

## TP révisions D – Interféromètre de Michelson

### Objectif :

Observer les interférences en lame d'air avec une source LASER et en coin d'air avec une source de lumière blanche.

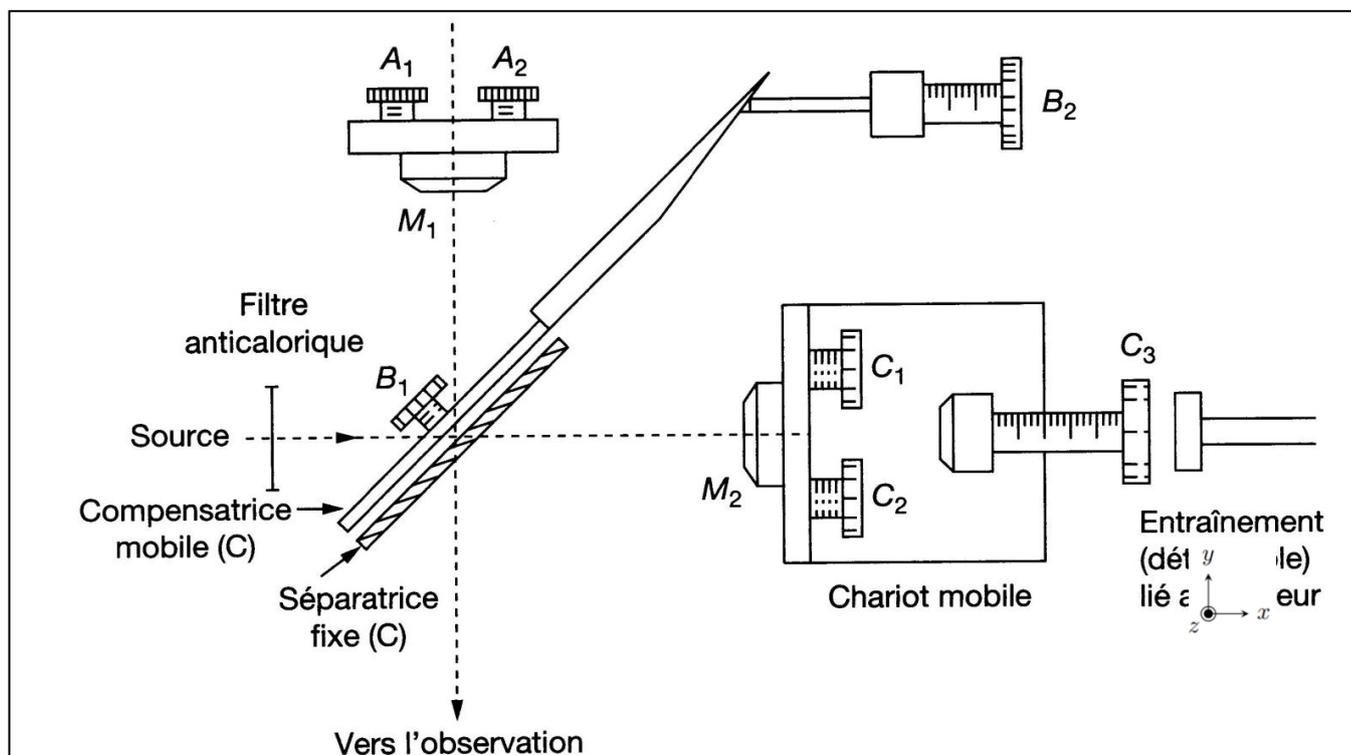
### ⚠ CONSIGNES

- on manipulera les vis de réglage avec soin
- on ne touchera les surfaces optiques sous aucun prétexte !
- ◆ Attention au trajet direct et aux réflexions du faisceau LASER !

### A) Constitution

L'interféromètre de Michelson est constitué d'éléments de haute qualité. Différentes vis de réglages permettent de modifier l'état de l'interféromètre.

- **miroir** ( $M_2$ ) mobile en translation (vis  $C_3$ ) et en inclinaison (vis  $C_1$  et  $C_2$ ) ;
- **miroir** ( $M_1$ ) fixe en translation et mobile en inclinaison (vis  $A_1$  et  $A_2$ ) ;
- **lame séparatrice** dont la face d'entrée est semi-réfléchissante, inclinée de  $45^\circ$  par rapport aux axes des miroirs ;
- **lame compensatrice**, de même épaisseur et de même indice que la précédente mais non traitée, mobile en inclinaison (vis  $B_1$  et  $B_2$ ) ;
- **verre anti-calorique** placé à l'entrée de l'interféromètre ; il a pour rôle d'absorber le rayonnement infra-rouge qui pourrait chauffer et endommager les éléments décrits ci-dessus.



