

# Interféromètre de Michelson

Michelson description et fonctionnement

C : Compensatrice

V1 : Réglage horizontal de la compensatrice

V2 : Réglage vertical de la compensatrice

S : Séparatrice

M1 : Miroir mobile

V4 : Réglage vertical rapide

V5 : Réglage horizontal rapide

V3 : Translation micrométrique du miroir mobile

M2 : Miroir fixe

V6 : Réglage vertical fin

V7 : Réglage horizontal fin

F : Filtre anti-calorique

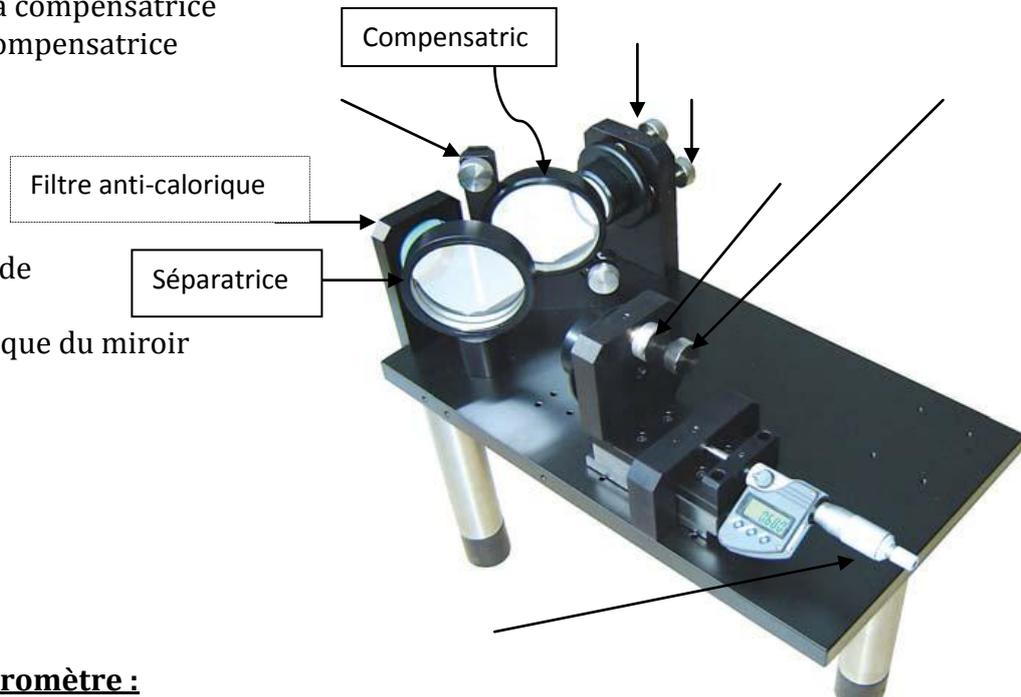


FIGURE -1

## A- Réglage de l'interféromètre :

### 1- Réglage, méthode au laser :

Règle de sécurité : l'observation directe est rigoureusement prohibée avec une source laser.

#### Principe :

Le réglage laser est la méthode la plus rapide pour régler l'interféromètre. Elle permet une approche séquentielle de chacun des composants.

#### Nomenclature :

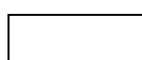
Laser He-Ne, écran blanc.

Lentille d'extension de faisceau.

Mise en place :

Utiliser la configuration ci-contre.

Laser HE-Ne



Ecran

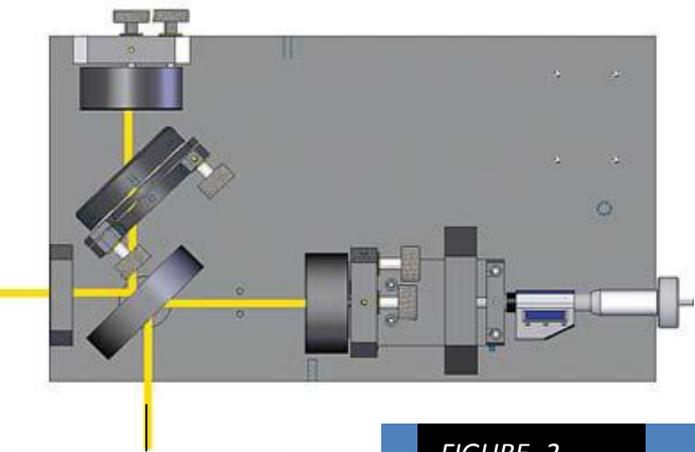
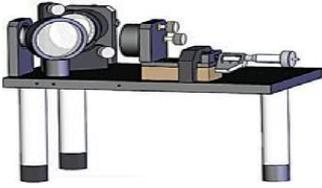


FIGURE -2

Le laser est positionné à la même hauteur que l'interféromètre, le faisceau passe par les miroirs en leur centre.

