



Optique

TD 03 Interférences par division
d'amplitude : Interféromètre de Michelson —
Corrigé

I Exercices d'application

Exercice n°1 Michelson en lame d'air 🎵

Considérons un interféromètre de Michelson réglé de telle sorte que l'on observe des anneaux avec une source étendue monochromatique ($\lambda = 600 \text{ nm}$). On souhaite observer ces anneaux sur un écran en utilisant une lentille convergente $\mathcal{L}$ placée à la sortie de l'interféromètre.

R1. Préciser la position relative des miroirs.

Solution: L'interféromètre de Michelson doit être réglé en lame d'air pour qu'on puisse observer des anneaux.

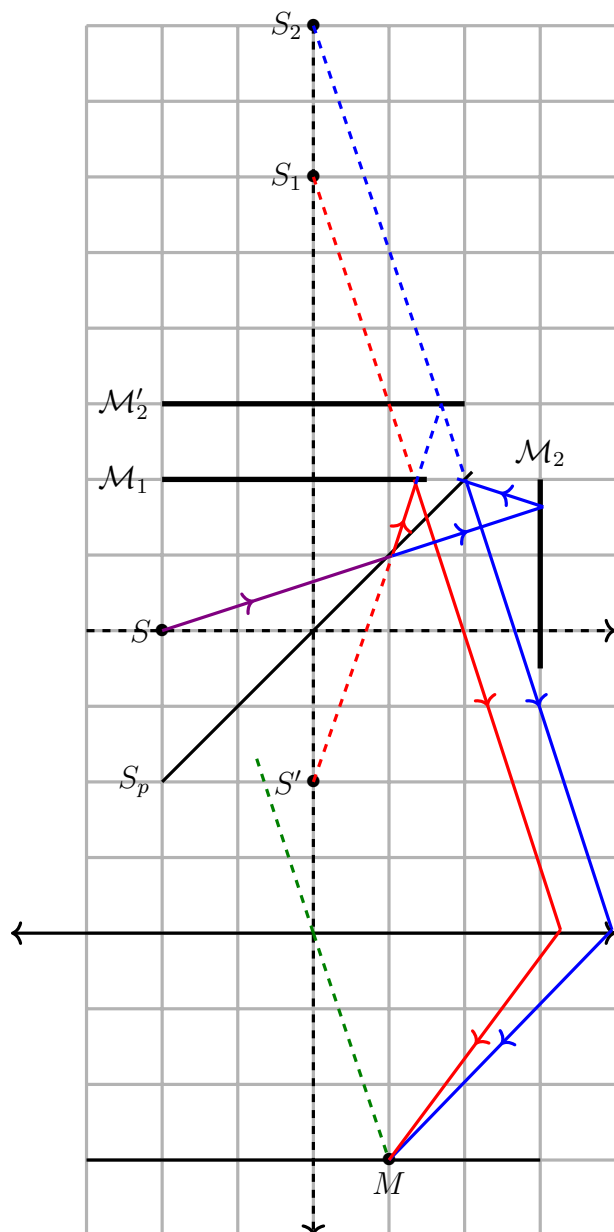
R2. Comment l'écran doit-il être placé par rapport à la lentille pour observer les interférences les mieux contrastées ?

Solution: Les interférences sont localisées à l'infini, donc pour les observées bien contrastées, il faut placer l'écran dans le plan focal image de la lentille convergente pour y faire converger les rayons issus de l'interféromètre.

On considère la famille de rayons issus de la source arrivant sur l'interféromètre avec un angle d'incidence i . On note n_0 l'indice de l'air.

R3. Établir l'expression de la différence de marche pour ces rayons.

Solution: Cf cours



Distance entre les deux sources fictives : $S_1 S_2 = 2e$.

$$\begin{aligned}\delta(M) &= (SM)_2 - (SM)_1 \\ &= (S'M)_2 - (S'M)_1 \\ &= (S_2M) - (S_1M) \\ &= (S_2H) + (HM) - (S_1M)\end{aligned}$$

Le segment $[HS_1]$ est perpendiculaire aux rayons émergents du Michelson, donc d'après le théorème de Malus, H et S_1 appartiennent au même plan d'onde relatif à une source fictive qui serait placée en M , donc $(MH) = (MS_1)$.