Observer l'appareil, identifier ses différents éléments et les différentes vis. Tourner les vis  $A_{1/2}$  et  $C_{1/2}$  de réglage de l'inclinaison des miroirs pour qu'elles soient à peu près à mi-course. Vérifier que les 2 bras ont approximativement la même longueur. Avant tout réglage, s'assurer que les vis de réglage d'inclinaison des miroirs sont bien en appui sur les lames.

## B) Réglages pour atteindre le contact optique

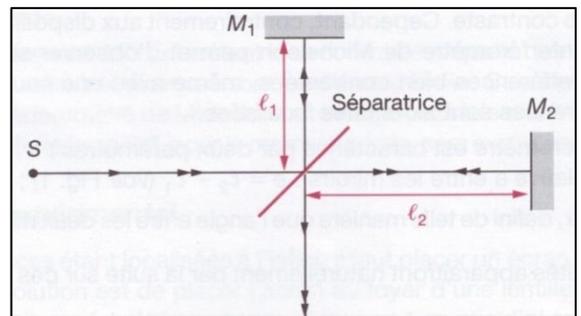
Avant de faire des mesures avec le Michelson, on doit obtenir le **contact optique**.

C'est le cas lorsque les miroirs  $M_1$  et  $M_2$  sont :

- perpendiculaires entre eux ;
- et situés à égale distance de la séparatrice :  $\ell_1 = \ell_2$ .

Alors, en tout point  $M$ ,  $\delta(M) = 0$  : on observe alors la **teinte plate**.

On notera ( $M_2^*$ ) image de ( $M_2$ ) par la séparatrice. Au contact optique, le **miroir fictif ( $M_2^*$ ) et le miroir ( $M_1$ ) sont confondus**.



On supposera que le réglage du parallélisme des lames compensatrice et séparatrice est déjà réalisé.

### 1) Etape ①: Réglage géométrique du parallélisme des miroirs ( $M_1$ ) et ( $M_2^*$ ) → vis C1 et C2

#### a) Réglage au LASER avec faisceau de rayons parallèles

- ✎ Placer le **LASER** en incidence normale sur le verre anti-calorique.
- ✎ Observer les différentes taches lumineuses sur un écran **placé loin des miroirs**. Ajuster C1 et C2 de manière à minimiser le nombre de taches.

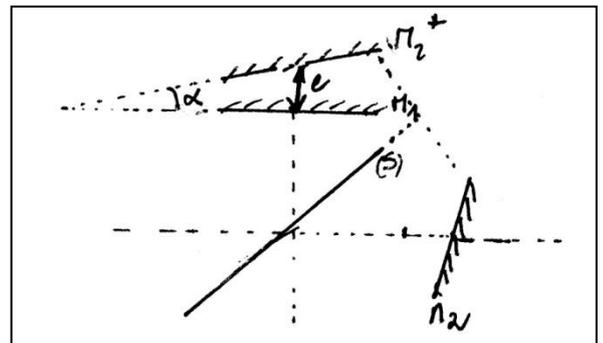
#### b) Réglage au LASER avec faisceau élargi

- ✎ Après l'avoir éteint, **fixer sur le LASER un objectif de microscope** (on obtient ainsi différents angles d'incidence). Eclairer à nouveau l'interféromètre avec le LASER. Vous devez observer des anneaux verts sur l'écran.
- ✎ A nouveau, ajuster doucement C1 et C2 pour que le centre de la figure corresponde au centre des anneaux.

L'état du Michelson est caractérisé par 2 paramètres :

- la distance  $e$  entre le miroir fictif ( $M_2^*$ ) et le miroir ( $M_1$ ) ;
- l'angle  $\alpha$  entre ces deux miroirs.

La figure ci-contre représente les miroirs ( $M_1$ ) et ( $M_2^*$ ) à l'issue de ces étapes : le Michelson n'est ni vraiment en lame d'air, ni vraiment en coin d'air.



