

TD interféromètre de Michelson

I. Nombre d'anneaux sur l'écran

Soit un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air d'épaisseur e . La source est étendue, monochromatique, de longueur d'onde λ . On utilise pour réaliser le montage deux lentilles de focales $f'_1 = 10 \text{ cm}$ et $f'_2 = 50 \text{ cm}$. Données: $e = 0,50 \text{ mm}$ et $\lambda = 655 \text{ nm}$.

1. Représenter le montage expérimental en précisant le rôle et le choix des lentilles. Où sont localisées les franges? Où doit-on placer l'écran?
2. L'écran est un carré de côté $a = 10,0 \text{ cm}$ dont le centre correspond au centre de la figure d'interférences. Combien peut-on voir de franges brillantes sur l'écran?

Réponses: 1- $f'_1 = 10 \text{ cm}$ près de la source et l'écran dans le plan focal de la lentille de focale $f'_2 = 50 \text{ cm}$ 2- $p_{max} = 1526,7$ et $p_{min} = 1519,1, 7$ franges brillantes

II. Rayon d'un anneau sur l'écran

Soit un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air d'épaisseur e . On observe les franges à l'aide d'une lentille de focale f' .

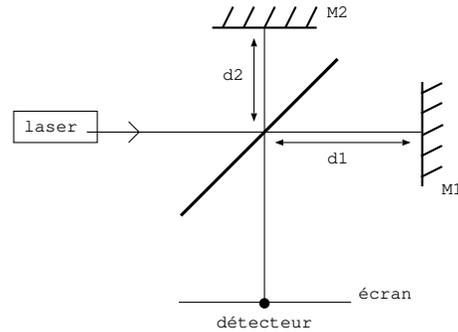
1. Représenter le Michelson en faisant figurer la lame d'air et construire le trajet des rayons qui interfèrent en M sur l'écran en utilisant un schéma équivalent.
2. Calculer le rayon du 4ième anneau brillant. Données: $e = 496 \mu\text{m}$, $f' = 70,0 \text{ cm}$ et $\lambda = 632 \text{ nm}$.

Réponse: $r_4 = 4,7 \text{ cm}$

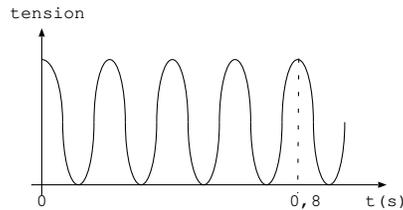
III. Mesure de l'indice de l'air

Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air. Il est éclairé par un laser en incidence normale.

1. A l'instant initial, le Michelson est réglé au contact optique. Que peut-on en déduire sur les distances d_1 et d_2 ?



2. On place au centre de l'écran un détecteur qui délivre une tension proportionnelle à l'intensité lumineuse. On chariote le miroir M_1 à la vitesse $v = 1,58 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. On donne la courbe représentant la tension aux bornes du détecteur en fonction du temps. Mesurer sur la courbe la période des oscillations et préciser à quoi correspondent les maxima et les minima d'intensité.



Exprimer la différence de marche puis l'ordre d'interférence en fonction de t , λ et v . Déduire de la période des oscillations la valeur numérique de λ .

3. On règle à nouveau le Michelson au contact optique et on met deux cuves C_1 devant M_1 et C_2 devant M_2 de longueur $l = 5 \text{ cm}$ remplies initialement d'air d'indice n . On vide progressivement la cuve C_2 et on observe 46 franges brillantes défiler au centre de l'écran lorsque l'on passe de la pression atmosphérique au vide dans C_2 . Le centre de l'écran se trouve à la fin sur une frange sombre. En déduire l'indice n de l'air. Donnée: $\lambda = 632 \text{ nm}$

Réponses: 1- $\lambda = 632 \text{ nm}$ 2- $n - 1 = 2,9 \cdot 10^{-4}$

IV. Exploitation d'une courbe intensité

Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air. On donne la courbe 1 représentant l'intensité sur l'écran en fonction de r en centimètre (r : distance entre M et le centre C de l'écran). Données: $f' = 50 \text{ cm}$ et $\lambda = 632 \text{ nm}$.

1. Déduire de cette courbe les rayons des 2^{ème} et 4^{ème} anneaux brillants de rayons non nuls et le rayon du 1^{er} anneau sombre.

2. On note p_k l'ordre d'interférences du k ème anneau brillant et p_0 l'ordre d'interférence en C . Que peut-on dire de p_0 d'après la courbe? En déduire l'expression de p_k en fonction de p_0 et k .

3. On note r_k le rayon du k ème anneau brillant. Montrer que dans l'approximation des petits angles on a

$$r_k = f' \sqrt{\frac{2k}{p_0}}$$

4. Déduire de la courbe la valeur numérique approchée de p_0 et l'épaisseur e de la lame d'air pour $\lambda = 632 \text{ nm}$.

5. On chariote le miroir mobile. Qu'observe-t-on si l'on augmente l'épaisseur e de la lame d'air? si l'on diminue e ?

Déduire de la courbe 2 donnant l'intensité en fonction de r après chariotage si l'on a augmenté ou diminué l'épaisseur e de la lame d'air par rapport à la situation de la courbe 1.

Réponses: $p_0 = 230$ et $e = 73 \mu\text{m}$

V. Michelson en coin d'air

Un Michelson est réglé en coin d'air avec $\alpha = 0,02^0$. Les miroirs plans ont pour diamètre $d = 2 \text{ cm}$. On place à 35 cm de M_1 une lentille convergente de focale image 30 cm . La source monochromatique a pour longueur d'onde λ . On rappelle: $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ et $\gamma = \frac{OA'}{OA}$. Donnée: $\lambda = 632 \text{ nm}$.

1. Rappeler la localisation et la forme des franges et le rôle de la lentille. Déterminer la distance la lentille et l'écran.

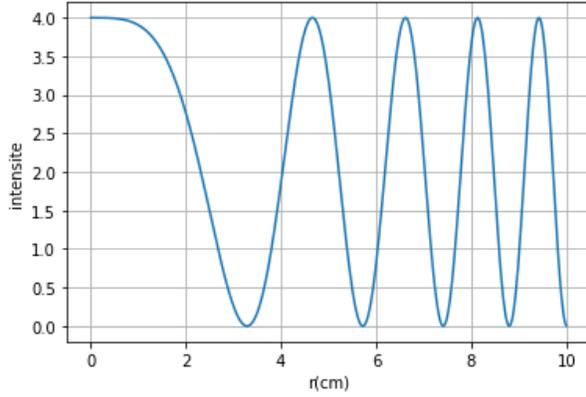
2. Calculer l'interfrange sur M_1 et l'interfrange sur l'écran. Calculer le nombre d'interfranges que l'on peut observer sur M_1 et sur l'écran.

3. On place sur l'un des bras du Michelson une lame de verre d'indice n et d'épaisseur e . On observe un déplacement de 11 franges brillantes. Calculer l'épaisseur de la lame. Donnée: $n = 1,6$.

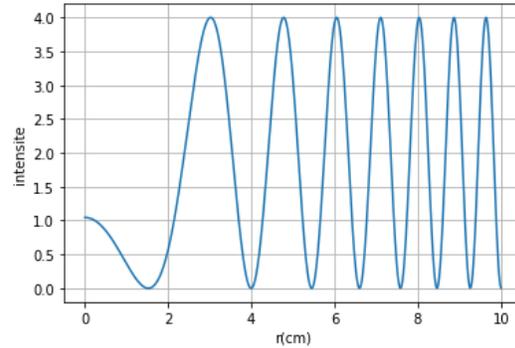
4. On retire la lame. Au cours du réglage du Michelson en lame d'air, on passe par une étape où on agrandit les franges du coin d'air pour n'en observer plus qu'une seule. Donner un ordre de grandeur de l'angle α du coin d'air (en seconde d'arc).

Réponses: 1- distance lentille-écran: 210 cm 2- interfrange sur le miroir $i_m = 0,90 \text{ mm}$, on voit ≈ 22 interfranges 3- $e = 58 \mu\text{m}$ 4- $\alpha = 3,2''$ d'arc

Courbe 1



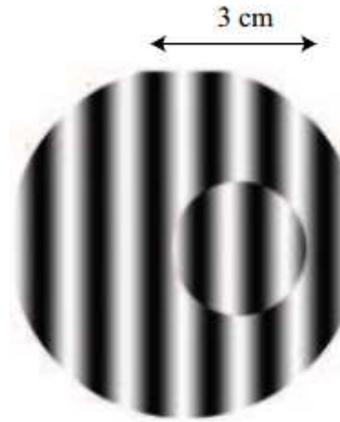
Courbe 2



VI. Défaut d'un miroir

Un interféromètre de Michelson est réglé pour observer les franges du coin d'air. Il est éclairé par une source étendue à l'infini. La figure d'interférences est projetée sur un écran à l'aide d'une lentille de distance focale $f' = 20 \text{ cm}$. la distance entre la lentille et l'écran est $D = 1,20 \text{ m}$. La lumière est monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$. On rappelle:

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \text{ et } \gamma = \frac{OA'}{OA}.$$



1. Où sont localisées les franges d'interférences ?
2. Exprimer puis calculer l'angle α entre les miroirs ?
3. Expliquer la présence d'un défaut sur l'un des miroirs et déterminer son épaisseur et son diamètre.

Réponses: 1- $\gamma = -3,8$ 2- $\alpha = 0,12 \text{ mrad}$ 3- épaisseur $e = 79 \text{ nm}$ et diamètre $0,64 \text{ mm}$

VII. Vernier

Lire la position du miroir donnée par la lecture des verniers:

