

Manip 1 : Michelson

Référence : Polycopié de TP - série 2 - Interférences

e = distance moyenne entre M1 et M'2

α = angle entre M1 et M'2

i = angle d'incidence de la lumière sur les miroirs

lame d'air : si M1 et M'2 sont // ($\alpha=0$). On peut alors observer des anneaux d'égale inclinaison localisés à l'infini. Pour les observer, il faut utiliser un faisceau de lumière non parallèle (afin d'avoir "le plus d'inclinaisons" possible en entrée). Les anneaux sont nets quelle que soit la largeur de la source (insensibilité des anneaux à la cohérence spatiale). Quand la différence de marche s'approche de zéro, le rayon des anneaux tend vers l'infini et le champ prend une couleur uniforme appelée teinte plate.

coin d'air si M1 et M'2 ont un petit angle ($\alpha \neq 0$). on peut alors observer des franges d'égale épaisseur localisées au voisinage des miroirs. Il faut en toute rigueur utiliser un faisceau de lumière parallèle construit à partir d'une source quasi ponctuelle. Cependant, on peut employer une source d'autant plus large que la différence de marche est faible (on peut le justifier à partir de la formule : $\delta = 2e \cos i$). L'interfrange ne dépend pas de la différence de marche, mais le contraste est maximum autour de l'ordre zéro (cohérence temporelle et spatiale)

Note : la localisation n'intervient que pour les sources conventionnelles. Avec une source ponctuelle ou un laser, les interférences ne sont pas localisées.

✓ 1. Source conventionnelle (non ponctuelle, large, incohérente)

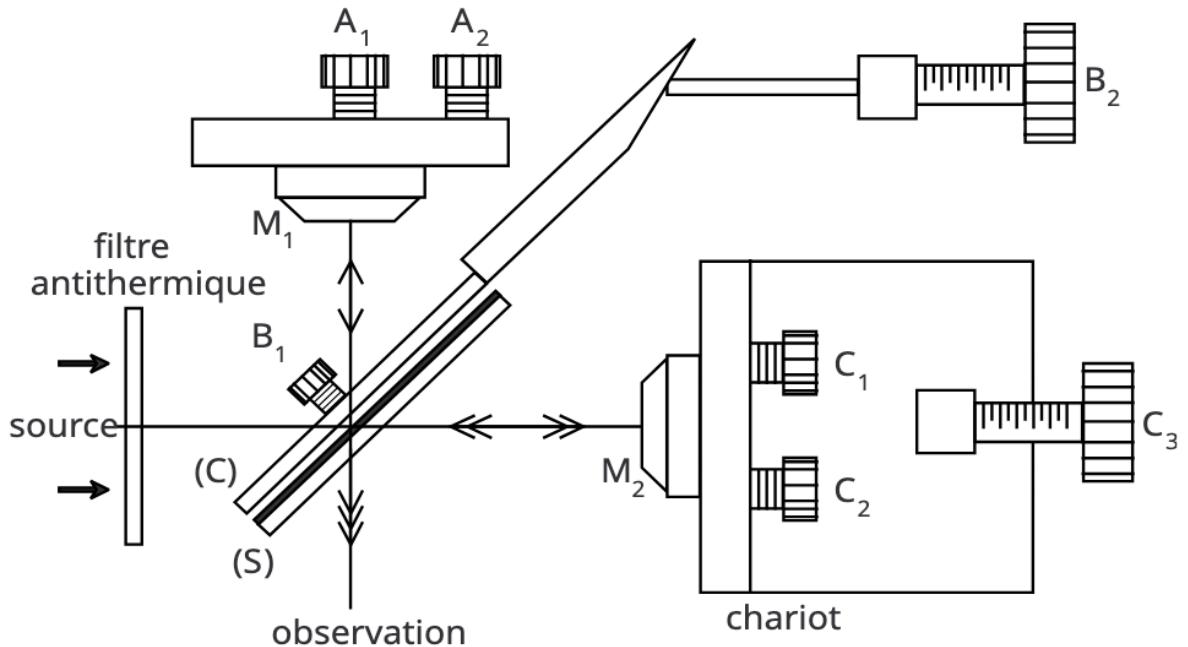
- Ex. : lampe à incandescence, LED
- Ces sources émettent de **nombreuses ondes déphasées entre elles, à différentes positions**.
- Si les rayons issus de deux points de la source arrivent avec des **différences de marche différentes**, alors les **interférences s'annulent à grande échelle**.
- **👉 Les franges ne sont visibles que dans des zones localisées où la différence de marche est identique pour tous les rayons.**

✓ 2. Source ponctuelle ou laser (cohérente et fine)

- Ex. : faisceau laser, fente très fine
- Tous les rayons sont **cohérents entre eux** (même origine spatiale, même phase, ou longue cohérence temporelle).
- Il n'y a **pas besoin de localisation** : les interférences sont **observables partout**, même à grande distance.
- **👉 Les franges ne sont pas localisées, on peut les voir sur tout l'écran ou le capteur.**

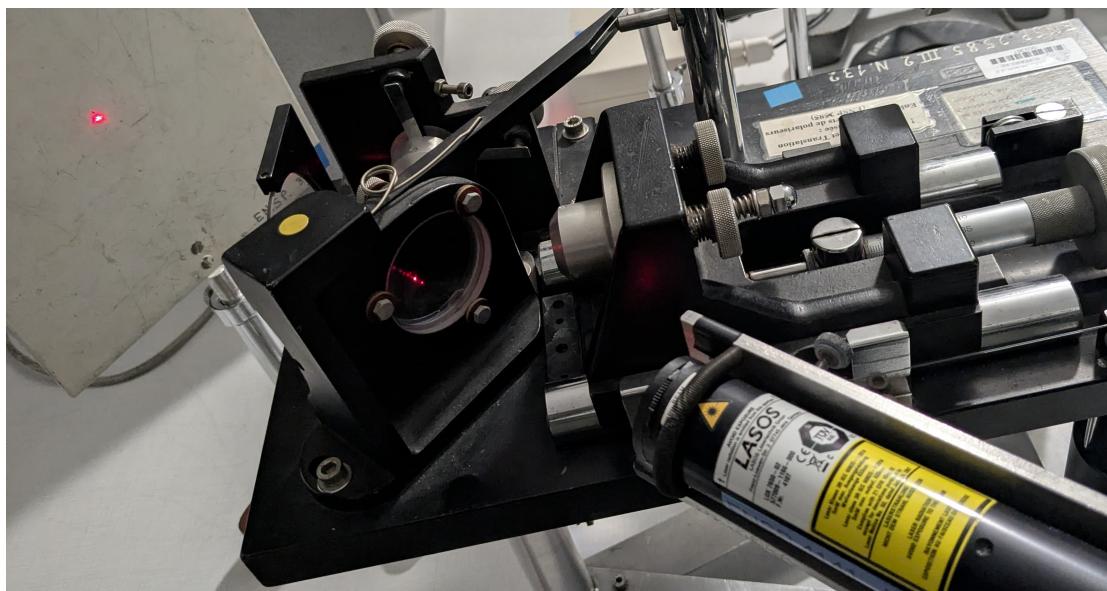
Rôle des différentes vis de réglage

- B_1 fait basculer la compensatrice autour d'un axe horizontal,
- B_2 fait tourner la compensatrice autour d'un axe vertical,
- C_1 et C_2 permettent un réglage grossier (donc rapide) de l'orientation du miroir M_2 ,
- A_1 et A_2 commandent le réglage fin de l'orientation du miroir M_1 ,
- C_3 permet le réglage de translation du miroir M_2 (*chariot*).

