L'interféromètre de Michelson. Réglage et premières observations

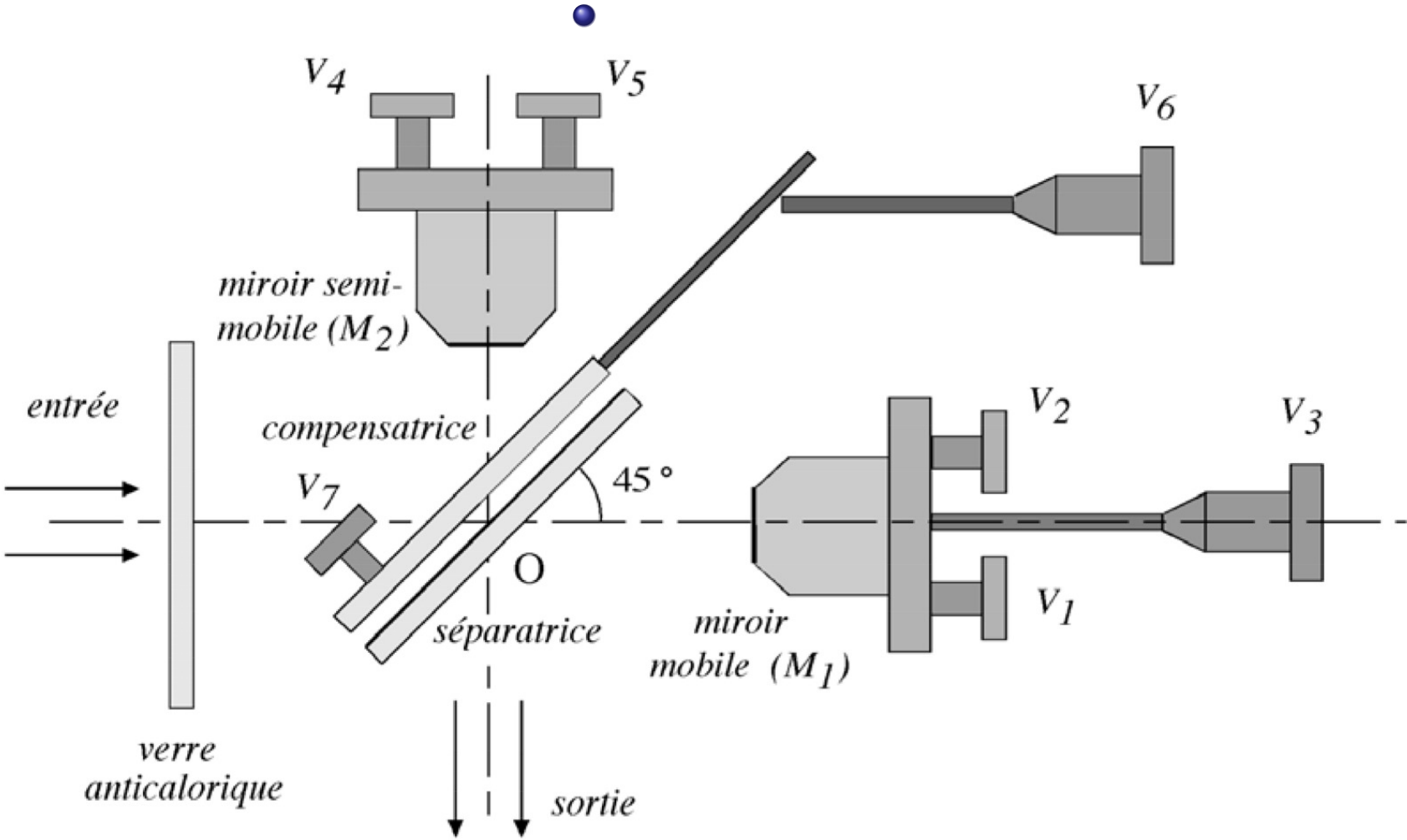
MP*/MPI* 2024-2025 LVH

But de la séance

- Apprendre un protocole de réglage de l'interféromètre de Michelson
- Le mettre en oeuvre
- Observer des interférences dans la configuration lame d'air, en lumière monochromatique
- Observer des interférences dans la configuration coin d'air, en lumière monochromatique
- Observer des interférences en lumière blanche (repérer le contact optique)

Les divers éléments

Les divers éléments



Les divers éléments

On distingue :

- le miroir (M_1) mobile ;
- les vis V_1 et V_2 (vis de réglage grossier) pour orienter (M_1) ;
- la vis V_3 permet de translater le miroir (M_1) sur une distance de plusieurs centimètres ; une graduation (vernier au $1/100^e$ de mm) permet de repérer la position du miroir (M_1) ;
- le miroir (M_2) semi-mobile ;
- les vis V_4 et V_5 (vis de réglage fin) pour orienter (M_2) ;
- 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 V_6 et V_7 permettent d'orienter la compensatrice ;
- un verre anticalorique (qui absorbe les rayons infrarouges, pour ne pas endommager les miroirs).

