mp1 TP : L’interféromètre de Michelson  06 Mars 13

**But du TP :** Réglage d’un interféromètre de Michelson pour l'observation des franges d'égale inclinaison ou des franges d'égale épaisseur avec différentes sources.

# I : Description de l'appareil



**Identification des éléments :**

**Sp** : lame **séparatrice : le seul élément fixe (s’il existe) de l’interféromètre** ;

**C** : lame **compensatrice : V1** : réglage vertical de la compensatrice,

**V2**: réglage fin horizontal de la compensatrice,

**M1** : miroir "**fixe**"; **V6 et V7** : réglages fins du miroir fixe.

**M2**: miroir "**mobile**" ou ***chariotable*** **V4** et **V5** : réglages grossiers du miroir chariotable.

**V3** : **chariotage** du miroir mobile M2 par butée micrométrique;

 Une division du vernier correspond à ***10 µm*** car 1 rotation de 1 tour du tambour (50 graduations) correspond à une translation de 0,5 mm.

**MS**: moteur synchrone (pour entraînement du miroir mobile par couplage à la vis V3).

# II : Réglage d’un Michelson au contact optique.

|  |
| --- |
| **1ère étape : réglages visuels.** |
| * Mettre les vis de réglage d’orientation des miroirs (V4, V5, V6 et V7) à ***mi-course***. * Ajuster à ***± 4 mm*** près au maximum avec la vis V3 ***l’égalité des bras*** du Michelson (distances comptées avec un réglet ***à partir de la face réfléchissante*** de la séparatrice). * Régler visuellement le parallélisme séparatrice – compensatrice. |

|  |  |
| --- | --- |
| **2ème étape : réglage géométrique.** | |
| **Source de lumière, éclairage, observation.** | **Actions et réglages.** |
| ***Lampe spectrale*** seule , non diaphragmée. Pas de lentille ni condenseur.  ***Observation à l’œil*** en sortie du Michelson  N’observez pas directement à l’œil la lumière de la source : la feuille de papier joue le rôle d’un dépoli. | 1. Placer à l’entrée une ***feuille de papier comportant une mire***, ou tous traits fins. 2. Observer directement à l’œil en sortie du Michelson et ***superposez au mieux les deux images*** obtenues en agissant sur les vis de réglage du miroir mobile (V4 et V5). 3. Ajuster les vis V4 et V5 ***pour observer des franges (quasi) rectilignes*** se superposant au document éclairé : ce sont les franges du « coin d’air » localisées au niveau des miroirs. |

***Variante : dans le cas où l’on dispose d’une source laser :***

 NE JAMAIS OBSERVER LE FAISCEAU LASER DIRECTEMENT à L’ŒIL !

|  |  |
| --- | --- |
| **Modèle de type SOPRA (nouveau ou ancien)** | |
|  | On observe 2 séries de taches, chacune donnée par un miroir provenant des réflexions multiples entre séparatrice et compensatrice (Voir Figure 3 page suivante).  Commencez par agir sur la compensatrice (vis V1 et V2) afin de regrouper au mieux les taches de chaque série.    Puis superposer ces 2 séries de taches en agissant sur le réglage du miroir M2 (vis V4 et V5). |

|  |  |
| --- | --- |
| **3ème étape : réglage en coin d’air de faible angle ( < 1 min d’arc).** | |
| **Source de lumière, éclairage, observation.** | **Actions et réglages.** |

|  |  |
| --- | --- |
| ***Lampe spectrale*** + ***condenseur***.    ***Éclairage quasi parallèle*** en plaçant la source dans le plan focal du condenseur.  Observation sur un écran du ***plan conjugué des miroirs*** | 1. Éclairez le Michelson en ***lumière quasi parallèle*** avec la source spectrale, en la rapprochant du condenseur. 2. ***Faire l’image des franges du coin d’air sur un écran*** à l’aide d’une lentille L2 de projection (typiquement prendre f’ ≈ 30 cm) : faire la mise au point sur l’écran en observant les bords extérieurs des miroirs. 3. ***Ajuster le contraste*** des franges en jouant sur la distance de la source au condenseur (pour obtenir un éclairage quasi parallèle). 4. ***Écarter les franges*** (agir doucement sur les vis de réglage rapide du miroir M2) jusqu’à obtenir sur l’écran un éclairement à peu près uniforme. |

|  |  |
| --- | --- |
| **4ème étape : réglage en lame d’air et recherche de la teinte plate.** | |
| **Source de lumière et éclairage.** | **Actions et réglages.** |

|  |  |
| --- | --- |
| ***Lampe spectrale*** + ***condenseur***.    Ce réglage est plus facile à réaliser avec une lampe à vapeur de mercure, qui présente une moins bonne cohérence temporelle qu’une lampe à vapeur de sodium.  ***Éclairage convergent sur les miroirs*** en éloignant la source du condenseur.  ***Observation à l’infini*** : sur un écran éloigné ou dans le plan focal d’une lentille convergente de grande focale (f ≈ 50 cm à 1 m). | 1. ***Ôter la lentille de projection et observer sur un écran éloigné*** (≈ à 1 mètre du Michelson) : on doit voir des anneaux, plus ou moins circulaires. Sinon, il suffit de charioter doucement le miroir M2, dans un sens ou l’autre jusqu’à voir apparaître les anneaux cherchés. Si les anneaux paraissent faiblement contrastés, éloigner la source du condenseur pour avoir un éclairage convergent sur les miroirs. 2. ***Charioter pour diminuer l’épaisseur de la lame d’air*** : pour cela, faire rentrer les anneaux au centre jusqu’à n’en voir que 3 ou 4 dans le champ d’interférences. 3. Si les anneaux paraissent ***elliptiques***, il s’agit d’un ***défaut de parallélisme*** entre la séparatrice et la compensatrice. Agir sur les vis de réglage d’orientation de la ***compensatrice*** pour rendre les anneaux circulaires. 4. ***Continuer de charioter jusqu’à obtenir la teinte plate*** (éclairage quasi uniforme à la couleur de la source) : le Michelson est réglé en lame d’air d’épaisseur très faible (inférieure à quelques *µm*). |

