforme (teinte plate, obtenue ici de manière peu précise).
- Retirez la lampe à vapeur de sodium (sans l'éteindre, laissez là simplement dans un endroit qui ne vous gêne pas), et remplacez-la par une lampe quartz-iode.
- Il est alors plus que probable que vous ne voyiez pas d'interférence à l'écran. Tournez **TRÈS LENTEMENT** le palmer jusqu'à voir des couleurs.
- Une fois que vous avez trouvé les couleurs, touchez les vis de réglage fin pour obtenir les franges dans le sens que vous préférez. Vous avez réglé le michelson en lumière blanche, félicitations. Cela signifie que vous êtes au contact optique à quelques μm près seulement. Relevez la valeur sur le palmer, pour retrouver facilement le contact optique plus tard dans le TP.
- Tapez du pied sur le sol pour vous rendre compte de l'extrême sensibilité du réglage : un michelson ne se règle jamais une fois pour toutes, la moindre perturbation fait perdre le contact optique.