Quelques consignes

- **APPAREIL TRÈS FRAGILE ET CHER !**
  - Prix d'un miroir : environ 2 000 €.
  - Prix d'une séparatrice : environ 2 000 €. Manipuler avec beaucoup de soins et de douceur !
  - Ne jamais toucher les miroirs et la séparatrice avec les doigts, ne jamais les essuyer avec quoi que ce soit, même s'il y a de la poussière dessus !
- Bref de manière générale, ne jamais toucher les éléments optiques (mirois, séparatrice, compensatrice, verre anti-calorique) avec les doigts !
- **LASER ET LAMPE À MERCURE : DANGER !**
  - Ne jamais regarder directement le faisceau Laser, sous peine de brûlures irréversibles de la rétine.
  - Ne jamais regarder directement la lumière émise par la lampe à mercure, en raison des rayons ultraviolets émis par cette lampe.

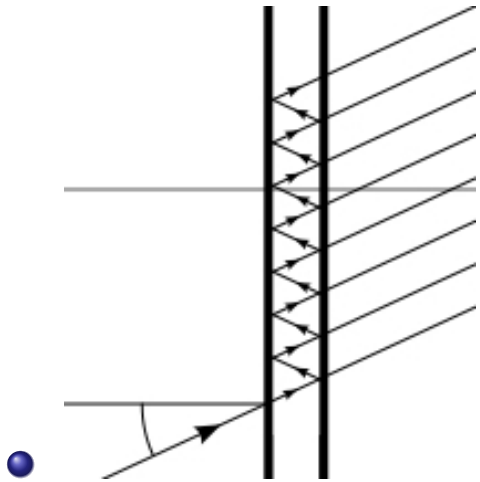
Présentation globale du protocole

En trois étapes :

- Réglage du parallélisme de la séparatrice et de la compensatrice
- Réglage grossier du parallélisme des deux miroirs
- Réglage fin du parallélisme des deux miroirs

Parallélisme séparatrice/compensatrice

- Principe : source ponctuelle à l'infini.
- Réflexions multiples dans une lame à faces parallèles engendrent des rayons parallèles entre eux, qui convergent vers un seul et même point à l'infini ;



- alors que les réflexions multiples dans une lame à faces non parallèles engendrent des rayons non parallèles entre eux et donc une multitude d'images à l'infini.

Parallélisme séparatrice/compensatrice : manipulation

- Éclairer avec un faisceau laser la compensatrice et la séparatrice sous incidence normale (se servir du rayon réfléchi pour bien être à l'incidence normale)
- Observer les taches sur un écran ou sur le mur éloigné ou mieux dans le plan focal de la lentille de focale 1,00 m ; on observe plusieurs taches dues aux réflexions multiples sur la compensatrice et la séparatrice.
- Jouer sur les vis V_6 et V_7 pour superposer le plus possible les différentes taches.
- Les deux lames sont alors parallèles.
- **PRÉLIMINAIRE AVANT DE COMMENCER LES RÉGLAGES** :
  S'assurer que toutes les vis (à l'exception de V_3) sont toutes environ à mi-course
- Effectuer alors le réglage du parallèlisme entre séparatrice et

Parallélisme approché des miroirs M_1 et M_2.

- C'est par abus de langage qu'on parle de parallélisme puisqu'en fait les deux miroirs sont orthogonaux !
- Le principe de ce réglage est le même que le précédent, mais on utilise ici les réflexions multiples sur les deux miroirs.

Parallélisme approché des miroirs M_1 et M_2.

- Placer la lentille de distance focale 1 m à la sortie de l'interféromètre et placer l'écran dans son plan focal image.
- Éclairer avec un faisceau laser le miroir (M_1) sous incidence normale et observer les taches sur l'écran ; on observe plusieurs taches dues aux réflexions multiples sur les miroirs (M_1) et (M_2).
- Jouer sur les vis V_1 et V_2 pour superposer les différentes taches.
- Les deux miroirs sont alors approximativement parallèles.

