

TD 3 optique ondulatoire : correction

I. Résolution de l'oeil

1. Le Michelson est réglé en coin d'air donc les franges sont rectilignes et sont localisées sur les miroirs, on les observe sur l'écran en faisant l'image des miroirs sur l'écran grâce à une lentille. On observe sur l'écran, la même chose que ce que l'on voit sur les miroirs mais $|\gamma|$ fois plus grand. Ici $|\gamma| = \frac{D}{d} = 7$.

2. L'observateur voit les franges si l'interfrange sur l'écran est plus grand que le pouvoir de résolution de l'oeil soit $i_e > i_{limite} = 0,1 \text{ mm}$. Or $i_m = \frac{i_e}{|\gamma|} = \frac{\lambda}{2\alpha}$ soit $\alpha < \frac{|\gamma|\lambda}{2i_{limite}} = 21 \text{ mrad} = 21 \cdot 10^{-3} \frac{180}{\pi} = 1,2^\circ$.

II. Michelson en coin d'air

1. Le Michelson est réglé en coin d'air donc les franges sont rectilignes et sont localisées sur les miroirs, on les observe sur l'écran en faisant l'image des miroirs sur l'écran grâce à une lentille. On observe sur l'écran, la même chose que ce que l'on voit sur les miroirs mais $|\gamma|$ fois plus grand.

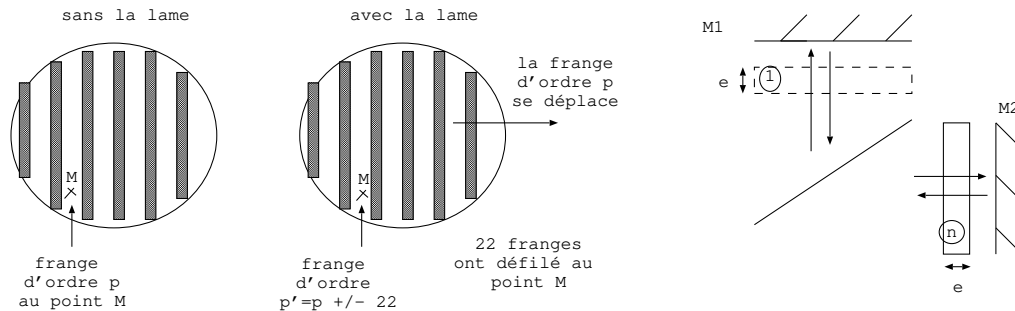
On a $\overline{OA} = -35 \text{ cm}$ et $f' = 30 \text{ cm}$, on en déduit $\overline{OA'} = \frac{f'\overline{OA}}{f' + \overline{OA}} = 210 \text{ cm}$.

2. Le grandissement du dispositif est $|\gamma| = \frac{210}{35} = 6$.

L'interfrange sur le miroir est $i_m = \frac{\lambda}{2\alpha}$ avec $\alpha = 0,02 \frac{\pi}{180} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ soit $i_m = 0,9 \text{ mm}$ et l'interfrange sur l'écran est $i_e = |\gamma|i_m = 5,4 \text{ mm}$.

Sur le miroir et sur l'écran on observe le même nombre d'interfranges $\frac{d}{i_m} = 22$.

3.



Soit un point M sur l'écran sur la frange d'ordre p . Quand on met la lame, la frange d'ordre p se déplace. Il y a 22 franges qui défilent en M donc l'ordre d'interférences en M devient $p' = p \pm 22$ soit $|p' - p| = 22$.

Or on sait que $\delta_{avec\ lame}(M) = \delta_{sans\ lame}(M) + \delta_{lame}$ avec $\delta_{lame} = \pm(2ne - 2e)$ (on ne sait pas si on fait chemin 2 moins chemin 1 ou l'inverse mais ce n'est pas grave car on ne sait pas dans quel sens les franges défilent).

On a donc après avoir divisé le chemin optique par λ : $p' = p \pm \frac{2ne - 2e}{\lambda}$ soit $|p' - p| = 22 = \frac{2ne - 2e}{\lambda}$. On en déduit $e = \frac{22\lambda}{2(n - 1)} = 92 \mu\text{m}$.

4. On ne veut voir plus qu'une seule frange brillante de largeur $d = \frac{i_m}{2}$ (j'ai pris $d = i_m/2$ car un interfrange est la distance entre deux franges donc j'admets qu'une frange brillante ou sombre a pour largeur la moitié d'un interfrange) soit $i_m = 4 \text{ cm} = \frac{\lambda}{2\alpha}$ donc $\alpha = 1,58 \cdot 10^{-5} \text{ rad} = 1,58 \cdot 10^{-5} \frac{180}{\pi} 3600 = 3,2''$ d'arc.

III. Nombre d'anneaux sur l'écran

1. En lame d'air on doit faire converger la lumière de la source sur les miroirs avec une lentille de petite focale.

On veut voir de gros anneaux, donc on utilise une lentille de grande focale en sortie du Michelson. Les franges sont localisées à l'infini, on les observe en mettant l'écran dans le plan focal image de la lentille.

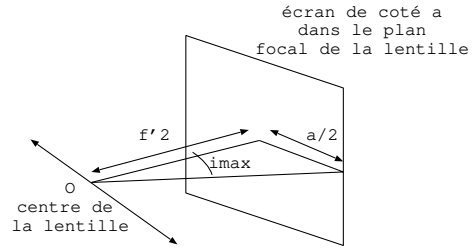
2. L'ordre d'interférences est maximal au centre:

$$p_0 = \frac{2e}{\lambda} = 1526,7.$$

L'ordre d'interférences est minimal au bord de l'écran (lorsque l'angle i est maximal): $p = p_0 \cos i =$

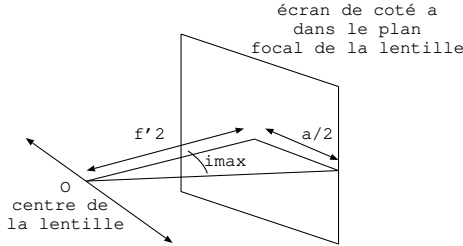
$$p_0 \frac{f'_2}{\sqrt{(f'_2)^2 + (a/2)^2}} = 1519,1.$$

On voit donc les anneaux d'ordre 1526, 1525, ..., 1519 soit un total de 7 anneaux brillants.



IV. Rayon d'un anneau

1.



2. On calcule l'ordre d'interférence au centre des anneaux soit $p_0 = \frac{2e}{\lambda} = 1569,6$ (le centre des anneaux est gris foncé). L'ordre d'interférence diminue quand on s'éloigne du centre des anneaux soit le premier anneau brillant a pour ordre $p_1 = 1569, \dots$ le 4ième anneau brillant a pour ordre $p_4 = 1566$.

On a $\tan i_4 = \frac{r_4}{f'} \approx i_4$ et $p_4 = p_0 \cos i_4 = p_0(1 - \frac{i_4^2}{2})$ soit $i_4 \approx \sqrt{2(1 - \frac{p_4}{p_0})}$. On a donc $r_4 = f' \sqrt{2(1 - \frac{p_4}{p_0})} = 4,7 \text{ cm}$.

V. Mesure de l'indice de l'air

1. A l'instant initial, le Michelson est réglé au contact optique, cela signifie que les chemins optiques des rayons réfléchis sur M_1 et sur M_2 sont les mêmes donc $d_1 = d_2$.

2. Quand le miroir M_1 se déplace, la différence de marche est modifiée et pour certains instants l'intensité en O est maximale, O est donc sur une frange brillante et pour d'autres instants l'intensité est minimale, O est sur une frange sombre.

$\delta_{1/2} = 2d_1(t) - 2d_2 = 2vt$ avec $d_1(t) = d_2 + vt$ (à $t = 0$, $d_1 = d_2$, la distance d_1 varie au cours du temps car on chariote le miroir mais la distance d_2 est constante) et $p(t) = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2vt}{\lambda}$.

Les franges brillantes correspondent à des ordres d'interférences entiers soit $p(t_k) = \frac{2vt_k}{\lambda} = k$ soit $t_k = \frac{k\lambda}{2v}$

d'où la période $T = t_{k+1} - t_k = \frac{\lambda}{2v}$.

AN: $\lambda = 2vT = 632 \text{ nm}$ avec $T = \frac{0,8}{4} = 0,2 \text{ s}$.

3. Quand les cuves sont remplies d'air toutes les deux, on est au contact optique donc l'ordre d'interférences en O est $p = 0$.

On vide la cuve C_2 donc $n_2 = 1$ (vide) et $n_1 = n$ indice de l'air. Il y a 46 franges qui défilent en O et O se trouve sur une frange sombre donc le nouvel ordre d'interférences en O est $p' = 46,5$ avec $p' = \delta_{1/2}(O) = \frac{2n_1l - 2n_2l}{\lambda} = \frac{2nl - 2l}{\lambda}$ soit $n - 1 = \frac{46,5\lambda}{2l} = 2,9 \cdot 10^{-4}$.

J'ai utilisé $\delta_{1/2}(O)$ pour avoir un nombre positif pour p' . On peut aussi utiliser $p' = \delta_{2/1}(O) = -46,5$.

