



Thème : Interférences à 2 ondes par division d'amplitude

Mardi 15 octobre 2024

Lame d'air

★ **OP302 - Erreurs de montage en optique** (Dante)

On demande à un étudiant de réaliser, à l'aide d'un interféromètre de MICHELSON, un montage permettant d'observer au moins 10 anneaux bien contrastés sur un écran. L'étudiant propose la configuration suivante et semble surpris de ne pas obtenir le résultat escompté.

S est une source étendue de lumière blanche, devant laquelle est placé un diaphragme D (trou source) placée au foyer de la lentille convergente L₁.

L₂ est une lentille convergente permettant de faire l'image sur l'écran du miroir M₁.

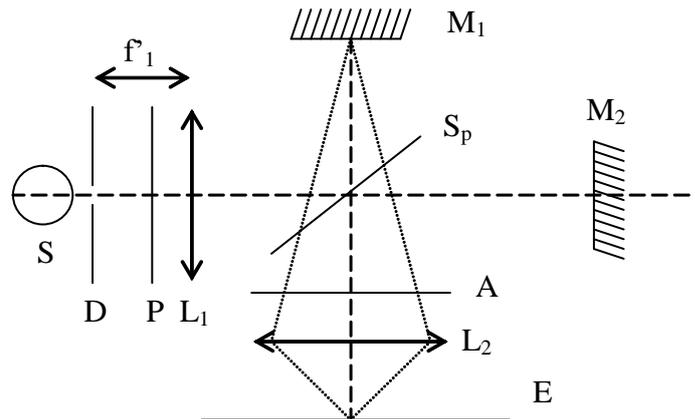
P est un polariseur d'axe vertical et A un analyseur d'axe horizontal

Les miroirs M₁ et M₂ sont rigoureusement perpendiculaires et l'on est au contact optique.

1 - Qu'observe-t-on sur l'écran ?

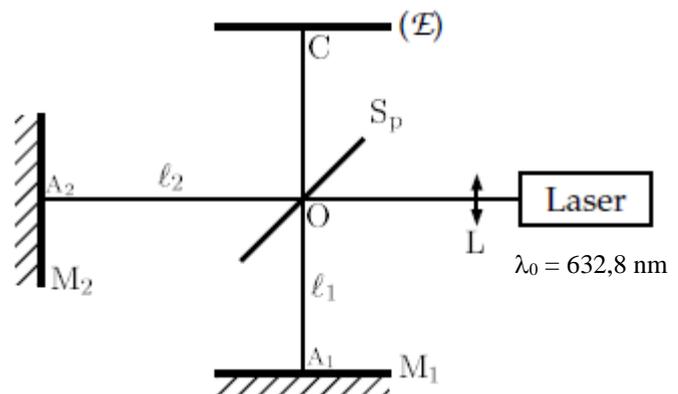
2 - Identifier 2 erreurs qui sont du ressort de l'optique géométrique et expliquer comment les corriger en n'exploitant que le matériel présent.

3 - Identifier 3 erreurs qui relèvent du domaine de l'optique ondulatoire et expliquer comment les corriger. S'il y a besoin de nouveau matériel, on justifiera avec soin son emploi.



★ **OP304 - Mesure d'indice de l'air par interférométrie** (Guillaume)

On considère un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air à faces parallèles. On place sur le bras de M₂ une cuve hermétique de longueur intérieure ℓ , de sorte que ses faces soient parallèles au miroir M₂. L'intérieur de la cuve peut être mis à la pression atmosphérique à l'aide d'un robinet. Une pompe à vide permet de réaliser un vide partiel au sein de la cuve. Un manomètre indique la dépression



$\Delta P = P' - P$; P' étant la pression à l'intérieur de la cuve et P la pression ambiante. On note n' l'indice de réfraction de l'air à l'intérieur de la cuve où la pression vaut P' .