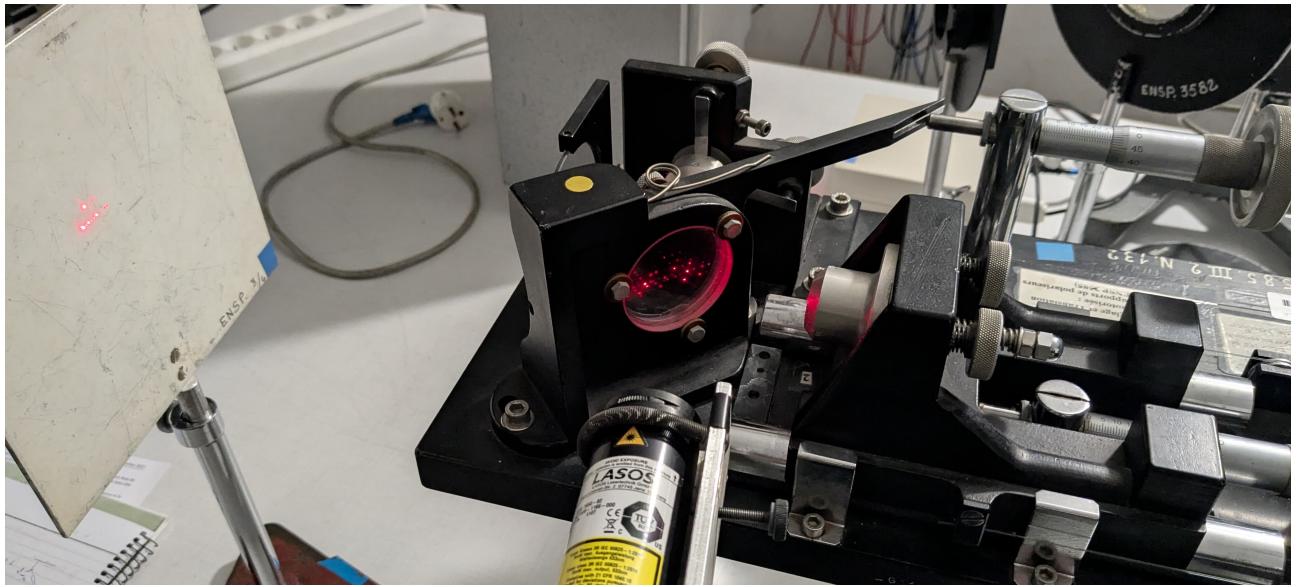


Protocole :

- Faisceau laser perpendiculairement à l'ensemble compensatrice-séparatrice et observer sur un écran assez éloigné. Agir sur les vis B_1 et B_2 pour faire coïncider les 2 images les plus intenses.



- Mettre les vis A1 et A2 en position moyenne. Envoyer le faisceau laser sur la face d'entrée du Michelson de façon à éclairer les deux miroirs. Observer sur un écran assez éloigné. Agir sur C1 et C2 pour superposer les deux taches les plus lumineuses.

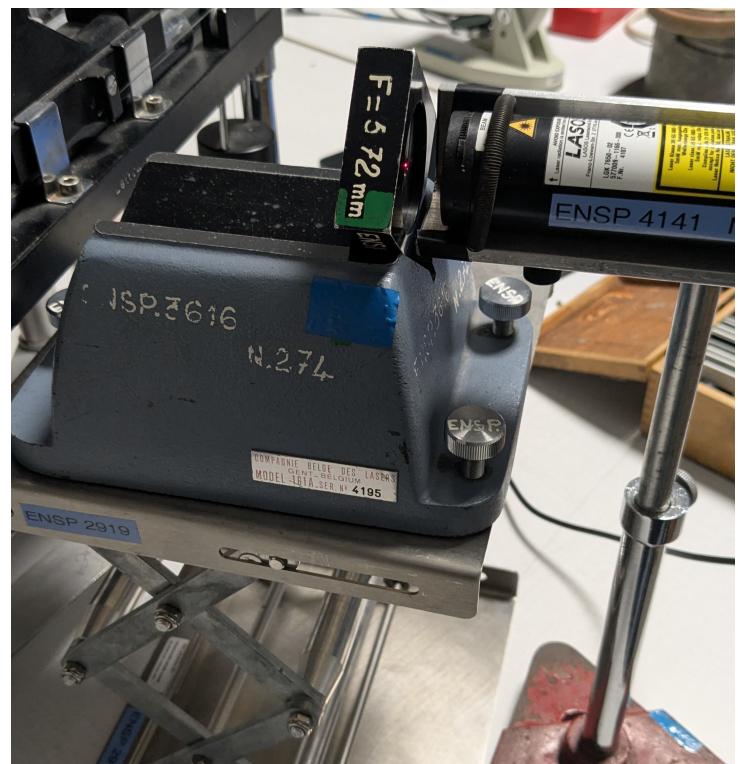


Pour obtenir M1 et M'2 // et une différence de marche presque nulle

- Interposer entre le laser et le Michelson une lentille de très courte distance focale ($f=5\text{mm}$), on aura des anneaux dont le centre n'est pas nécessairement visible.
- Charioter (vis C3) de façon à faire défiler les anneaux vers leur centre de courbure (la différence de marche diminue).
- Lorsque les franges sont devenues rectilignes, cesser le chariotage et jouer sur l'angle des miroirs (vis C1 et C2) de façon à augmenter l'interfrange. Pour cela agir sur C1 dans le sens qui accroît l'interfrange jusqu'au maximum, puis faire de même avec C2 puis recommencer avec C1.
- Si lors de ce réglage une courbure apparaît charioter à nouveau en priorité
- Lorsqu'il n'y a plus que quelques franges rectilignes sur l'ensemble du champ, agir sur les vis de réglage fin du parallélisme (A1 et A2) pour obtenir une teinte plate : le champ a une teinte et une luminosité uniformes, on est au voisinage du contact optique avec des miroirs parallèles
- **Noter la valeur repérant la position du chariot**

En résumé :

- quand on voit des anneaux, on les fait défiler vers leur centre de courbure en chariotant (donner la priorité à cette opération)
- quand on voit des franges bien rectilignes, on joue sur l'angle des miroirs pour augmenter l'interfrange



Franges d'égale inclinaison

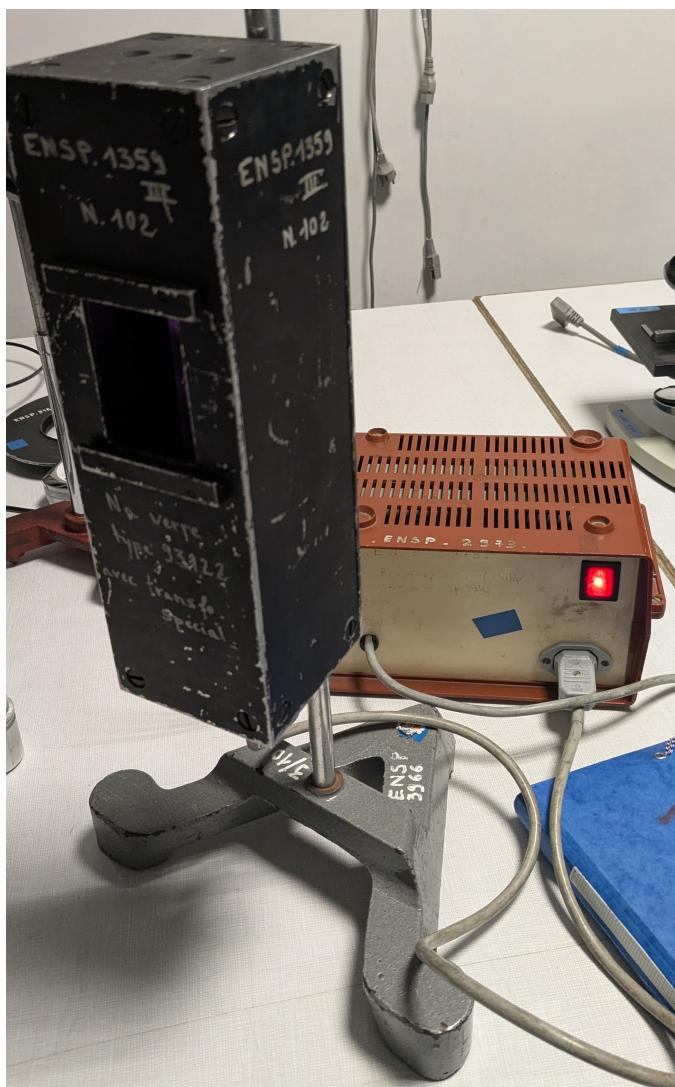
- Maintenant Accoller une lampe à vapeur de mercure avec un condenseur très convergent contre la face d'entrée
- Les anneaux étant localisés à l'infini, placer contre la face de sortie du Michelson une lentille de grande distance focale (1 à 2 m) et placer l'écran dans son plan focal (**contrôler la distance avec une règle**)
- Charioter légèrement pour observer des anneaux sur l'écran. Ajuster les vis A1 et A2 pour optimiser le contraste.