|  |  |
| --- | --- |
| **5ème étape : recherche précise du contact optique.** | |
| **Source de lumière et éclairage.** | **Actions et réglages.** |

|  |  |
| --- | --- |
| ***Lampe spectrale*** + ***condenseur***.  Ce réglage est plus facile à réaliser avec une lampe à vapeur de mercure.  ***Éclairage quasi parallèle sur les miroirs*** en rapprochant la source du condenseur.  ***Observation*** dans le ***plan conjugué des miroirs*** avec une lentille de projection.  ***Lampe spectrale*** ***+ lumière blanche***  (sans condenseur).    ***Les franges du coin d’air en lumière blanche ne sont observables qu’au voisinage immédiat de la différence de marche nulle*** (il faut * < qqs µm*). | 1. ***Repasser en franges du coin d’air*** en donnant un ***léger angle*** au miroir chariotable (agir doucement (***moins d’un 16ème de tour*** sur une des vis de réglage rapide de M2). 2. Faire l’image du plan des miroirs sur l’écran d ‘observation à l’aide d’une lentille de projection. Rapprocher la source du condenseur pour obtenir un éclairage quasi parallèle : on doit observer des franges rectilignes équidistantes, bien contrastées : il s’agit des franges du coin d’air observées au niveau de l’arête du coin, donc au voisinage de la différence de marche nulle. 3. ***Ôter le condenseur***, éclairer ***une moitié*** des miroirs ***avec la source spectrale*** et ***l’autre moitié avec une source de lumière blanche***, située un peu en retrait de la source spectrale pour pouvoir éclairer les deux miroirs : ***CHARIOTER TRÈS LENTEMENT*** (à cause de la persistance rétinienne de l’œil) dans un sens ou l’autre de façon à ce que ***les franges de la source spectrale aient le meilleur contraste possible et que leur irisation soit le plus symétrique possible*** :   *On voit alors apparaître les franges du coin d’air en lumière blanche dans l’autre moitié du champ éclairé, lumineuses et fortement irisées*: le Michelson est réglé au ***contact optique***. |

***Noter alors la position exacte*** de la vis micrométrique correspondant à ce ***contact optique*** (pour pouvoir y revenir rapidement en cas de fausse manœuvre ultérieure !).

X0 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# III : Interférences en lumière blanche.

## 1°) Mesure de l’épaisseur d’une lame transparente mince.

Partir des franges du coin d’air en lumière blanche et placer sur l’un des bras du Michelson une lame d’épaisseur eL et d’indice nL (prendre une lamelle de microscope en verre, nL ≈ 1,5, montée sur support).

MAIN07 De combien cette lame augmente-t-elle le chemin optique des rayons qui la traversent ?

Comment observer de nouveau les franges du coin d’air en lumière blanche en présence de la lame ?

 Déterminer un ordre de grandeur de l’épaisseur d’une lamelle de microscope.

**Remarque :**



On observe parfois sur le bord des lames des franges pour un déplacement moitié de celui attendu : cela correspond à des rayons inclinés de telle sorte que la lame n’est traversée qu’une seule fois.

***Autre illustration de la mise en évidence de faibles différences de marche :***

Se placer au voisinage de la frange centrale et diminuer l’angle du coin d’air jusqu’à obtenir une couleur à peu près uniforme sur toute la surface du miroir : on a pratiquement une lame d’air d’épaisseur nulle.

Modifier l’indice de l’air sur l’un des trajets, avec par exemple un jet de gaz issu d’un briquet (non allumé bien sûr !), ou une pointe rougie d’allumette. Le Michelson ainsi réglé permet de déceler une variation de chemin optique d’une dizaine de nanomètres seulement !

 Surtout, ne touchez pas la surface du miroir dans cette manipulation : celui qui tient l’objet ne regarde pas ce qui se passe sur l’écran !

## 2°) Blanc d’ordre supérieur : Spectre cannelé.

Visualisez les franges du coin d’air en lumière blanche et faire avec une lentille de projection une image des miroirs (et des franges localisées sur le coin d’air) peu agrandie : (par exemple f2 voisine de 125 mm ou 150 mm, distance miroirs - écran = 4f ≈ 50 cm, grandissement = -1).

Faire des **franges verticales** en jouant sur les vis de réglage rapides du miroir chariotable et placer une ***fente fine parallèle aux franges*** à la place de l’écran.

Faire l’image de la fente avec une lentille de projection et placer un prisme à vision directe (en abrégé PVD) derrière cette lentille.



Faire varier légèrement l’épaisseur du coin d’air en chariotant le miroir mobile : observer sur l’écran ***un spectre cannelé*** qui rend compte de la composition spectrale de la lumière qui tombe sur la fente : on parle ici de ***blanc d’ordre supérieur.***

Constater que le nombre de cannelures augmente avec l’épaisseur *e* du coin d’air.

Le blanc d’ordre supérieur est le spectre de la lumière blanche auquel il manque de nombreuses longueurs d’onde régulièrement réparties dans le spectre.

MAIN07 Donner en fonction de *e* les valeurs théoriques des radiations manquantes et justifier que ce nombre augmente si e ⭧.