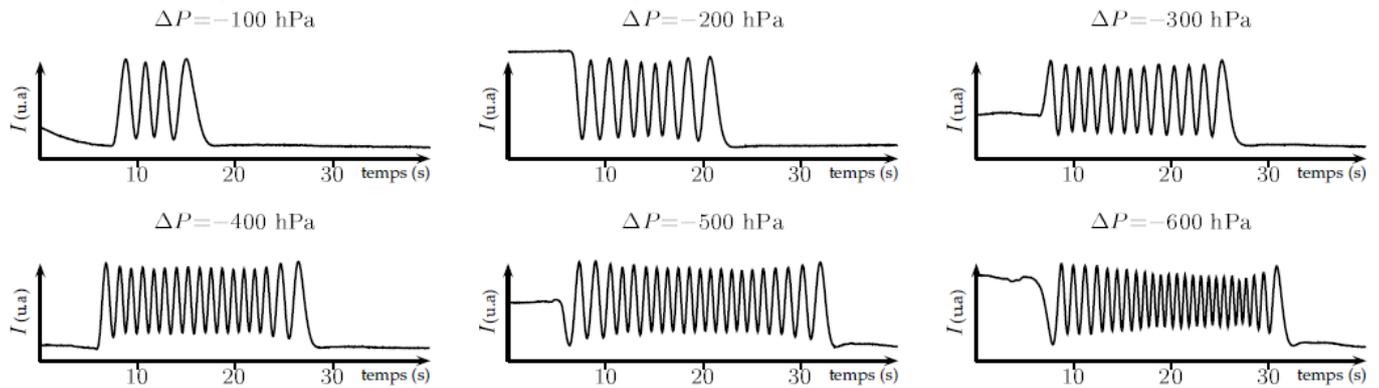
1 - Exprimer la différence de marche optique δ_0 des deux ondes lumineuses qui interfèrent en C en fonction de ℓ , ℓ_1 , ℓ_2 , n (indice de l'air ambiant à la pression P) et n' .

2 - Quel est l'ordre d'interférence p au point C ? En déduire que, lorsque la pression dans la cuve augmente de P' à P , les anneaux défilent dans le champ d'interférence. On rappelle que l'indice de réfraction d'un gaz augmente lorsque sa pression augmente.

3 - Exprimer la variation $\Delta p = p - p'$ de l'ordre d'interférence en C lorsque la pression dans la cuve passe de P' à P . Que représente Δp ?

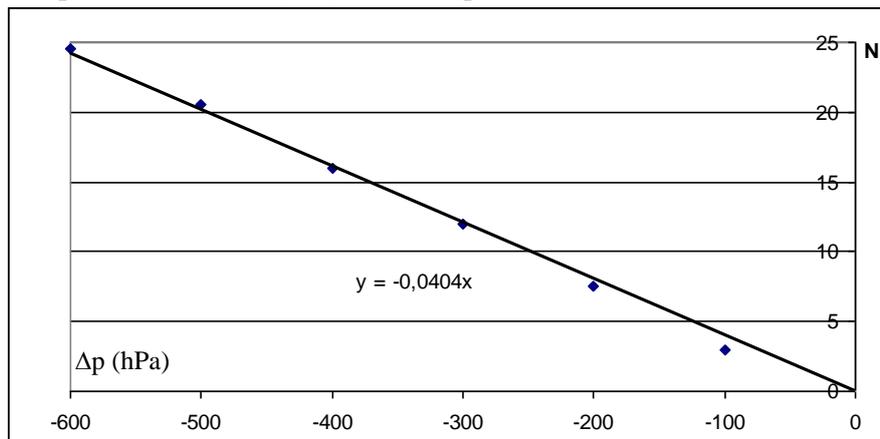
4 - En déduire que l'indice de réfraction de l'air ambiant est donné par : $n = 1 + \frac{N_0 \cdot \lambda_0}{2 \cdot \ell}$ pour N_0 franges défilant en C, lorsque la pression dans la cuve passe de 0 à P .

On donne ci-dessous l'enregistrement de l'interférogramme lorsqu'on ouvre le robinet pour laisser rentrer l'air dans la cuve pour différentes valeurs de la dépression ΔP .



5 - Déterminer le nombre N de franges d'interférence qui défilent à l'ouverture du robinet pour les différentes valeurs de ΔP .

On a tracé la courbe représentative de $N(\Delta P)$ sachant que $P = 969 \text{ hPa}$.



6 - Déterminer graphiquement le nombre $N_0 = N(P'=0)$.

7 - En déduire la valeur de $n - 1$. Données : $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$ et $\ell = 50 \text{ mm}$

OP306 – Intervalle spectral du doublet jaune du sodium (Camille / Quentin)

On éclaire un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air par une lampe à vapeur de sodium.

On place un capteur d'intensité optique au centre des anneaux d'interférence.

On suppose dans un premier temps que cette source est monochromatique de longueur d'onde

$\bar{\lambda} = 589,3 \text{ nm}$.

1 – Depuis le contact optique, on compte le défilement de 100 anneaux au centre de la figure d'interférence lorsqu'on chariote le miroir mobile. Quelle est l'épaisseur finale de la lame d'air virtuelle formée par les miroirs de l'interféromètre ?

On continue à charioter le miroir mobile et le détecteur enregistre périodiquement des brouillages des franges d'interférences. Ces brouillages sont dus au fait que la source est en fait bi-chromatique. La distance entre les positions successives du miroir mobile pour lesquelles on observe ces brouillages est $d = 0,29 \text{ mm}$.

2 – Qu'est ce qui, sur l'enregistrement de l'intensité permet de repérer les brouillages ?

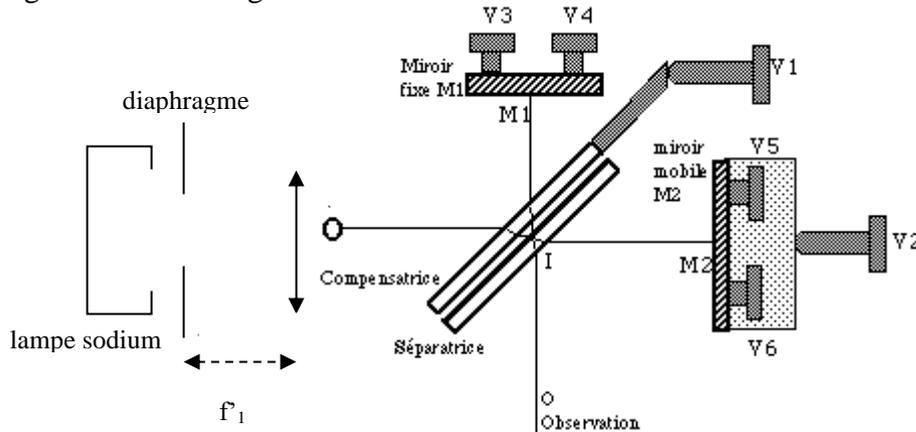
3 – Déterminer l'intervalle spectral $\Delta\lambda$ séparant les deux raies d'émission de la source, puis leurs longueurs d'onde λ_1 et λ_2 .

Coin d'air

OP312 - Exemple d'utilisation de l'interféromètre de Michelson réglé au coin d'air

(Héloïse / Hedwige)

Le schéma général du montage utilisé est le suivant :



Franges à l'œil nu :

On utilise comme source une lampe à vapeur de sodium (doublet de longueur d'onde $\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$), placée devant un diaphragme circulaire dans le plan focal objet de L_1 , lentille convergente de focale $f_1 = 10 \text{ cm}$.

Partant du contact optique, on tourne très légèrement la vis (5) du miroir M_2 , on obtient ainsi des franges du coin d'air.

Justifier ce terme.

Comment doit accommoder l'œil placé sur la voie de sortie pour les observer ? (on aura préalablement diminué l'intensité lumineuse en plaçant une feuille de papier calque entre la source et le diaphragme).

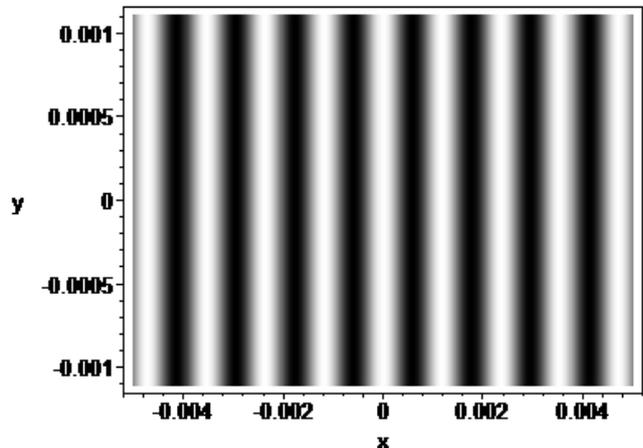
1 - Projection des franges

Papier calque ôté, on projette ces franges sur un écran placé orthogonalement à l'axe de sortie avec une lentille convergente L_2 de focale $f_2 = 20 \text{ cm}$ placée à 25 cm de la surface réfléchissante du miroir M_1 .

A quelle distance de L_2 doit-on placer l'écran ?

2 - Mesure de l'angle fictif entre les miroirs

On obtient la figure ci-dessus à l'écran (les coordonnées sont en m). Mesurer alors l'interfrange i' à l'écran, en déduire une estimation de l'angle α du coin d'air. Que pensez-vous de l'ordre de grandeur de cet angle ?



3 - Mesure de l'épaisseur d'une lamelle à microscope.

On remplace la lampe spectrale au sodium par une lampe blanche. Décrire qualitativement la figure observée à l'écran.

On repère la position de la frange blanche centrale par une marque à l'écran, puis on intercale ensuite entre la compensatrice et M_1 une lamelle de verre d'indice $1,50$ et d'épaisseur e parallèlement à M_1 (qui a été mécaniquement mesurée : $e \approx 0.1 \text{ mm}$ à 0.05 mm près). A l'écran les franges disparaissent. Que voit-on ? Dans quel sens faut-il chariotter le miroir M_2 pour les récupérer ? Soit $\Delta x'$ la translation du miroir mobile M_2 à imposer : donner sa relation avec e , épaisseur de la lame de verre. On mesure $\Delta x' = 0.06 \text{ mm}$. Commenter.

