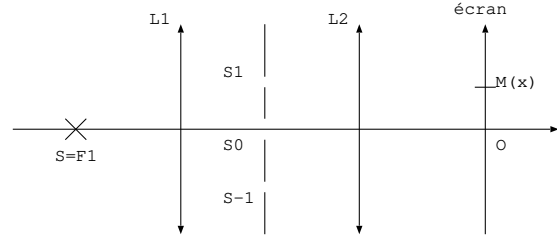


I. Interférences à 3 ondes

On considère le système interférentiel ci-contre, où S est une source monochromatique ponctuelle placée au foyer de L_1 . L'écran est placé dans le plan focal image de L_2 . S_0 , S_1 et S_{-1} sont trois fentes identiques distantes de a . On note f'_1 et f'_2 les focales images des lentilles.

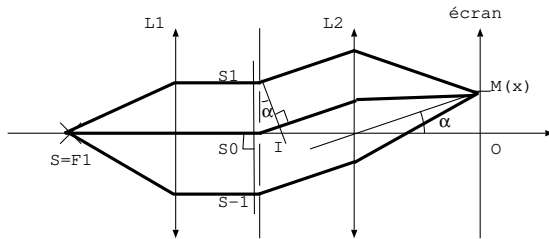


1. Construire les trois rayons issus de S qui interfèrent en M . Exprimer $\delta_{1/0}(M) = (SS_1M) - (SS_0M)$. En déduire sans calcul $\delta_{-1/0}(M) = (SS_{-1}M) - (SS_0M)$ et $\delta_{1/-1}(M) = (SS_1M) - (SS_{-1}M)$.
2. On note $s_0(M, t) = a_0 \cos(\omega t)$ et $s_1(M, t) = a_0 \cos(\omega t + \phi(M))$ l'amplitude des ondes au point M à l'instant t qui sont passées par S_0 et par S_1 . Exprimer $s_{-1}(M, t)$, l'amplitude de l'onde au point M à l'instant t qui est passée par S_{-1} . En déduire que l'amplitude de l'onde résultante est de la forme $s(M, t) = a_0 \cos(\omega t)(1 + 2 \cos \phi(M))$.
3. En déduire l'intensité au point M en fonction de I_0 , intensité des ondes $s_0(M, t)$, $s_1(M, t)$ et $s_{-1}(M, t)$.
4. Déterminer les valeurs de ϕ qui correspondent aux franges brillantes et l'intensité des franges brillantes. Déterminer la demi-largeur $\Delta\phi$ des franges brillantes.

Réponses: 1- $\delta_{1/0}(M) = \frac{-ax}{f'_2}$ 3- $I(M) = I_0(1 + 2 \cos \phi(M))^2$ 3- $\Delta\phi = \frac{2\pi}{3}$ et $I_{max} = 9I_0$

II. Correction

1.



$$\delta_{1/0} = (SS_1M) - (SS_0M) = (SS_1) + (S_1M) - (SS_0) - (S_0M) = -S_2I = -a \sin \alpha \approx -a\alpha \approx -\frac{ax}{f'}$$

car M se comporte comme une source par principe de retour inverse de la lumière.

Entre la source S et la surface d'onde S_1S_0 , le chemin optique est constant soit $(SS_1) = (SS_0)$.

Entre la source S et la surface d'onde S_1I , le chemin optique est constant soit $(S_1M) = (IM)$.

Par symétrie on a $\delta_{-1/0} = -\delta_{1/0}$.

On a aussi a $\delta_{1/-1} = \delta_{1/0} + \delta_{0/-1} = 2\delta_{1/0}$.

2. On note $s_0(M, t) = a_0 \cos(\omega t)$: l'onde passant par S_0 est donc prise comme origine des phases.

D'après l'énoncé, l'onde passant par S_1 est $s_1(M, t) = a_0 \cos(\omega t + \phi)$, soit déphasée de ϕ par rapport à S_0 .

On en déduit que l'onde passant par S_{-1} est $s_{-1}(M, t) = a_0 \cos(\omega t - \phi)$, soit déphasée de $-\phi$ par rapport à S_0 .

Les ondes sont cohérentes, l'amplitude en M est la somme des amplitudes des trois ondes soit $s(M, t) = a_0 \cos(\omega t) + a_0 \cos(\omega t + \phi) + a_0 \cos(\omega t - \phi) = a_0 \cos(\omega t) + a_0(\cos(\omega t) \cos \phi - \sin(\omega t) \sin \phi) + a_0(\cos(\omega t) \cos \phi + \sin(\omega t) \sin \phi) = a_0 \cos(\omega t)(1 + 2 \cos \phi)$.

3. L'intensité est égale à la valeur moyenne temporelle du carré de l'amplitude de l'onde soit $I(M) = K < s^2(M, t) > = K a_0^2 (1 + 2 \cos \phi)^2 < \cos^2(\omega t) > = \frac{K a_0^2}{2} (1 + 2 \cos \phi)^2 = I_0 (1 + 2 \cos \phi)^2$.

On a pu sortir $1 + 2 \cos \phi$ de la moyenne temporelle car la moyenne temporelle est une intégrale par rapport au temps et le terme $1 + 2 \cos \phi$ ne dépend pas du temps.

4. Les franges brillantes correspondent à une intensité maximale soit $\cos \phi = +1$ soit $\phi = 2k\pi$ avec k entier relatif (ce qui revient à dire que les ondes sont en phase pour avoir des interférences constructives).

Pour $\phi = 0$ on a une frange brillante, on cherche ϕ qui donne $I = 0$ soit $1 + 2 \cos \phi = 0$ ou encore $\cos \phi = \frac{-1}{2}$ et $\phi = \pm \frac{2\pi}{3}$. Pour une frange brillante on a $I_{max} = I_0(1 + 2)^2 = 9I_0$

La largeur d'une frange brillante est donc $+\frac{2\pi}{3} - \frac{-2\pi}{2} = \frac{4\pi}{3}$ et la demi largeur est $\Delta\phi = \frac{2\pi}{3}$.

On retrouve la propriété suivante: quand le nombre de fentes augmente, les franges brillantes sont plus fines et plus intenses.