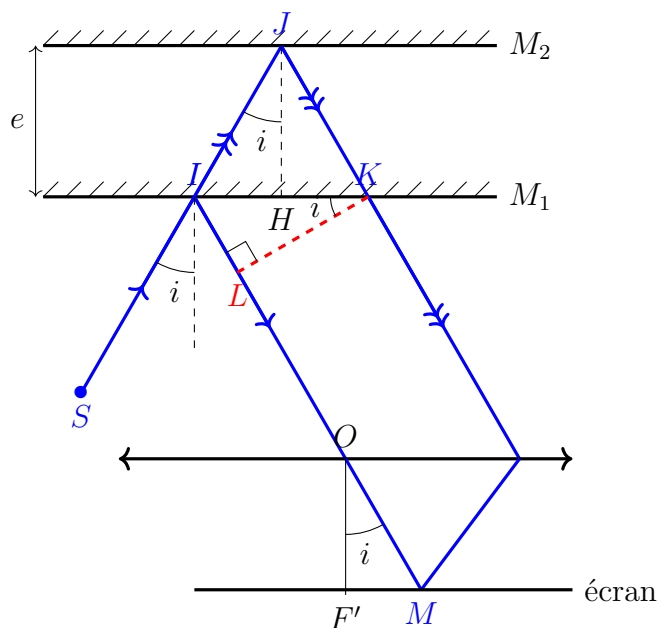
Par principe du retour inverse de la lumière, $(HM) = (S_1M)$.

Ainsi $\delta(M) = (S_2H) = n_0 S_2H$

Dans le triangle rectangle S_1HS_2 rectangle en H , $\cos(i) = \frac{S_2H}{S_1S_2}$, soit $S_2H = 2n_0e \cos(i)$.

Ainsi $\delta(M) = 2n_0 e \cos(i)$

OU (autre méthode)



$$\begin{aligned}
 \delta(M) &= (SM)_1 - (SM)_2 \\
 &= (S'M)_1 - (S'M)_2 \\
 &= (S'I) + (IQ_1) + (Q_1J) + (JM) - \{(S'I) + (IK) + (KM)\} \\
 &= (IQ_1) + (Q_1J) + (JM) - (IK) - (KM)
 \end{aligned}$$

Or J et K appartiennent au même plan d'onde relatif à M , donc d'après le théorème de Malus et le principe du retour inverse de la lumière, $(JM) = (KM)$

De plus, dans l'air $n = 1$, et $IQ_1 = Q_1J$

Ainsi : $\delta(M) = 2IQ_1 - IK$

$$\cos(i) = \frac{e}{IQ_1}, \text{ donc } IQ_1 = \frac{2e}{\cos(i)}$$

$$\text{Dans le triangle } IJK : \sin(i) = \frac{IK}{IJ}, \text{ donc } IK = \sin(i) \times 2IH = 2e \tan(i) \sin(i)$$

Ainsi

$$\begin{aligned}
 \delta(M) &= \frac{2e}{\cos(i)} - 2e \tan(i) \sin(i) \\
 &= \frac{2e}{\cos(i)} (1 - \sin^2(i)) \\
 &= \frac{2e}{\cos(i)} \cos^2(i)
 \end{aligned}$$

Soit $\boxed{\delta(M) = 2e \cos(i)}$

R4. Montrer que tous ces rayons convergent en un même point de l'écran dont on exprimera la distance r par rapport à l'axe optique en fonction de la focale f' de la lentille et de i .

Solution: Rayon de l'anneau issu des rayons incidents faisant un angle d'incidence i : $r = \tan(i)f'$.

R5. On dispose de lentilles de distance focale 10, 50 et 100 cm. Laquelle donne la figure d'interférences la plus grande ?

Solution: Ces rayons sont proportionnels à f' , il est donc préférable de choisir la lentille de plus grande focale.

Partant du contact optique, on translate l'un des miroirs de $5\text{ }\mu\text{m}$.

R6. Quel est l'ordre d'interférence au centre de la figure ?

Solution: La lame d'air est d'épaisseur : $e = 5 \text{ } \mu\text{m}$

Ordre d'interférence en un point M de la figure d'interférence : $p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda} = \frac{2e \cos(i)}{\lambda}$

Au centre de la figure d'interférence : $p_{\text{centre}} = \frac{2e}{\lambda} = 16,67\dots$

R7. Quel est l'ordre de l'anneau brillant de plus petit rayon que l'on observe sur l'écran ? En déduire son rayon, ainsi que celui de l'anneau brillant suivant.

