Ingénierie optique, série d'exercices 5, du 13 octobre 2025

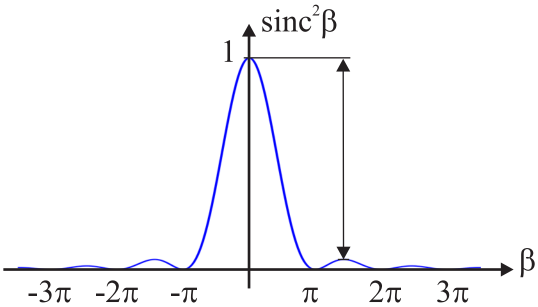
Exercice 1

On reproduit l'expérience de Young dans l'air avec deux fentes très minces séparées par une distance a. A une distance $L = 1\,\mathrm{m}$ des fentes, on mesure des franges avec un espacement de 63.3 mm lorsqu'on utilise une longueur d'onde $\lambda = 633\,\mathrm{nm}$ et un espacement de 100 mm lorsqu'on utilise une longueur d'onde $\lambda = 1\,\mu\mathrm{m}$.

Calculer a.

On refait la même expérience sous l'eau (indice de réfraction $n = 1.33$), quels seront les espacements des franges dans ce cas là ?

Exercice 2



Nous avons vu que la diffraction de Fraunhofer pour une fente mince donne une distribution de l'intensité lumineuse proportionnelle à $\mathrm{sinc}^2\beta$. Calculer le ratio d'intensité entre le pic central ($\beta = 0$) et le premier pic ($\beta \simeq 1.43\pi$) de la figure de diffraction.

Exercice 3

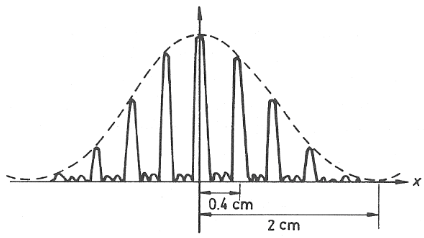
En microscopie, on récrit souvent le critère de résolution ρ pour une image en introduisant l'ouverture numérique NA (en anglais "numerical aperture") de l'objectif utilisé :

$$\rho = 1.22\frac{\lambda f}{D} = 0.61\frac{\lambda}{\mathrm{NA}}\,. \tag{1}$$

Calculer la distance minimale ρ pouvant être résolue avec un microscope optique pour les objectifs ayant comme ouverture numérique NA=0.2, NA=0.8 et NA=1.4 lorsque l'on travaille avec de la lumière rouge ($\lambda_1 = 633\,\mathrm{nm}$) ou de la lumière bleue ($\lambda_2 = 450\,\mathrm{nm}$).

Que peut–on en déduire sur la façon d'obtenir la meilleure résolution en microscopie ?

Exercice 4



Un faisceau de lumière d'une longueur d'onde de $\lambda = 600\,\mathrm{nm}$ passe à travers une série de N fentes parallèles et identiques. A une distance de 20 m, on mesure sur un mur la distribution d'intensité illustrée dans la figure ci–dessus. Evaluer la largeur, la séparation et le nombre de fentes en utilisant la formule pour l'intensité diffractée par un réseau de fentes.

Exercice 5

On considère une onde plane d'amplitude $U(x, y, z) = U_0 e^{-jk_x x} e^{-jk_z z}$ telle que $k = 2\pi/\lambda = \sqrt{k_x^2 + k_z^2}$ passant à travers une ouverture carrée de grande taille par rapport à la longueur d'onde λ.

a) Expliquer à quoi correspond cette onde plane (décrire par exemple sa direction de propagation).

b) On place un écran à une très grande distance derrière l'ouverture, dans le champ lointain. Calculer la distribution d'intensité observée dans le champ lointain en utilisant l'approximation de Fraunhofer. Pour cela, utiliser :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j2\pi p x} dx = \delta(p)\,. \tag{2}$$

c) On considère maintenant que l'onde plane initiale est superposée avec une deuxième onde plane qui arrive symétriquement par rapport à l'axe optique z du système : $U(x, y, z) = U_0(e^{-jk_x x} + e^{+jk_x x})e^{-jk_z z} = 2U_0 \cos(k_x x)e^{-jk_z z}$. Que devient la distribution d'intensité dans le champ lointain ?