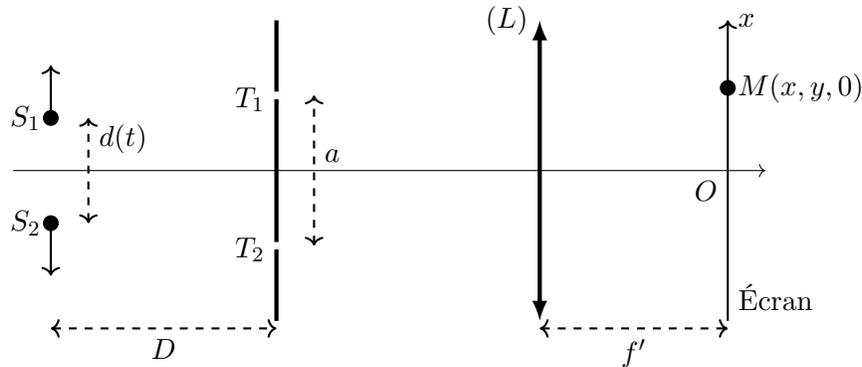


DM 10

Optique ondulatoire

Exercice 1 : Trous d'Young avec sources en mouvement

On considère le dispositif des trous d'Young avec une observation de la figure d'interférences dans le plan focal image d'une lentille mince convergente (L) de distance focale image f' . Le dispositif est éclairé par deux sources ponctuelles S_1 et S_2 de même intensité, monochromatiques de même longueur d'onde λ et qui se déplacent à une vitesse constante v symétriquement par rapport à l'axe (Oz), selon l'axe (Ox). On se place dans l'air d'indice $n = 1$.



Pour les applications numériques, on prendra $D = 1$ m, $a = 0,5$ mm et $\lambda = 600$ nm.

- Q.1** On considère la source S_1 seule dans un premier temps, supposée à la distance $d/2$ de (Oz)
- Dessiner deux rayons lumineux passant par T_1 et T_2 qui viennent se superposer en un point $M(x, y, 0)$ du plan focal image de (L).
 - Calculer la différence de marche $\delta(M)$ entre ces deux rayons : un raisonnement précis est attendu. On exprimera $\delta(M)$ en fonction de x , f' , a , D et d et on supposera que $|x| \ll f$ et $|y| \ll f$.
 - Dans le cas particulier où $D \gg a$ et $D \gg d$, donner l'expression approchée de $\delta(M)$. On gardera cette approximation pour la suite.

- Q.2** On considère à présent les deux sources S_1 et S_2 en mouvement à la vitesse constante v et on supposera qu'à $t = 0$, $d(0) = 0$.

- Donner l'expression de l'intensité lumineuse $I(M)$ résultante dans le plan focal image de (L), en la mettant sous la forme :

$$I(M) = 4I_0 \left[1 + V(t) \cos \left(\frac{2\pi ax}{\lambda f'} \right) \right]$$

en précisant l'expression du facteur $V(t)$ en fonction du temps et des constantes.

- Calculer la périodicité temporelle T du brouillage des franges.
- Sachant que la persistance rétinienne est de l'ordre du dixième de seconde, estimer la vitesse maximale v_{max} des sources pour que le phénomène soit visible à l'œil.

Exercice 2 : Caractérisation du spectre d'une diode laser

Un interféromètre de Michelson utilisé en configuration lame d'air permet de caractériser le spectre d'émission d'une diode laser. Le dispositif interférentiel est éclairé avec la diode laser S . On considère le point M_0 au centre de la figure d'interférence et on note δ la différence de marche des deux rayons lumineux issus de S qui viennent se superposer en M_0 . La lumière émise par la diode possède une densité spectrale en pulsation ayant la forme d'une lorentzienne :

$$\frac{dI}{d\omega} = J(\omega) = \frac{J_m}{1 + \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_1}\right)^2}$$

- Q.1** Que signifient les lettres de l'acronyme LASER ?
- Q.2** Tracer l'allure de la courbe $J(\omega)$ et déterminer sa largeur à mi-hauteur $\Delta\omega$ en fonction de ω_1 .
- Q.3** On considère qu'une tranche infinitésimale du spectre, centrée sur une pulsation ω et de largeur $d\omega$ se comporte comme une raie monochromatique de pulsation ω . Déterminer l'intensité résultante $dI(M_0)$ au point M_0 en sortie de l'interféromètre en fonction de δ , ω , $d\omega$ et des constantes du problème.

Afin de déterminer $\Delta\omega$, la vis de chariotage est reliée à un moteur qui permet de faire varier δ linéairement avec le temps. La différence de marche entre les deux rayons s'écrit alors : $\delta(t) = v \cdot (t - t_0)$. On enregistre l'intensité $I(M_0, t)$ au point M_0 en fonction du temps t .

- Q.4** Deux ondes émises par la diode à deux longueurs d'ondes différentes donnent-elles lieu à des interférences ? Montrer alors que l'intensité $I(M_0, t)$ s'écrit sous la forme :

$$I(M_0, t) = \int_0^{+\infty} f(\omega, t) d\omega$$

et donner l'expression de la fonction $f(\omega, t)$.

- Q.5** En déduire l'expression de l'intensité $I(M_0, t)$ en fonction du temps.

On obtient les enregistrements représentés sur les deux figures ci-dessous pour lesquelles $v = 50 \mu\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. La seconde figure est un "zoom" de la première réalisé sur la zone rectangulaire indiquée.

- Q.6** Déduire d'une de ces figures la valeur numérique de la pulsation centrale ω_0 de la diode laser. Quelle est la longueur d'onde centrale λ_0 associée ? Indiquer la couleur de la lumière émise.
- Q.7** En analysant les figures, déterminer également la valeur numérique de la largeur $\Delta\omega$ de la raie lorentzienne. On expliquera soigneusement la méthode utilisée. En déduire la longueur de cohérence ℓ_c de la lumière émise par cette diode.
- Q.8** Déterminer la largeur spectrale de la diode laser en longueur d'onde $\Delta\lambda$ et faire l'application numérique.

Données :

$$\int_0^{+\infty} \frac{d\omega}{1 + \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_1}\right)^2} = \pi\omega_1 \quad \text{et} \quad \int_0^{+\infty} \frac{\cos\left(\frac{\omega x}{c}\right)}{1 + \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_1}\right)^2} d\omega = \pi\omega_1 \exp\left(-\frac{\omega_1|x|}{c}\right) \cos\left(\frac{\omega_0 x}{c}\right)$$