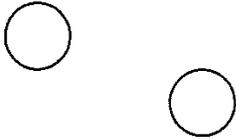
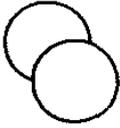
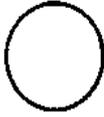
Sur l'écran apparaissent 2 points issus des réflexions sur chacun des deux miroirs.

Afin de s'assurer que la configuration de départ est bien quelconque, nous vous conseillons de dérégler volontairement les vis de la séparatrice et du miroir mobile.



# Interféromètre de Michelson

## Protocole de réglage : (Alignement des axes)

Etape 1		Agir sur le réglage rapide horizontal et vertical du miroir mobile pour superposer les 2 images.
Etape 2		Agir sur les réglages fins du miroir fixe afin de superposer aussi parfaitement que possible les deux tâches.
RESULTAT		Il faut maintenant placer la lentille d'extension de faisceau entre le laser et l'interféromètre.

### 2- Obtention de la teinte plate :

- Intercaler entre le laser et l'interféromètre un objectif de microscope 10x ou 20x.
- Ajuster la position de l'objectif afin que la tâche soit centrée sur les miroirs. Ce réglage est délicat. Dès la lentille centrée, la tâche sur l'écran doit être semblable à celle ci contre.
- Agir maintenant sur les réglages fins du miroir fixe pour ajuster le centrage des anneaux.
- Agir sur la mollette de déplacement manuel du miroir mobile, et constater l'effet.
- constater que le diamètre des anneaux tend à augmenter ou à diminuer lorsque vous translatez le chariot mobile de quelques tours de mollette.

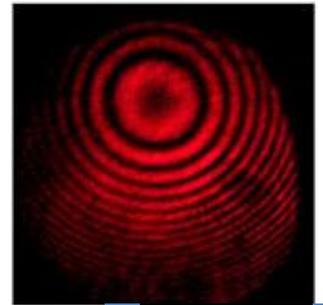


FIGURE -3

Pour atteindre la teinte plate, tournez la mollette dans le sens d'un allongement du diamètre. Vous obtenez à une position donnée un cercle unique au delà de laquelle les anneaux réapparaissent. C'est la teinte plate. Vous êtes au contact optique. Si le cercle lumineux présente une forme elliptique ou hyperbolique, ajuster les réglages de la compensatrice (vis V1 et V2).

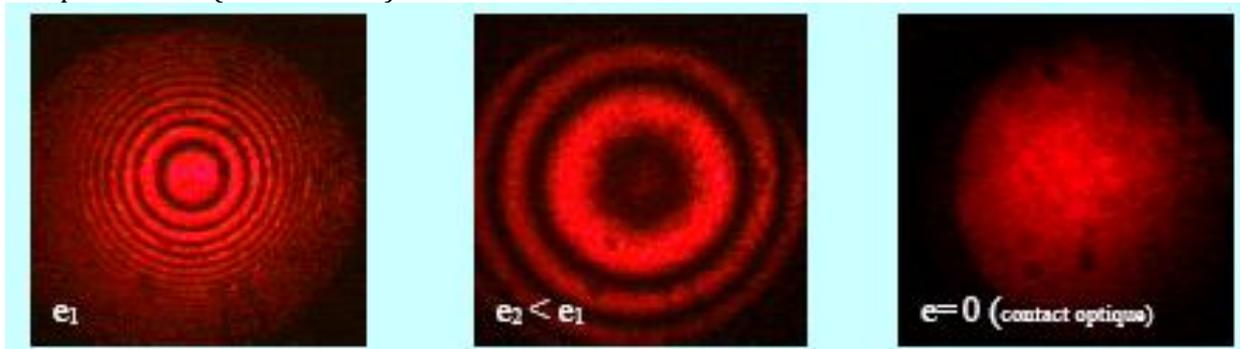
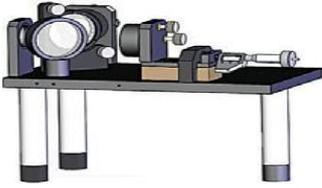


FIGURE -6



# Interféromètre de Michelson

Le réglage obtenu servira de base à la plupart des expériences ultérieures (le réglage de la vis micrométrique est sur 10mm)

## **3- Réglage avec une lampe spectrale :**

### **a- Parallélisme des lames séparatrice-compensatrice**

Un trou source d'ordre de 1 mm de diamètre est éclairé par une lampe à vapeur de mercure. Le faisceau lumineux est dirigé normalement au plan de la lame de la séparatrice. Regarder dans cette direction.