Solution: L'ordre d'interférence est décroissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre de l'écran. L'ordre d'interférence du premier anneau brillant est donc l'entier juste inférieur à l'ordre au centre de la figure, soit : $p_1 = 16$.

Or $\cos(i) \approx 1 - \frac{i^2}{2}$ et $\tan(i) \approx i$, donc $p(M) = \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{i^2}{2}\right) = \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{r^2}{2f^2}\right)$

Le premier anneau brillant est donc de rayon : $r_1 = f' \sqrt{2 - \frac{\lambda p_1}{e}} = 28 \text{ cm}$

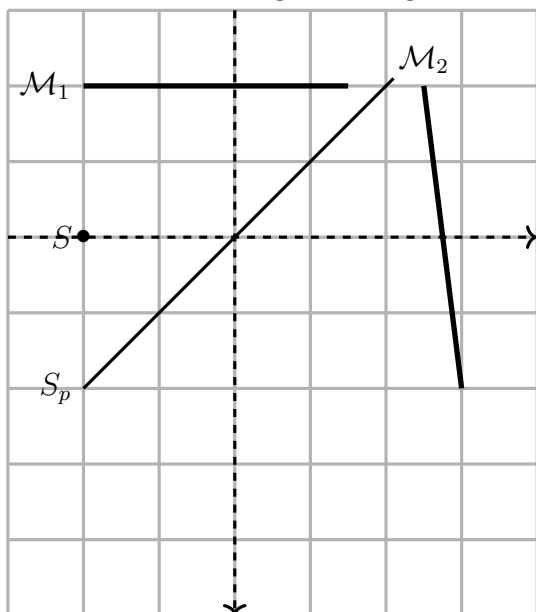
L'anneau suivant est d'ordre d'interférence $p_2 = p_1 - 1 = 15$, et de rayon $r_2 = f' \sqrt{2 - \frac{\lambda p_2}{e}} = 45 \text{ cm}$

Exercice n°2 Mesure de l'angle du coin d'air 🎵

Considérons un interféromètre de Michelson réglé de telle sorte que l'on observe des franges rectilignes avec une source étendue monochromatique ($\lambda = 600 \text{ nm}$). On dispose d'un laser, d'un condenseur, de polariseurs, de diaphragmes à iris, d'un écran, et de lentilles convergentes.

R1. Schématiser le montage permettant d'obtenir des franges rectilignes lumineuses. Où les franges sont-elles observables ? Pourquoi parle-t-on de « franges localisées » ?

Solution: Les franges rectilignes s'observent avec un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air :



Les franges sont observables à proximité du miroir $\mathcal{M}_1$. Elles ne sont pas observables ailleurs, on dit qu'elles sont localisées. Pour les observer il faut placer une lentille convergente en sortie de l'interféromètre pour faire l'image des miroirs sur l'écran.

- R2. La distance entre les miroirs et l'écran est égale à 1,80 m. Quelle est la valeur maximale de la distance focale utilisable ?

Solution: La distance miroir-écran doit être supérieure à $4f'$, par conséquent $f' < \frac{1,80}{4} = 45 \text{ cm}$

- R3. On désire que l'interfrange sur l'écran soit dix fois plus grand que celui obtenu sur le miroir. Déterminer la distance focale à utiliser.

Solution: D'après la relation de conjugaison de Descartes : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

Or d'après la relation de grandissement : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -10$ (image agrandie de 10 fois, mais inversée), donc $\overline{OA'} = -10\overline{OA}$

Ainsi $\frac{-11}{10\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$, soit $f' = -\frac{10\overline{OA}}{11}$

De plus $D = \overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = -\overline{OA} - 10\overline{OA} = -11\overline{OA}$, donc $\overline{OA} = -\frac{D}{11}$

Ainsi $f' = \frac{10D}{121} = 14,9 \text{ cm}$

- R4. On mesure sur l'écran un interfrange de 1 cm. En déduire la valeur de α .

Solution: Interfrange sur l'écran : $i' = 1 \text{ cm}$.

