



Optique

TP n°4 Interféromètre de Michelson

Mardi 22 ou 29 septembre 2026

Compétences expérimentales exigibles

- ✓ Régler un interféromètre de Michelson pour une observation en lame d'air avec une source étendue par une démarche autonome non imposée.
- ✓ Obtenir une estimation semi-quantitative de la longueur de cohérence d'une radiation à l'aide d'un interféromètre de Michelson en lame d'air.
- ✓ Décrire et mettre en œuvre les conditions d'éclairage et d'observation adaptées à l'utilisation d'un interféromètre de Michelson en lame d'air et en coin d'air.
- ✓ Interpréter des observations faites en lumière blanche avec l'interféromètre de Michelson en configuration lame d'air et coin d'air.
- ✓ Mesurer l'écart en longueur d'onde d'un doublet et la longueur de cohérence d'une radiation.
- ✓ Caractériser la géométrie d'un objet ou l'indice d'un milieu à l'aide d'un interféromètre de Michelson.

Matériel – Par binôme

- ☐ Interféromètre de Michelson ;
- ☐ Lentilles convergentes de distances focales : 10 cm, 20 cm, 1 m ; Condenseur ;
- ☐ LASER ; Lampe à vapeur de sodium ; Source de lumière blanche ;
- ☐ Écran ;
- ☐ Miroir plan ;
- ☐ Diaphragme ;
- ☐ lame de microscope avec support ;
- ☐ Briquet ;
- ☐ Prisme à vision directe ;



Objectifs du TP

- Apprendre à régler l'interféromètre de Michelson.
- Observer les interférences en lame d'air et en coin d'air.

I Travail préparatoire

- Lire l'ensemble de l'énoncé, et y identifier ce qu'il faudra faire pendant la séance.
- Préparer les questions précédées d'une .



Questions préparatoires –

- Q1. Rappeler les conditions d'éclairage en lame d'air. Où sont localisées les interférences en lame d'air ? Rappeler les conditions d'observation des interférences en lame d'air pour observer de beaux anneaux contrastés sur un écran.
- Q2. En lame d'air, vous souhaitez aller au contact optique. Que devez-vous faire ? Faut-il faire rentrer ou sortir