Agir sur les vis de réglage de la compensatrice afin de superposer les images multiples données par l'ensemble séparatrice-compensatrice

### **b- Orthogonalité des miroirs $M_1$ et $M_2$**

Mettre les vis de réglage fin du miroir fixe dans une position moyenne. Envoyer un faisceau horizontal d'une lampe à vapeur de mercure normalement au plan de l'un des deux miroirs.

Interposer sur le faisceau incident un écran dépoli, on agissant sur les vis de réglage grossier du miroir mobile, superposer exactement les images virtuelles de l'écran dépoli données par les miroirs  $M_1$  et  $M_2$ .

Enlever l'écran dépoli et agir lentement sur les vis de réglage V6 et V7 pour obtenir des franges circulaires.

Si lorsqu'on déplace l'œil horizontalement ou verticalement) on observe un défilement des anneaux. Agir alors très prudemment sur la vis V6 ou V7 pour supprimer ce défilement.

Les miroirs  $M_1'$  et  $M_2$  sont alors parfaitement parallèles

### **B- Franges du coin d'air avec la lampe à vapeur de mercure :**

Elargir le diaphragme utilisé précédemment, sans toucher ni à la lampe à vapeur de mercure, ni à ( $L_1$ ).

Mettre le filtre jaune pour sélectionner une bande de longueur d'onde assez étroite et avoir ainsi une assez bonne cohérence temporelle. On a donc une source cohérente, large à l'infini, centrée sur un point moyen à l'infini dans une direction perpendiculaire à l'un des miroirs. On est dans les conditions d'éclairage du coin d'air.

Faire avec ( $L_2$ ), l'image du coin sur l'écran (E) à 1,50m-2m environ du Michelson (figure4). On a ainsi la projection de la surface de localisation des franges d'égale épaisseur du coin d'air.

On peut voir apparaître des franges rectilignes, sinon on retouche à la vis de chariotage (3) pour que les franges rentrent dans le champ de vision et soient bien contrastées. En effet une translation de l'un des miroirs ramène l'arête du coin d'air diédrique dans le champ de vision.

Pour des raisons de cohérence temporelle, les franges du coin d'air sont localisées au voisinage de l'arête, laquelle doit être dans le champ de vision.

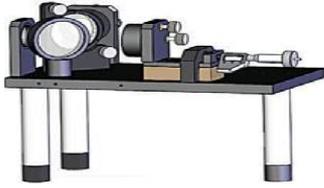
### **Etude des franges et mesure de $\alpha$ angle du coin d'air :**

En jouant sur les vis de rotation (4) et (5) ou lente (6) et (7) faire varier  $\alpha$  pour qu'il y ait une dizaine de franges bien contrastées, dans le champ. Mesurer l'interfrange  $i$  sur l'écran de projection. En déduire  $\alpha$ .

### **Recherche de $\alpha=0$ pour approcher la lame d'air à faces parallèles :**

Après avoir enlevé le filtre jaune, jouer sur les vis de rotation rapide des miroirs pour élargir l'interfrange (on ne doit voir qu'une ou deux franges irisées).

Achever finement avec les vis de rotation lente pour n'avoir sur l'image qu'une teinte non modulée spatialement de même couleur que la source, la teinte plate.