Sur les miroirs : $i = \frac{i'}{|\gamma|} = 1 \text{ mm}$

Or l'ordre d'interférence vaut en un point d'abscisse x des miroirs : $p(x) = \frac{2x\alpha}{\lambda_0}$

L'interfrange $i = \Delta x$ tel que $\Delta p = 1$, soit $1 = \frac{2i\alpha}{\lambda_0}$, donc $i = \frac{\lambda_0}{2\alpha}$

Ainsi $\alpha = \frac{\lambda_0}{2i} = 3.10^{-4} \text{ rad}$

Exercice n°3 Écart spectral du doublet du sodium 🎵 🎵

La lampe à vapeur de sodium émet principalement un doublet jaune (couleur de la lampe allumée). On note $\lambda_m = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ la valeur moyenne de la longueur d'onde du doublet et $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ l'écart entre les longueurs d'onde de chaque raie.

R1. Rappeler les conditions d'éclairage du Michelson et d'observation des interférences dans la configuration « lame d'air ». Décrire les franges à l'écran.

Solution:

R2. Donner l'ordre d'interférence pour une radiation monochromatique λ_0 au centre de la figure d'interférence.

Solution:

R3. Lorsque l'on translate le miroir mobile, on observe un brouillage de la figure d'interférence périodique près du centre. Expliquer.

Solution: Les deux radiations du doublet du sodium sont de longueurs d'onde différentes, donc elles n'interfèrent pas. La figure d'interférence est donc la superposition des deux figures d'interférence obtenues avec chaque radiation.

Les brouillages sont observés quand les anneaux lumineux de l'une correspondent aux anneaux sombres de l'autre.

$$\text{Or } \Delta p(M) = p_{\lambda_1}(M) - p_{\lambda_2}(M) = 2e \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = 2e \frac{\Delta\lambda}{\lambda_m^2}$$

À chaque fois qu'il vaut un 1/2 entier, il y a brouillage de la figure. Lors de la translation du miroir cela arrive dès que $(2m+1)\frac{1}{2} = 2e_m \frac{\Delta\lambda}{\lambda_m^2}$, soit $e_m = (2m+1) \frac{\lambda_m}{4\Delta\lambda}$, c'est-à-dire périodiquement.

Du même côté de la teinte plate, les positions du miroir mobile $d = 3,24$ mm et $d' = 4,11$ mm correspondent à des brouillages. Entre ces deux positions, on comptabilise deux autres brouillages.

On note Δe le déplacement du miroir entre deux brouillages successifs.

R4. Exprimer Δe .

Solution: Les brouillages sont périodiques de période Δe , donc $d' - d = 3\Delta e$, soit $\Delta e = \frac{d' - d}{3}$

R5. 🎵 🎵 En déduire l'écart spectral $\Delta\lambda$ du doublet jaune du sodium, sachant que la longueur d'onde moyenne est de $\lambda_m = 589,3$ nm.

Solution: Chaque brouillage correspond à une situation où l'écart entre l'ordre d'interférence de λ_1 et celui de λ_2 est un demi-entier. Le premier correspond à $\Delta p(M) = p_{\lambda_1} - p_{\lambda_2} = \frac{1}{2}$, le dernier brouillage à

$$\Delta p(M) = p_{\lambda_1} - p_{\lambda_2} = \frac{7}{2} \text{ (2 autres brouillages entre temps obtenus pour } 3/2 \text{ et } 5/2).$$

$$\text{Ainsi } 3 = 2 \times 3\Delta e \frac{\Delta\lambda}{\lambda_m^2}, \text{ donc } \Delta\lambda = \frac{\lambda_m^2}{2\Delta e} = 0,6 \text{ nm}$$

R6. Pourquoi ne pas avoir considéré deux brouillages successifs ?

Solution: Les écarts sont très faibles, le fait de considérer plusieurs brouillages permet de gagner en précision

II Exercices d'approfondissement

Exercice n°4 Mesure de la longueur de cohérence d'une raie 🎵 🎵

Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air afin d'observer des anneaux dans le plan focal image d'une lentille convergente ($\mathcal{L}$). Une photodiode placée au foyer image F' de ($\mathcal{L}$) permet de réaliser un interférogramme, c'est-à-dire un enregistrement de l'intensité lumineuse au centre F' des anneaux en fonction de la différence de marche δ en F' . On fait varier δ sur un intervalle centré sur le contact optique et suffisamment étendu pour observer le brouillage de la figure d'interférences de part et d'autre du contact optique. L'interféromètre est éclairé par la raie verte d'une lampe à vapeur de mercure (elle est filtrée par un filtre de bande passante supérieure à la largeur de la raie).

R1. Le miroir $\mathcal{M}_2$ de l'interféromètre est disposé sur un chariot permettant sa translation suivant $\vec{u}_x$ et nous notons x la position de $\mathcal{M}_2$, $x = 0$ correspondant au contact optique.

Exprimer δ en fonction de x .

Solution: Au centre de l'interféromètre, les rayons arrivent parallèlement à l'axe optique de la lentille, c'est-à-dire avec un angle nul, donc ils arrivent sur les miroirs orthogonalement, donc $\delta = 2x$.

1000 franges brillantes défilent lors d'un déplacement $x_m = 273 \mu\text{m}$ de $\mathcal{M}_2$ depuis le contact optique et les franges se brouillent lorsque le déplacement de $\mathcal{M}_2$ excède la valeur $x_{\max} = 0,15 \text{ mm}$.

R2. Déterminer la longueur d'onde moyenne λ_v de la raie.

Solution: Les franges brillantes sont telles que $\delta = 2x = j\lambda_v$, où j est un entier.

Pour 1000 franges brillantes : $2x_m = 1000\lambda_v$, donc $\lambda_v = \frac{2x_m}{1000} = 546 \text{ nm}$

R3. En appliquant un critère semi-quantitatif à préciser, évaluer la largeur spectrale $\Delta\lambda_v$ de la raie.

Solution: Il y a brouillage pour $\Delta p = |p_{\max} - p_{\text{centre}}| > \frac{1}{2}$, à la limite (au début du brouillage) :

$$\begin{aligned} \Delta p = |p_{\max} - p_{\text{centre}}| &= \frac{1}{2} \\ \frac{2x_{\max}}{\lambda_{\min}} - \frac{2x}{\lambda_v} &= \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\lambda_v - \frac{\Delta\lambda_v}{2}} - \frac{1}{\lambda_v} &= \frac{1}{4x_{\max}} \\ \frac{\Delta\lambda_v/2}{\left(\lambda_v - \frac{\Delta\lambda_v}{2}\right)\lambda_v} &= \frac{1}{4x_{\max}} \\ \frac{\Delta\lambda_v/2}{\lambda_v^2} &= \frac{1}{4x_{\max}} \\ \Delta\lambda_v &= \frac{\lambda_v^2}{2x_{\max}} \end{aligned}$$

A..N : $\Delta\lambda_v = 0,99 \text{ nm}$

R4. Relier la longueur de cohérence temporelle ℓ_c à $x_{\max}$. En déduire la longueur de cohérence de la source.

Solution: $L_c = c\tau_c = \frac{c}{\Delta\nu}$, or $\nu = \frac{c}{\lambda}$, soit $d\nu = -c\frac{d\lambda}{\lambda^2}$, donc $\Delta\nu = \frac{c\Delta\lambda_v}{\lambda_v^2}$

Ainsi $L_c = \frac{\lambda_v^2}{\Delta\lambda_v} = 2x_{\max} = 0,30 \text{ mm}$

On peut aussi utiliser le fait que les interférences sont visibles en M tant que $\delta(M) < L_c$, or $\delta = 2x$, donc elles sont visibles tant que $2x < L_c$.

Exercice n°5 Épaisseur d'un film alimentaire 🎵 🎵

On dispose d'un interféromètre de Michelson réglé en configuration lame d'air éclairé par une source de lumière blanche.

R1. Décrire le dispositif, notamment l'allure des franges d'interférences et la façon de les observer.

Solution: Cf cours

On règle le Michelson au contact optique, puis on insère dans l'un des bras de l'interféromètre un film alimentaire tendu, assimilé à une lame à faces parallèles d'épaisseur e faite d'indice $n = 1,5$.

R2. L'écran apparaît blanc dans les deux cas, cependant lorsqu'on observe le spectre en présence de la lame l'intensité est nulle pour certaines longueurs d'ondes. Expliquer.

Solution: En l'absence de film alimentaire il s'agit d'un blanc d'ordre 0, toutes les radiations de la lumière blanche interfèrent constructivement puisque la différence de marche vaut 0, indépendamment de la longueur d'onde.