## 2) Etape ②: Réglage interférométrique du parallélisme de ( $M_1$ ) et ( $M_2$ \*)

Afin de se rapprocher du contact optique, on cherche donc à :

- diminuer  $e$  donc un anneau d'ordre  $p$  doit voir son rayon diminuer : les anneaux rentrent\* . On veut ramener l'anneau d'ordre 0 au centre.
- diminuer  $\alpha$  donc augmenter l'interfrange : les franges s'éloignent les unes des autres.

Plus le réglage devient précis, plus on utilise une source de faible cohérence temporelle : on va donc commencer avec le LASER et on affinera les réglages avec une source blanche, de très faible longueur de cohérence temporelle. Si des interférences sont visibles avec cette source, alors on sait que la différence de marche est très faible ; on repère ainsi aisément le contact optique.

### a) Diminution de $e$ : observation des anneaux d'égalé inclinaison → vis C3 (et C1 – C2)

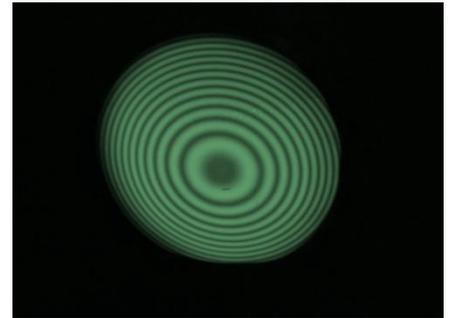
✎ Eclairer l'interféromètre avec le LASER muni de l'objectif de microscope.

✎ Charioter (avec la vis C3) le miroir M2 de façon à faire « rentrer » les anneaux\* et à diminuer le nombre d'anneaux visibles : on se rapproche ainsi du contact optique.

✎ Eventuellement, ajuster avec la plus grande précaution C1 et C2 pour augmenter le contraste des anneaux ou pour les recentrer.

Pour améliorer le contraste, on pourra également projeter la figure d'interférences dans le plan focal image d'une lentille (cf ci-dessous « condition d'observation »).

✎ Continuer à faire rentrer les anneaux jusqu'à leur disparition (quasi teinte plate). En continuant à charioter dans le même sens, les anneaux réapparaissent et défilent vers l'extérieur (on a dépassé le contact optique et on s'en éloigne). Revenir au quasi contact optique ( $e \approx 0$ ).

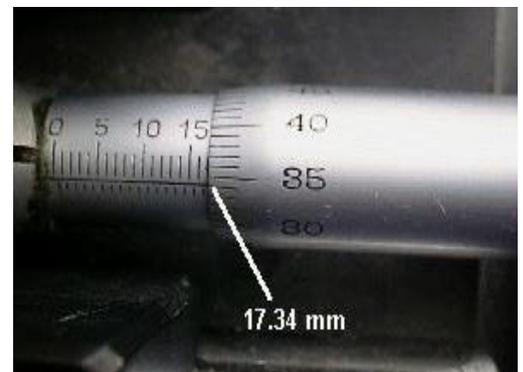


➡ 1. Noter la position  $x_0$  du miroir M2 à l'aide du vernier (cf ci-dessous).

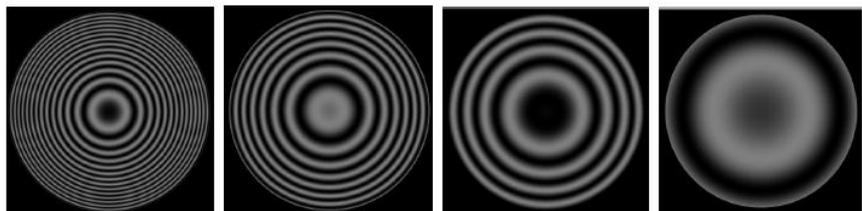
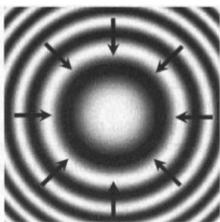
#### Rappel : Lecture du vernier

Un tour de la molette correspond à 0,5 mm.

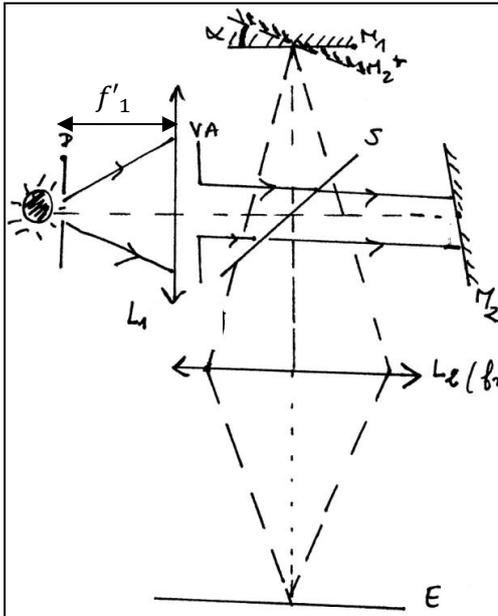
Il faut donc lire en 1<sup>er</sup> la valeur inscrite sur la partie fixe (graduations verticales) en tenant compte des demi-graduations (marques inférieures). On ajoute ensuite la valeur lue sur la partie mobile (graduations verticales).



\* Evolution de la figure en diminuant l'épaisseur de la lame d'air :



**b) Diminution de  $\alpha$  : observation des franges rectilignes d'épaisseur égale** → vis C3 et A1, A2



- ♦ Condition d'éclairage : Eclairer l'interféromètre avec la lampe blanche munie de son condenseur → éclairage des miroirs avec un faisceau de rayons parallèles en incidence quasi normale.
- ♦ Condition d'observation : On fait l'image du miroir ( $M_1$ ) par une lentille convergente ( $L_2$ ) → observation des franges localisées près de ( $M_1$ ).

$L_2 (f_2 = 20 \text{ cm})$  : La distance Miroir ( $M_1$ ) - E doit être supérieure à  $(L_2 f_2)$  !

En pratique, on se placera dans une configuration proche de celle de Silbermann.

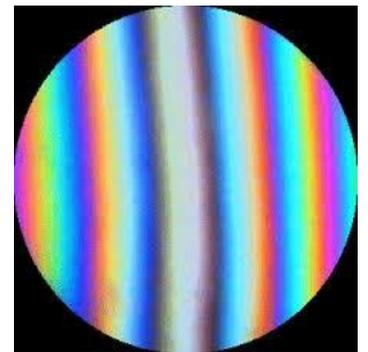
SCHEMA du MONTAGE pour observer les **FRANGES rectilignes** d'épaisseur égale : configuration coin d'air

On éclaire avec la **source de lumière blanche**. Réaliser le montage ci-dessus, en prenant soin de bien positionner les lentilles, la lentille ( $L_1$ ) correspond au condenseur de la lampe : *jouer sur le tirage du condenseur pour respecter les conditions d'éclairage*.

Charioter (avec la vis C3) **très lentement** le miroir M2 (on conservera les doigts sur la vis C3 et on chariotera au maximum sur 1 mm autour de la position  $x_0$ ) jusqu'à faire apparaître des franges irisées dans la zone éclairée en lumière blanche (cf figure ci-contre) : il s'agit des teintes de Newton.

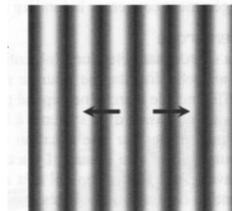
Eventuellement, agir sur A1 et A2 pour modifier l'allure et le nombre de franges.

Pour obtenir le contact optique ( $e \approx 0$  et  $\alpha \approx 0$ ) : centrer la frange blanche sur l'écran en chariotant M2 et agir sur les vis A1 et A2 afin d'augmenter l'interfrange jusqu'à obtenir la **teinte plate**.



2. Noter la position  $x_0$  du miroir M2 correspondant véritablement au contact optique.

\* Evolution de la figure en diminuant l'angle du coin d'air :



**A partir du contact optique** on peut se placer en configuration :

- **Coin d'air** en modifiant l'inclinaison de M1 avec les vis A1 et A2 :  $e \approx 0$  et  $\alpha \neq 0$   
→ observation des **franges rectilignes** en respectant les conditions d'éclairage et d'observation.
- **Lame d'air** en chariotant M2 avec la vis C3 :  $e \neq 0$  et  $\alpha \approx 0$   
→ observation des **anneaux** en respectant les conditions d'éclairage et d'observation.

**TOUJOURS REVENIR AU CONTACT OPTIQUE** pour passer d'une configuration à l'autre.