# Interféromètre de Michelson

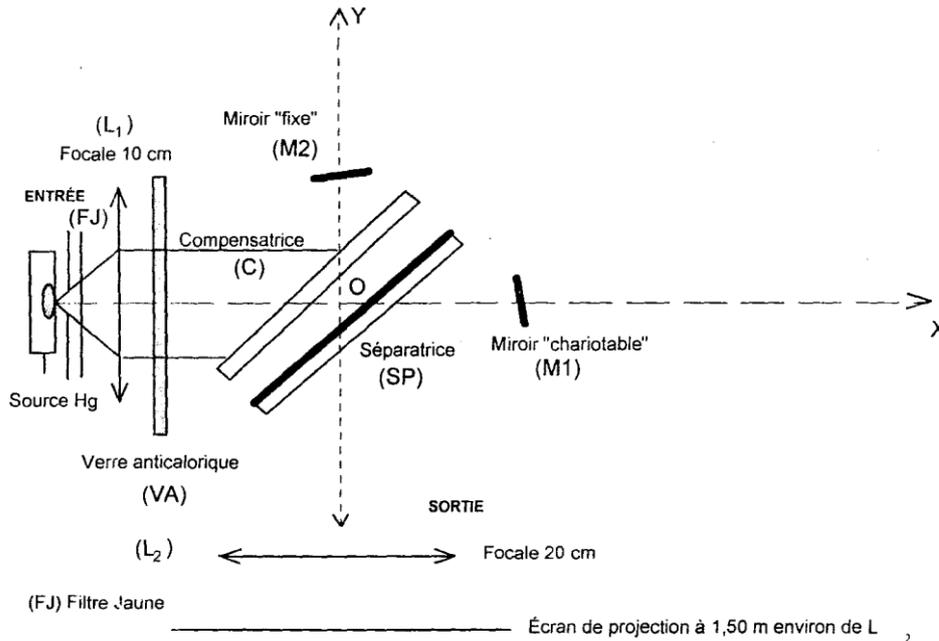


FIGURE -5

## C- Anneaux à l'infini de la lame d'air avec la lampe de mercure :

### 1- Localisation à l'infini : (Élargissement de la source) :

Avec une source quasi ponctuelle (diagramme le plus fermé possible), nous observons des anneaux sur un écran placé à la sortie, ils sont nets et bien contrastés quelle que soit la position de l'écran. (Non localisée).

Source quasi ponctuelle → interférence non localisée.

Avec une source très large, nous obtenons des anneaux très nets sur l'écran, à condition de le placer au foyer image d'une lentille convergente de grande focale (1m).

Source large → interférence localisée à l'infini.

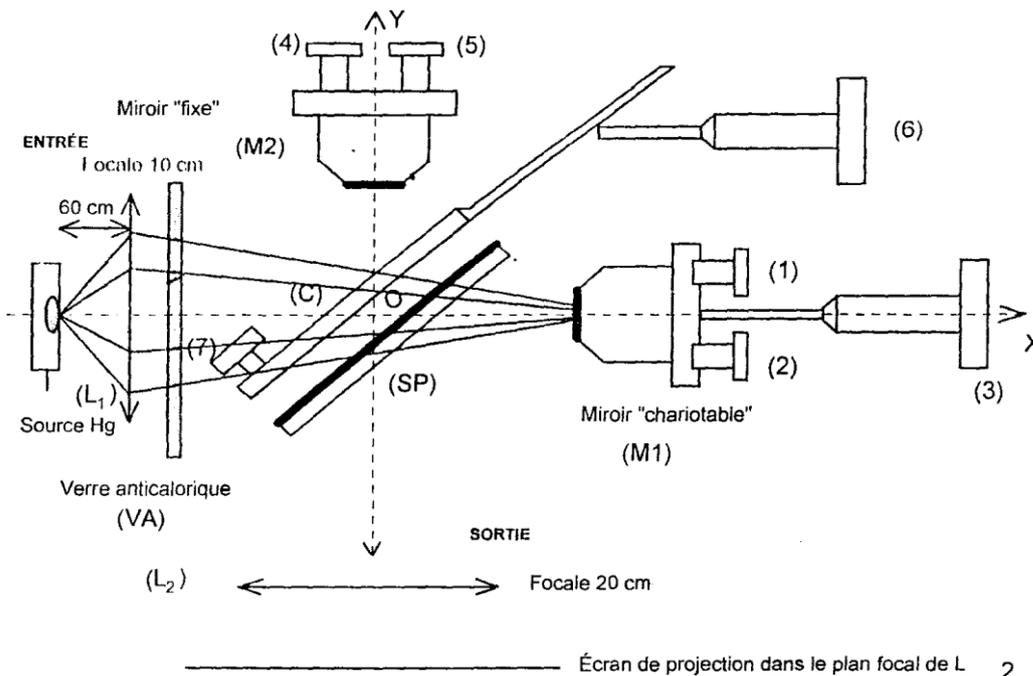
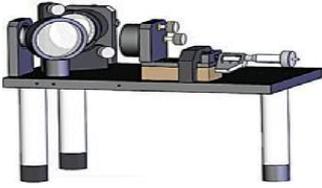


FIGURE -4



# Interféromètre de Michelson

Eclairer en lumière convergente (source large avec point moyen à distance finie) avec la lampe à vapeur de mercure sans diaphragme. Pour cela, reculer la lampe à 60cm environ de la lentille ( $L_1$ ), cette dernière restant fixe : le faisceau converge vers au environ de ( $M_1$ ).

Les franges sont localisées à l'infini, de sorte qu'on observe les anneaux soit directement à l'infini (en fait sur un grand écran à 2m sans lentille de projection) ou bien dans le plan focal image de ( $L_2$ ).

On doit voir sur l'écran des anneaux colorés concentriques plus ou moins écartés les un des autres. Les anneaux sont plus serrés sur les bords qu'au centre. Commenter ?

On diminue l'épaisseur  $e$  de la lame d'air à faces parallèles avec la vis de translation du miroir, les anneaux s'enfoncent dans le centre, augmentent de rayon et s'écartent les un des autres. Donner une relation mathématique qui explique cet effet ?

Les anneaux deviennent plus gros, ils peuvent être déformés et avoir l'allure d'ellipses à grand axe oblique.

Avec les vis de rotation de la compensatrice on redresse le grand axe verticalement (vis 2) et on rectifie l'excentricité des ellipses jusqu'à l'annuler (vis1). On rend les anneaux bien ronds.

## **2- Mesure liées à la cohérence temporelle :**

L'interféromètre de Michelson réglé en lame d'air est un appareil idéal pour l'étude de la cohérence temporelle des sources, car la longueur de cohérence spatiale est alors infinie.

### **Largeurs spectral de la raie verte du mercure :**

Nous gardons le filtre vert entre le système optique d'éclairage et l'interféromètre. A partir de la teinte plate, translatons le miroir  $M_1$  toujours dans le même sens. Le contraste diminue et les franges finissent par ne plus être visibles.

Avec les graduations sur la vis de translation, nous pouvons mesurer l'écart  $e$  entre cette position et celle de la teinte plate. Nous obtenons la différence de marche  $2e$ , pour laquelle les franges disparaissent en raison de la perte de cohérence temporelle.

Les ondes n'interfèrent plus, car la différence de marche est devenue supérieure à la longueur moyenne des trains d'ondes, ou longueur de cohérence temporelle  $l_c$ . Nous en déduisons le temps de cohérence  $\tau_c$  et la largeur spectrale de la radiation verte du mercure :

$$\tau_c = \frac{l_c}{c} = \frac{2e}{c} \text{ et } \Delta\nu = \frac{1}{\tau_c} = \frac{c}{2e}.$$

Donc c'est la largeur spectrale de la raie verte de mercure.

## **3- Ecart de double de sodium :**

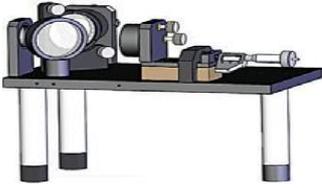
Réalisons des anneaux localisés à l'infini (lampe à sodium) lorsqu'on déplace le miroir mobile, à partir de  $\infty = 0$  (contact optique). Les anneaux deviennent plus resserrés, et le contraste diminue jusqu'à une disparition des anneaux. Si nous continuons de déplacer le miroir dans le même sens, les anneaux apparaissent à nouveau avec un bon contraste. Si l'interféromètre est correctement réglé on peut mettre en évidence plusieurs annulations successives du contraste.

### **Interprétation :**

La lumière de sodium contient un double de longueurs d'ondes très voisines :

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{\Delta\sigma}{2} \text{ et } \sigma_2 = \sigma_0 - \frac{\Delta\sigma}{2}.$$

$$I(\delta) = I_1(\delta) + I_2(\delta) = 2I_0(1 + \cos(2\pi\sigma_1\delta)) + 2I_0(1 + \cos(2\pi\sigma_2\delta))$$



# Interféromètre de Michelson

$$I(\delta) = 4I_0(1 + \cos(\pi\Delta\sigma\delta) \cos(2\pi\sigma_0\delta)); \Gamma(\delta) = \cos(\pi\Delta\sigma\delta)$$

Donc l'interféromètre  $I(\delta)$  est celui d'une radiation monochromatique de nombre d'ondes  $\sigma_0$ , modulé par un contraste  $\Gamma$  à variation lente :  $\Gamma(\delta) = \cos(\pi\Delta\sigma\delta)$

On appelle battements, ce type de modulation créée par la somme de deux fonctions sinusoïdales de fréquence voisines.

L'écart entre deux annulations de contraste est  $\Delta\delta = \frac{1}{\Delta\sigma}$ .

En mesurant la distance dont il faut déplacer le miroir entre plusieurs auto coïncidences il est facile de déterminer  $\Delta\lambda$  connaissant  $\lambda_m = 589nm$ .

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_m^2}{2\Delta e}$$

Démontrer cette relation en utilisant des approximations convenables