L'introduction du film alimentaire introduit une différence de marche $\delta = 2(n-1)e$ (l'un des faisceaux traverse deux fois l'épaisseur $2ne$, l'autre traverse la même épaisseur $2e$ mais dans l'air. Certaines radiations interfèrent destructivement, celles de longueurs d'onde λ telles que $2(n-1)e = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$. À l'œil l'écran apparaît blanc mais c'est un blanc d'ordre supérieur, dans lequel il manque quelques radiations.

R3. Montrer que les longueurs d'onde absentes du spectre sont reliées à la différence de marche δ par

$$\lambda = \frac{2}{2j+1}\delta \quad \text{avec} \quad j \in \mathbb{N}$$

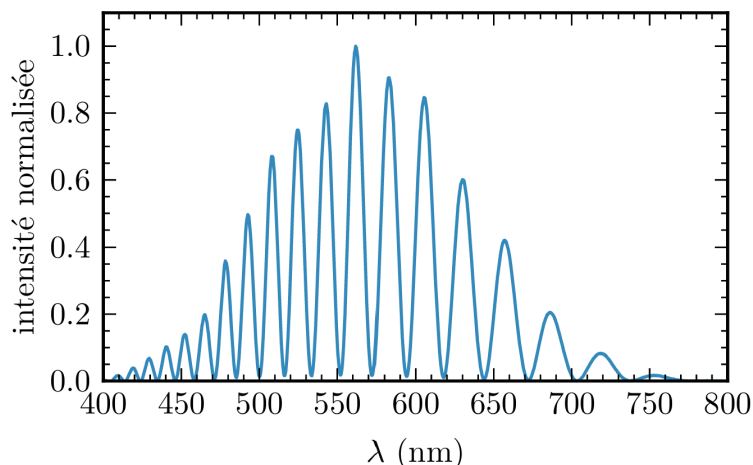
Solution: λ absente est telle que $\delta = (2j+1)\frac{\lambda}{2}$, soit $\boxed{\frac{1}{\lambda} = \frac{2j+1}{2} \times \frac{1}{\delta}}$, avec $j \in \mathbb{N}$

R4. 🎵 🎵 🎵 On enregistre le spectre au centre de la figure d'interférences (cf ci-contre).
En déduire l'épaisseur e du film alimentaire.

Solution: Pour cela, on peut relever les valeurs des λ pour lesquelles l'intensité s'annule, et les rangs (numérotés à partir d'un entier k_0). On représente $\frac{1}{\lambda}$ en fonction de l'entier, $\frac{1}{2(n-1)e}$ est la pente, et on peut remonter à la valeur de e .

On peut aussi compter 20 annulations entre $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 800 \text{ nm}$

$$\text{Soit } e = \frac{10}{n-1} \times \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}} = 16 \text{ } \mu\text{m}$$



Exercice n°6 Mesure d'un indice optique 🎵 🎵

Un interféromètre de Michelson est réglé de façon à observer des franges rectilignes avec une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 589$ nm. Sur les deux voies, le faisceau traverse une cuve dont la longueur intérieure est $\ell = 1,00$ cm. Un détecteur mesure l'éclairement en un point fixe du champ d'interférences.

Initialement, la cuve est vide, et le détecteur est placé sur un maximum d'éclairement. On fait entrer l'air dans la cuve, jusqu'à ce que la pression soit égale à la pression atmosphérique. On voit défiler alternativement 10 franges noires et 9 franges claires, et le détecteur indique finalement un éclairement égal à la moitié de l'éclairement maximal.

On note n_0 l'indice optique de l'air à pression ambiante, et n l'indice optique de l'air à une pression plus faible et δ la différence de marche en l'absence de la cuve.

R1. Comment est réglé l'interféromètre de Michelson ? Où sont localisées les interférences ? Comment les observer ? Comment faut-il placer le détecteur ?

Solution:

R2. Exprimer la différence de marche δ' quand on est en train de faire le vide en fonction de δ , ℓ , n et n_0 .

Solution: La différence de marche supplémentaire par rapport au coin d'air vient de la différence entre la traversée deux fois de la cuve remplie d'air à pression ambiante d'indice n_0 dans l'un des bras alors que dans l'autre bras le rayon traverse deux fois la cuve d'air à une pression inférieure.

Ainsi $\delta'(M) = \delta(M) + 2\ell(n_0 - n)$

R3. Exprimer la variation de l'ordre d'interférence entre le début et la fin de l'expérience en fonction de ℓ , λ_0 et $n_0 - 1$.