Parallélisme fin des miroirs M_1 et M_2.

Première étape :

- Retirer le laser et éclairer l'interféromètre par une lampe à vapeur de sodium placée derrière une plaque dépolie. En observation directe à l'œil nu, on doit observer des franges d'interférences.
- Si ce n'est pas le cas, translater le miroir M_1 grâce à la vis V_3 afin de faire décroître la différence de marche : cela permet de satisfaire la condition de cohérence temporelle de la source et d'améliorer le contraste des franges d'interférences.
- Les interférences observées n'ont généralement pas la forme d'anneaux. Retoucher **légèrement** les vis V_1 et V_2 pour transformer les franges d'interférences en **anneaux circulaires** et **centrés** au centre du champ d'interférence

Parallélisme fin des miroirs M_1 et M_2.

Seconde étape **LA PLUS IMPORTANTE !** :

- Observer les anneaux en déplaçant l'oeil horizontalement ou verticalement.
- Les anneaux en général se déforment au centre (des anneaux semblent rentrer ou sortir) : on dit que les anneaux respirent...
- Le parallélisme des miroirs M_1 et M_2 n'est pas encore parfait.
- Agir sur la vis de réglage fin V_4 (ou V_5) pour que les anneaux soient stables lors du déplacement horizontal ou vertical de l'oeil.
- IL FAUT SOIGNER CE RÉGLAGE DONT LA QUALITÉ DU RESTE DES OBSERVATIONS DÉPEND TRES FORTEMENT.

Vérification : observations des anneaux avec source étendue

- Éclairer l'interféromètre avec la lampe au sodium (source étendue).
- Fait converger la lumière sur le miroir M_1 grâce à la lentille de 10 cm de focale qui joue le rôle de condenseur.
- La lame d'air est alors éclairée par des rayons d'inclinaison i variable.
- Observer les franges d'égale inclinaison localisées à l'infini dans le plan focal image de la lentille convergente de $1,00$ m de focale.
- Si tout a été bien fait dans les règles on obtient effectivement la figure attendue.
- Ajuster les positions de la source et du condenseur pour obtenir la plus grande figure d'interférence possible.

À vous de faire seul le réglage

- Dérègler gentiment le Michelson en tournant les vis V_1 à V_7.
- Dans chaque groupe chacun refait intégralement le réglage
- En utilisant ses notes
- Sous le regard critique du reste du groupe...

Recherche du contact optique pour passer au coin d'air

- On part d'un réglage correct en lame d'air.
- Charioter pour diminuer la différence de marche : les anneaux doivent rentrer au centre et être de plus en plus grands.
- Jusqu'à la teinte plate (contact optique)
- Quasiment impossible en lumière monochromatique...
- On s'arrête quand on n'est plus sûr que les anneaux rentrent (on ne doit pas être très loin)
- Incliner alors le miroir M_2 à l'aide de V_4 ou V_5 : on voit des franges rectilignes mais floues...
- Car les interférences sont localisées sur les miroirs !
- Placer la source dans le plan focal objet du condenseur
- Conjuguer alors les miroirs et l'écran à l'aide d'une lentille de focale 25 cm pour avoir une belle figure
- Charioter pour faire défiler des franges

Retour à la lame d'air

- Échanger la lentille de focale 25 cm pour celle de 1 m, et placer l'écran dans son plan focal
- Replacer la source de manière à concentrer la lumière sur le miroir M_1
- Jouer sur les vis V_4 et V_5 pour faire apparaître des anneaux centrés
- On est repassé en lame d'air
- Chaque membre du groupe fait fait alors seul les deux passages lame d'air $\rightarrow$ coin d'air, puis coin d'air $\rightarrow$ lame d'air.

Observation en lumière blanche

- Partir d'une configuration lame d'air avec la lampe au sodium et chercher le contact optique comme précédemment
- Quand vous pensez y être, remplacez la lampe au sodium par une source blanche
- Si vous êtes très proche du contact optique, vous obtenez alors des teintes de Newton
- il vous reste à trouver la frange centrale blanche au milieu de ces teintes colorées en chariotant avec précaution !
- Si vous êtes trop loin, vous êtes dans un blanc d'ordre supérieur. Il faut alors charioter avec une extrême précaution pour faire apparaître les teintes de Newton
- Astuce : notez la position du vernier et le sens de chariotage pour pouvoir revenir à la situation initiale si vous partez du mauvais côté..
- Une fois que le contact optique est atteint, repasser en coin