Autres dispositifs

OP3002 – Mesure d'indice à l'aide d'un interféromètre de Mach-Zehnder (Sixtine)

Ici, l'air est assimilé au vide. On dispose de deux lames transparentes à faces parallèles de même épaisseur e (connue avec une très bonne précision) et d'indices optiques différents :

- Une lame de référence \mathcal{L}_0 , d'indice optique connu.
- Une lame d'essai \mathcal{L}_e , d'indice optique $n = n_0 + \Delta n$ ($\Delta n > 0$).

Afin de mesurer Δn , on place chacune de ces lames dans un bras d'un interféromètre de Mach-Zehnder.

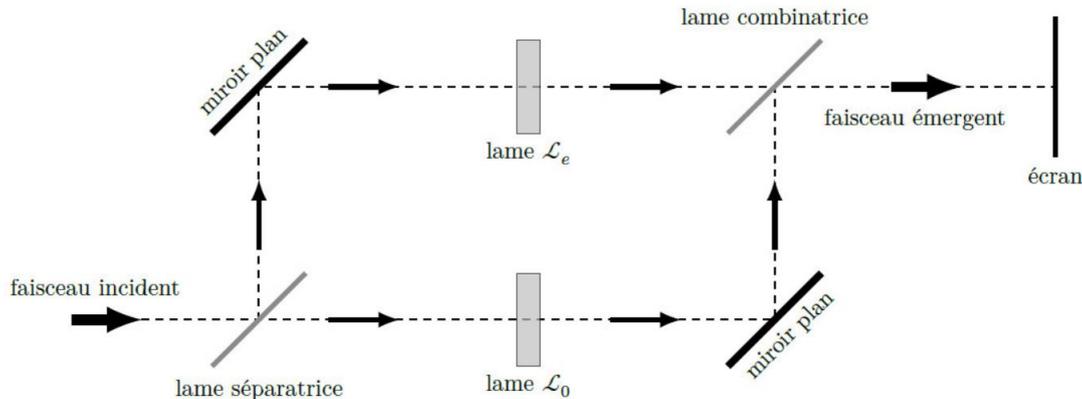


Schéma de principe de l'interféromètre de Mach-Zehnder et positionnement des lames

L'interféromètre de Mach-Zehnder est constitué de deux lames semi réfléchissantes et de deux miroirs plans. Tous ces éléments sont parallèles entre eux. La lame semi réfléchissante placée en entrée du dispositif est appelée séparatrice : elle permet de diviser le faisceau incident en deux faisceaux secondaires orthogonaux entre eux et de même intensité. Les deux miroirs plans (un dans chaque bras de l'interféromètre) permettent d'orienter les faisceaux secondaires vers la sortie du dispositif. La lame semi réfléchissante placée en sortie du dispositif, rigoureusement identique à la lame séparatrice, est appelée lame combinatrice, car elle permet de superposer les deux faisceaux secondaires en direction de l'écran (ou d'un photodétecteur).

- 1 - Pourquoi n'est-il pas nécessaire d'accoler une lame compensatrice à la lame séparatrice ?
- 2 - Le faisceau incident est un faisceau de lumière parallèle. On suppose que les deux lames sont orientées de manière à être éclairées sous incidence normale. Déterminer la différence de marche δ entre les deux faisceaux en sortie de l'interféromètre.
- 3 - Dans le cas où le faisceau est monochromatique de longueur d'onde λ , exprimer l'intensité lumineuse I obtenue sur l'écran en sortie du dispositif. (On notera I_0 l'intensité obtenue sur l'écran en occultant l'un des deux miroirs). Décrire brièvement la figure observée sur l'écran.
- 4 - Pour quelle(s) longueur(s) d'onde l'intensité I est-elle maximale.
- 5 - Proposer une méthode de mesure de Δn à l'aide de ce dispositif (et de tout matériel classiquement disponible en laboratoire).

★ OP326 – Anneaux de Newton (Inès)

On observe des anneaux de Newton réalisés par une lentille plan convexe dont la face convexe est posée sur une lame de verre plane. La face convexe a un rayon de courbure $R = 10\text{ m}$.

On éclaire en incidence quasi-normale le dispositif, avec une onde de longueur d'onde $\lambda = 0,48\ \mu\text{m}$.

- a – Déterminer le rayon des 3 premières franges sombres.
- b – Combien voit-on d'anneaux si la lentille a un diamètre $d = 4\text{ cm}$?