Solution: À la fin, la différence de marche vaut $\delta'(M) = \delta(M)$ (air à la même pression dans les deux cuves) est ni entière ni demi-entière.

Elle a donc varié de $\Delta\delta'(M) = 2\ell(n_0 - 1)$, soit $\Delta p(M) = \frac{2\ell(n_0 - 1)}{\lambda_0}$

R4. 🎵 🎵 🎵 Déterminer un encadrement (numérique) de la variation de l'ordre d'interférence en un point M de l'écran.

Solution: Initialement, $p_i(M) = j$, avec $j \in \mathbb{Z}$

Sur la 9^e frange claire $p(M) = j + 9$ et sur la 10^e frange sombre $p(M) = j + 9,5$.

À la fin, on peut en déduire que p est compris entre $j + 9,5$ et $j + 10$, donc sa variation est comprise entre 9,5 et 10.

R5.  Déterminer l'écart entre l'indice de l'air et l'indice du vide.

Solution:

Ainsi $9,5\lambda_0 < 2\ell(1 - n_0) < 10\lambda_0$, soit $\frac{9,5\lambda_0}{2\ell} < n_0 - 1 < \frac{10\lambda_0}{2\ell}$

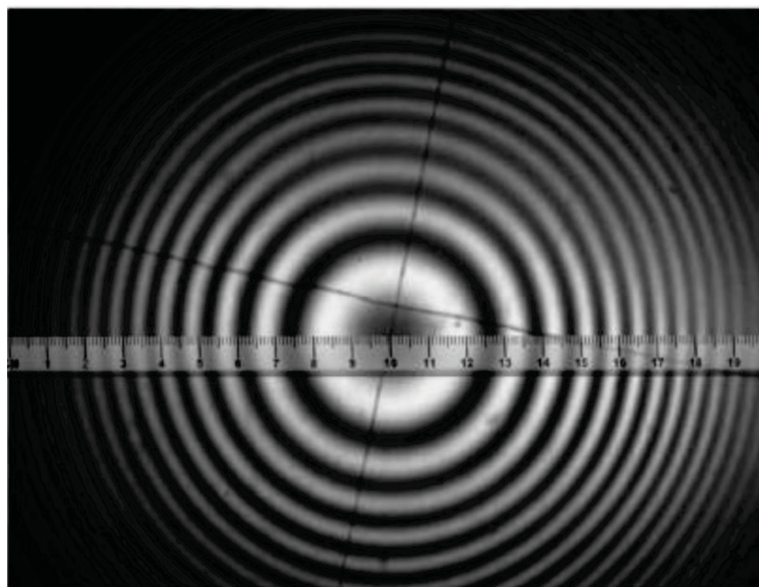
Ainsi $n_0 - 1 \in [2,80 \cdot 10^{-4}, 2,95 \cdot 10^{-4}]$

III Résolutions de problème

Exercice n°7 Épaisseur de la lame d'air 

Un interféromètre est éclairé en lumière monochromatique, la raie verte du mercure de longueur d'onde $\lambda = 546 \text{ nm}$.

Déterminer l'épaisseur de la lame d'air.



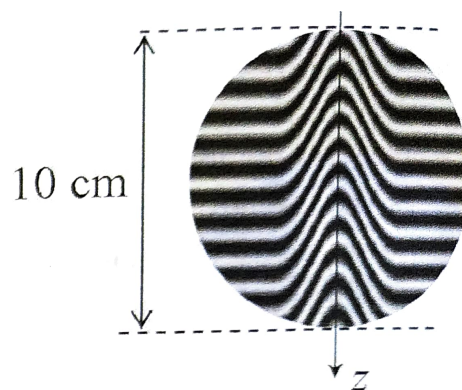
Solution: Étapes :