Optionnel :

On remarquera probablement que très près de l'ordre zéro, les anneaux deviennent elliptiques ou hyperboliques : ceci est dû à un réglage imparfait de la compensatrice. Pour l'améliorer, charioter pour obtenir des ellipses. Agir sur la vis B1 pour rendre le grand axe des ellipses horizontal ou vertical, puis sur la vis B2 pour obtenir des cercles.

Passage aux franges du coin d'air

- Charioter jusqu'à obtenir une teinte plate.
- Placer après la lampe un condenseur peu convergent et éclairer toute la surface des miroirs.
- Enlever la lentille de projection et la remplacer par une lentille de courte distance focale. Former l'image des miroirs sur l'écran.
- Donner un petit angle aux miroirs en jouant sur une des vis de réglage fin. Vous observez des franges rectilignes



Manipulation sensible à la cohérence temporelle, donc adaptés à l'étude spectrale d'une source : Écart du doublet du sodium

- Prendre une lampe à vapeur de sodium avec un condenseur de 70 mm et travailler en anneaux.
- Charioter. Observer que pour certaines différences de marche le contraste s'annule (anti-coïncidence).
- Mesurer le chariotage Δe correspondant au passage d'une anti-coïncidence à la suivante.
- En déduire $\Delta \lambda$ par la formule : $\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{2\Delta e}$

• **Principe théorique** Dans ce qui suit : $\sigma = 1/\lambda$ est le *nombre d'onde*. Il représente une fréquence spatiale.

Source monochromatique Si la source émet une intensité $B(\sigma)$, on obtient pour une différence de marche δ l'éclairement :

$$I(\delta) \propto B(\sigma)(1 + \cos 2\pi\sigma\delta). \quad (2)$$

Par défilement d'un miroir on fait varier δ (au centre des anneaux $\delta = 2e$) et on observe la variation $I(\delta)$ représentée sur le panneau a) de la figure ci-après.

Doublet Si la source émet deux raies monochromatiques de même intensité et de nombres d'onde σ_1 et σ_2 , la partie variable de l'éclairement est la somme de deux sinusoïdes de périodes voisines et donne des «battements» :

$$I(\delta) \propto B_\sigma \left[1 + \cos \left[2\pi \frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{2} \delta \right] \times \cos [\pi(\sigma_1 - \sigma_2)\delta] \right]. \quad (3)$$

Par défilement, on observe une succession régulière de brouillages des anneaux pour $\delta_1, \delta_2, \delta_3 \dots$. Leur périodicité est $\delta_2 - \delta_1 = \frac{1}{\sigma_1 - \sigma_2} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$; voir panneau b) de la figure.