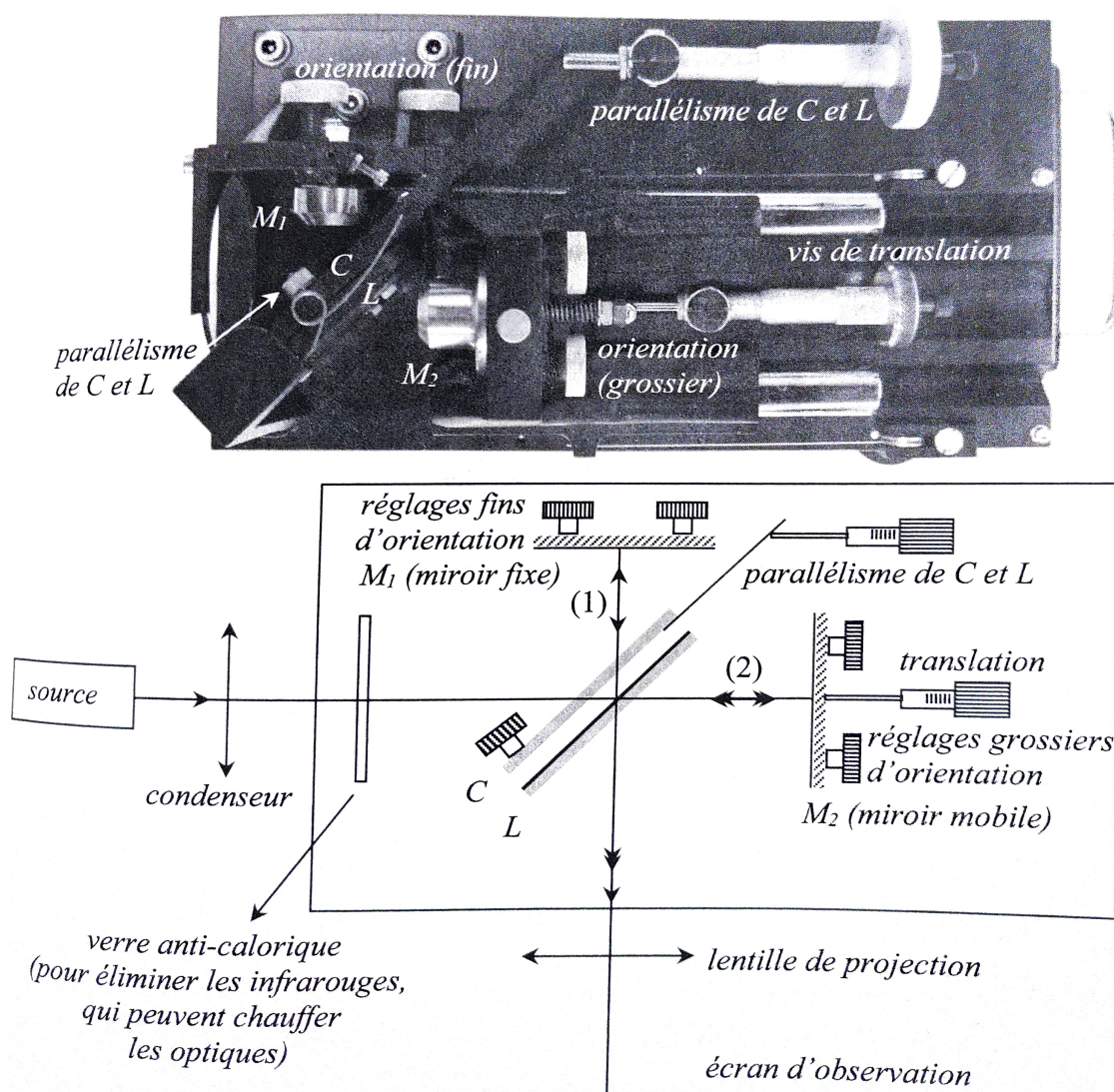
les anneaux ?

- Q3. Établir l'expression des rayons des anneaux R_p en fonction, notamment, de l'ordre d'interférence p . Comment varie R_p^2 avec p ? Sont-ils plus proches sur les bords ou au centre ?
- Q4. Rappeler les conditions d'éclairage en coin d'air. Où sont localisées les interférences en coin d'air ? Rappeler les conditions d'observation des interférences en coin d'air.

⚠ Attention — Précautions expérimentales

↑ Attention aux surfaces optiques : ne jamais toucher les miroirs, ni la séparatrice ou la compensatrice.

II Présentation de l'interféromètre



II.1 Éclairage

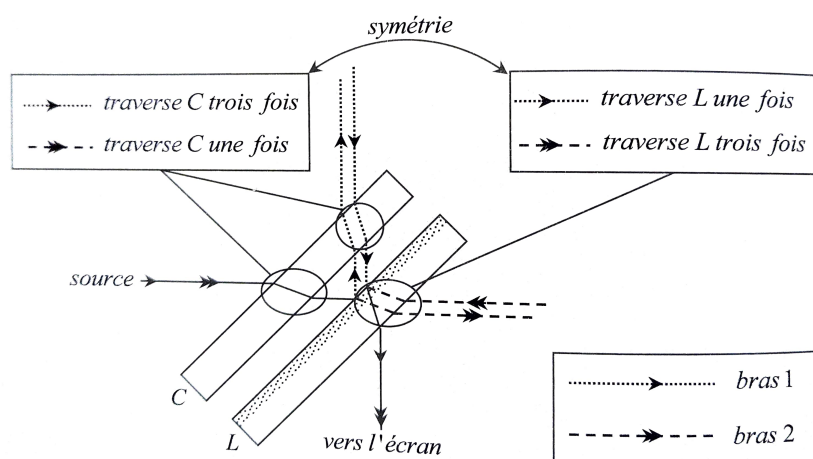
L'éclairage sera fait avec un LASER, une lampe à vapeur de sodium ou une source de lumière blanche.

On intercalera un **filtre anti-calorique** en entrée de l'interféromètre pour protéger les miroirs des rayonnements infra-rouges, notamment lors de l'utilisation de la source de lumière blanche.

II.2 Les miroirs

- Le miroir M_2 est disposé sur un chariot permettant une translation de ce dernier tout en repérant précisément sa position grâce à un vernier. La lecture de la position du miroir se fait à l'aide d'un vernier. Il possède deux vis de réglage grossier d'inclinaison.
- Le miroir M_1 possède deux vis de réglage fin d'inclinaison.

II.3 Séparatrice et compensatrice



La séparatrice est une lame de verre métallisée sur sa face avant. Son épaisseur induit une différence de marche supplémentaire qui dépend de l'angle d'incidence et de la longueur d'onde, ce qui modifie de façon complexe les interférences.

Pour résoudre ce problème, on introduit une lame dite compensatrice, identique à la lame séparatrice mais sans métallisation, donc de coefficient de réflexion très faible.

Ainsi si les deux lames sont parfaitement parallèles, la différence de marche induite par la séparatrice est compensée par la compensatrice.

Remarque. En toute rigueur, la lame séparatrice introduit un déphasage de π à la réflexion puisque le faisceau (1) est réfléchi par le dioptré air/verre, alors que le faisceau (2) est réfléchi par le dioptré verre/air. Ce déphasage supplémentaire, non pris en compte dans les calculs, peut faire qu'en lumière blanche la frange centrale en coin d'air n'est pas blanche mais noire.

III Interférences en lame d'air

🔧 Réglage – Avant toute chose

- Placer les vis à mi-course.
- Vérifier, à l'œil que les miroirs sont symétriques par rapport à la séparatrice (pour ne pas être trop loin du contact optique et observer facilement les anneaux).
- Aligner les composants optiques verticalement et horizontalement.

Le réglage du parallélisme des miroirs $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}'_2$ peut se faire de plusieurs façons. Je vous propose deux méthodes en préconisant plutôt la première.

III.1 Réglage du parallélisme des miroirs $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}'_2$

🔧 Réglage – Réglage du parallélisme de $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}'_2$ avec la lame Na

- Placer la lampe à vapeur de sodium à l'entrée.
- À l'œil nu, vérifier que la compensatrice et la séparatrice sont grossièrement parallèles. S'assurer que $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}_2$ sont sensiblement perpendiculaires.
- Intercaler une mire (feuille calque avec viseur) entre la lampe et l'interféromètre.
- Observer les différentes images de la mire par les miroirs à l'œil nu. Deux images doivent apparaître, issues des deux miroirs (Figure 1 – à gauche).
- En jouant sur les vis de réglage grossier, superposer du mieux possible les images. Des franges d'interférences fines doivent apparaître (Figure 1 – à droite).

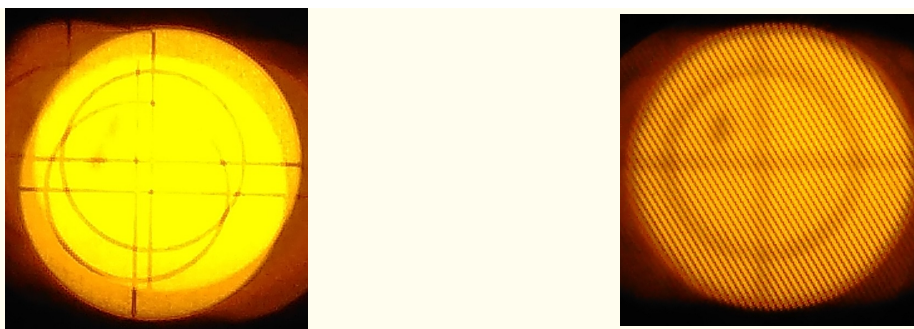


FIGURE 1 – Réglage grossier du parallélisme

🔧 Réglage – Réglage du parallélisme de $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}'_2$ au LASER

- Placer le LASER à l'entrée de l'interféromètre, en incidence normale sur les miroirs.
- Tourner les vis de réglage grossier pour superposer les deux taches principales observées.
- Réglage fin. *Éventuellement*
 - Placer un élargisseur de faisceau (objectif de très courte distance focale) devant le LASER pour obtenir des angles d'incidence très variés et élargir le champ d'interférence.
 - Projeter sur l'écran grâce à une lentille de grande distance focale $f' = 1$ m).
 - Vous devez observer des franges d'interférences. Pour s'approcher du contact optique :
 - Si on voit des anneaux, tradater le miroir mobile $\mathcal{M}_2$ dans le sens qui permet de les faire défiler vers l'intérieur.
 - Si on voit des franges rectilignes, régler l'orientation des miroirs (réglage grossier sur $\mathcal{M}_2$, réglage fin sur $\mathcal{M}_1$) de façon à augmenter l'interfrange.

III.2 Obtention des anneaux

Quelque soit le réglage effectué précédemment, on utilise une lampe à vapeur de sodium à partir de maintenant.

🔧 Réglage – Amélioration du parallélisme

- Continuer en agissant délicatement sur les vis de réglage grossier pour écarter les franges puis les arrondir.
- Des anneaux doivent apparaître au centre de la figure. utiliser maintenant les vis de réglage fin.
- Bouger la tête de haut en bas et agir délicatement sur la vis supérieure de réglage fin pour que les anneaux ne défilent pas au centre.
- Bouger la tête de gauche à droite et agir délicatement sur l'autre vis de réglage fin pour que les anneaux ne défilent pas au centre.
- Tradater le miroir mobile $\mathcal{M}_2$ afin de faire grossir les anneaux : vous êtes en train de diminuer l'épaisseur de la lame d'air.

La source est étendue spatialement, donc les interférences sont localisées, la lentille de projection est indispensable, et l'écran doit être parfaitement placé dans le plan focal image de la lentille.

La source est étendue spectralement, donc les interférences ne sont visibles qu'à proximité du contact optique.

Réglage – Obtenir des anneaux contrastés

- Enlever l'écran dépoli, placer un condenseur (=lentille de courte focale), en entrée de l'interféromètre pour focaliser la lumière sur le miroir mobile.
- Placer une lentille de grande focale ($f' = 1\text{ m}$) en sortie de l'interféromètre et disposer un écran dans son plan focal image.
À ce stade, vous devez observer des franges circulaires sur l'écran. Le contraste doit néanmoins être amélioré.
- Translater le miroir mobile afin que quelques franges soient visibles sur l'écran.
Si besoin, centrer les anneaux en utilisant les vis de réglage grossier. Ne plus toucher aux vis de réglage grossier !
- Toucher avec beaucoup de délicatesse une des deux vis de réglage fin afin de maximiser le contraste.
- Faire de même avec l'autre vis. Recommencer ces deux étapes jusqu'à obtenir un contraste maximal (cf Figure 2).



FIGURE 2 – Anneaux avec la lampe à vapeur de sodium

Expérience – Observations des anneaux

- ☞ Observer les anneaux sur l'écran.
- ☞ Charioter délicatement pour observer l'effet sur les anneaux.
- ☞ Mesurer les rayons des premiers anneaux sombres.

Expérience – Mesure de l'écart du doublet du sodium

- ☞ Charioter le miroir mobile jusqu'à observer une anticoincidence (un brouillage) de la figure d'interférences.
- ☞ Lire la position de cette anticoincidence sur le vernier.
- ☞ Continuer à chariotier afin d'observer une seconde anticoincidence.
- ☞ Lire la position de cette anticoincidence sur le vernier.

L'écart de position Δx séparant deux anticoincidences de la lampe à vapeur de sodium s'exprime :

$$\Delta x = \frac{\lambda_0^2}{2\Delta\lambda}$$

avec $\lambda_0 = 589,3\text{ nm}$ la longueur d'onde moyenne du doublet jaune du sodium.

Q5. En déduire l'écart en longueur d'onde $\Delta\lambda$ séparant les deux raies du doublet du sodium.

Q6. Comment peut-on améliorer cette mesure ?

III.3 Vers le contact optique en lumière blanche

Réglage – De la lame d'air vers le contact optique

- Faire rentrer les anneaux vers leur centre à l'aide de la vis de translation.

Le rayon des anneaux augmente jusqu'à devenir plus grand que la tache lumineuse sur l'écran.

Lorsqu'on observe une couleur uniforme sur l'écran, identique à celle de la lampe, l'interféromètre est **très proche du contact optique**. Cette couleur est appelée **teinte plate de la lampe**. Il faut retenir à cette étape dans quel sens on doit tourner la vis pour continuer à s'approcher du contact optique.

- Remplacer la lumière à vapeur de sodium par une lumière blanche.
- Focaliser le faisceau lumineux sur le miroir à l'aide du condenseur.

- Toucher avec la plus grande précaution la vis de translation. On doit observer sur l'écran des teintes colorées presque uniforme : ce sont les **teintes de Newton** (Figure 3). On se trouve alors au contact optique!
- Lire la position du contact optique sur le vernier.
- Noter et conserver précieusement cette valeur.

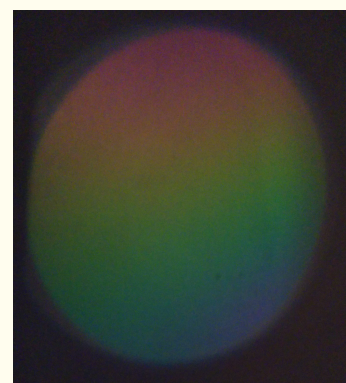


FIGURE 3 – Teintes de Newton

IV Interférences en coin d'air

IV.1 Passage au coin d'air

Réglage – Passage au coin d'air

Pour observer les interférences en coin d'air, il est nécessaire de modifier les conditions d'éclairage et d'observation.

- Réaliser une autocollimation pour obtenir un faisceau parallèle en sortie du condenseur.
- Changer ensuite de lentille de projection pour une lentille de distance focale $f' = 20$ cm, que l'on collera à la sortie du Michelson.

Déplacer l'écran pour former l'image des miroirs sur l'écran. **Sans jamais toucher le miroir $\mathcal{M}_1$, placer un petit bout de papier devant, et déplacer l'écran pour y obtenir une image nette.**

- Tourner une des vis de réglage grossier pour imposer un angle entre les deux miroirs.

Vous devez maintenant observer des franges irisées d'égale épaisseur (Figure 4).

Elles peuvent être verticales ou horizontales en fonction de la vis que vous avez tournée.

Si besoin charioter délicatement pour centrer les franges.

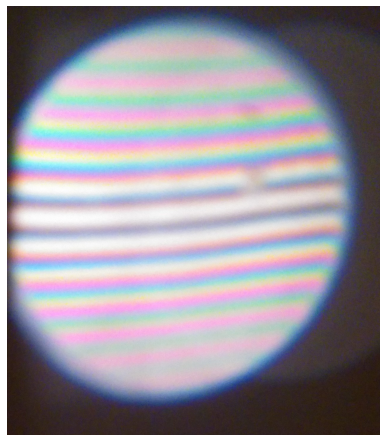


FIGURE 4 – Franges rectilignes d'égale inclinaison en lumière blanche

👁 Expérience – Jet de gaz

☞ En appuyant sur la gâchette d'un briquet, sans réaliser d'étincelles pour éviter la combustion du gaz, envoyer un jet de gaz en parallèle d'un des miroirs.

Q7. Qu'observez-vous ?

👁 Expérience – Épaisseur d'une lame de verre

☞ Insérer devant le miroir $\mathcal{M}_2$ une lamelle de microscope.

Q8. Noter vos observations.

☞ Charioter le miroir pour observer les franges rectilignes au niveau de la lamelle.

On peut montrer que le miroir doit être charioté de $(n_{\text{lamelle}} - 1)e_{\text{lamelle}}$

Q9. En déduire l'épaisseur e_{lamelle} de la lamelle.

IV.2 Vers le contact optique

🔧 Réglage – Du coin d'air vers le contact optique vers la lame d'air

- À l'aide des vis de réglage grossier, augmenter délicatement l'interfrange pour obtenir un écran d'une couleur uniforme : c'est le contact optique.
- Pour observer les interférences en lame d'air, il est nécessaire de modifier les conditions d'éclairage et d'observation.
- Remplacer la source de lumière blanche par la source à vapeur de sodium.
- Charioter le miroir : les anneaux doivent réapparaître.