- Établir / Donner l'ordre d'interférence en lame d'air : $p = \frac{2e \cos(i)}{\lambda}$
- Établir les rayons des anneaux en fonction de l'ordre d'interférence (cf cours : $r = f' \tan(i) \approx f'i + p \approx \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{i^2}{2}\right)$ + combinaison des 2), soit $p = \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{r^2}{2f'^2}\right)$
- Mesurer les anneaux des premiers anneaux lumineux (à l'aide de la règle, en lisant les diamètres) :
 $R_1 = 1,5 \text{ cm}$; $R_2 = 4,3 \text{ cm}$; $R_3 = 5,1 \text{ cm}$, ...
 Entre deux anneaux lumineux successifs, l'ordre d'interférence varie de 1 (diminution de 1 du premier au deuxième) : $p_1 - p_2 = 1 = \frac{2e}{\lambda} \left(\frac{r_2^2}{2f'^2} - \frac{r_1^2}{2f'^2}\right)$, soit $e = \frac{\lambda f'^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{\lambda f'^2}{r_3^2 - r_2^2} = \dots$
- On peut aussi noter que l'ordre d'interférence pour le n^e anneau lumineux : $p = \lfloor p_{\max} \rfloor - n$
 Ainsi $r_n^2 = f'^2 \left(2 - \frac{(\lfloor p_{\max} \rfloor - n)\lambda}{e}\right)$, on peut donc tracer r_n^2 en fonction de n , et déterminer la pente $-\frac{f'^2 \lambda}{e}$ pour remonter à e (moyennant la connaissance de f' ...).

Exercice n°8 Jet de gaz 🎵 🎵 🎵

À l'aide d'un briquet non allumé, on réalise un jet de gaz d'indice n_g au voisinage d'un des miroirs de l'interféromètre de Michelson réglé en coin d'air. La figure ci-contre représente les interférences obtenues avec une source étendue en lumière monochromatique de longueur d'onde 589 nm, dans des conditions telles que l'épaisseur du coin d'air augmente avec z . La projection sur l'écran est réalisée avec une lentille de distance focale $f' = 20$ cm, placée à la distance $D = 1,2$ m de l'écran.

Déterminer l'indice n_g du gaz.



Données

Indice de l'air : $n_{\text{air}} = 1,000\,29$

Solution:

1. Les interférences sont localisées au voisinage des miroirs, ce sont des franges rectilignes d'interfrange

$$i = \frac{\lambda}{2\alpha n_{\text{air}}}$$

2. Le jet de gaz modifie la différence de marche.

La différence de marche due à la traversée du gaz (dans un seul des deux bras du Michelson) est de $\delta_g = 2(n_g - n_{\text{air}})d$ où d est la largeur du jet de gaz.

$$\text{Ainsi } \delta' = \delta + \delta_g = 2n_{\text{air}}\alpha x + 2(n_g - n_{\text{air}})d$$

3. Au niveau du jet de gaz, on observe le décalage des franges lumineuses de 3 interfranges, donc la variation d'un ordre d'interférence de 3 (entre à côté du gaz, et au niveau du gaz).

$$4. \Delta p = p' - p = \frac{2(n_g - n_{\text{air}})d}{\lambda} = 3$$

5. Il nous faut déterminer la largeur d' du jet de gaz visualisé sur l'écran de projection, à l'aide de l'échelle :

$$d' = \frac{0,7}{1,8} \times 10 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$$

6. La lentille agrandit la figure d'interférence : $d' = |\gamma|d$, avec $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$, or d'après la relation de conjugaison

$$\text{de Descartes } \overline{OA} = \frac{f'\overline{OA'}}{f' - \overline{OA'}}, \text{ avec } \overline{OA'} = D, \text{ ainsi } \gamma = \frac{f' - D}{f'} < 0, \text{ donc } |\gamma| = \frac{D - f'}{f'}$$

$$d = \frac{f'}{D - f'} d' = 0,8 \text{ cm}$$

7. Conclusion : $n_g - n_{\text{air}} = \frac{3\lambda}{2d} = 1,1104 \cdot 10^{-4}$, d'où $n_g = 1,00040$

Exercice n°9 Teinte d'une flaque d'huile 🎵 🎵 🎵

Une goutte d'huile est déposée sur une flaque d'eau. Elle s'étale en surface et forme une mince couche dont on supposera l'épaisseur e constante. L'indice de réfraction de l'huile est $n = 1,5$ supérieur à celui de l'eau (1,33). Un observateur regarde un reflet du Soleil, en se plaçant quasiment à la verticale de cette flaque, il observe une teinte magenta (teinte complémentaire du vert).

Estimer l'épaisseur e minimale de la couche d'huile donnant cette teinte. Commenter.

Données —

- Dans le cas d'une réflexion sur un milieu plus réfringent l'onde subit un déphasage de π .
- Il n'y a pas de déphasage dans le cas d'une réflexion sur un milieu moins réfringent ou lors d'une transmission.



Solution: