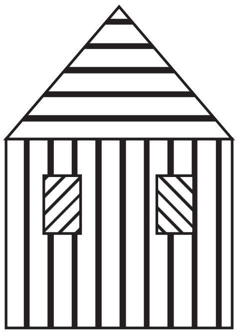
Ingénierie optique, série d'exercices 5, du 14 octobre 2024

Exercice 1 Compréhension immédiate du cours

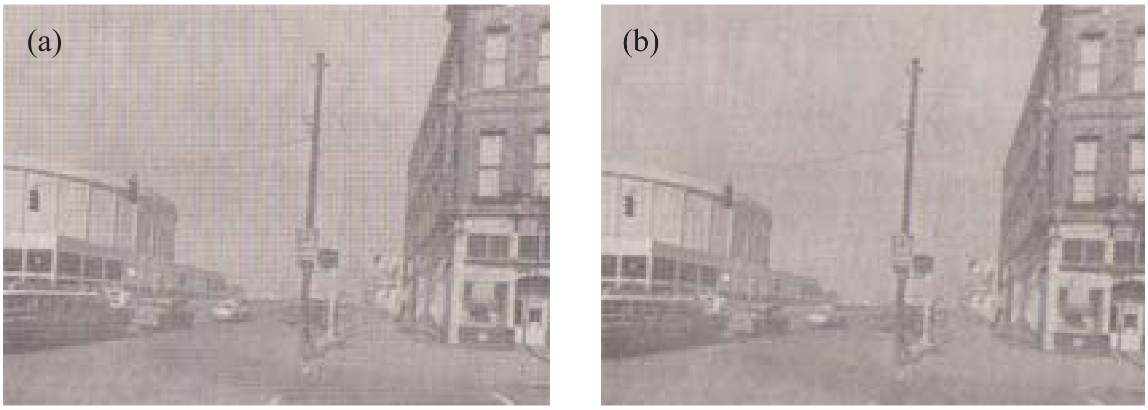


Monsieur Fourier a construit la maison ci–dessus. Déterminer l'image obtenue dans le plan de Fourier d'un système $4f$.

Dessiner les filtres nécessaires pour ne laisser passer dans l'image

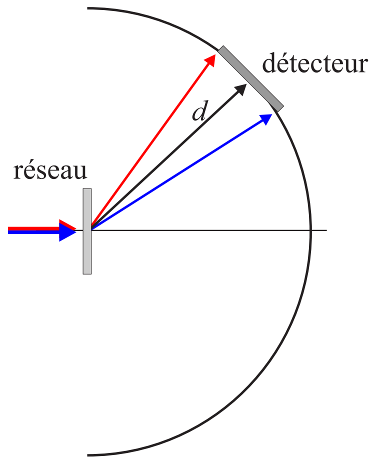
— a) que le toit,
— b) que la façade,
— c) que les deux fenêtre.

Quelle image obtient–on si on coupe l'ordre zéro et ne laisse passer que les ordres supérieurs ?



Les photographies imprimées dans les journaux anciens ont parfois une mauvaise qualité. Un défaut souvent rencontré est l'impression qu'une grille périodique, de période fixe et identique dans les directions horizontales et verticales, est superposée à l'image, comme illustré sur la figure (a) ci–dessus. Expliquer comment on pourrait utiliser l'optique de Fourier pour enlever ce défaut et obtenir une meilleure image, comme illustré sur la figure (b). Donner les détails du filtrage à effectuer.

Exercice 2



On souhaite construire un spectromètre en utilisant un réseau périodique de période $\Lambda = 5\,\mu$m et un détecteur contenant 128 pixel. La taille de chaque pixel est $1\,\mu$m.

On suppose que la lumière est à incidence normale ($\theta_i = 0$) et que les angles de diffraction sont très petits, en sorte qu'on peut utiliser l'équation de Bragg pour les petits angles dans laquelle on approxime $\sin\theta$ par θ (en faisant attention d'exprimer les angles en radians) :

$$\theta_q = \theta_i + q\frac{\lambda}{\Lambda}\,,\ q = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots\,. \tag{1}$$

A quelle distance moyenne d doit–on placer ce détecteur pour qu'il couvre l'entier du spectre, de $\lambda_1 = 400\,\mathrm{nm}$ (bleu) à $\lambda_2 = 700\,\mathrm{nm}$ (rouge). On utilise le premier ordre de diffraction, $q = 1$.

Exercice 3

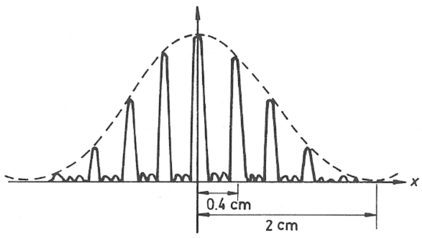
En microscopie, on récrit souvent Eq. (3.64) du cours en introduisant l'ouverture numérique NA (en anglais "numerical aperture") de l'objectif utilisé :

$$\rho = 1.22\frac{\lambda f}{D} = 0.61\frac{\lambda}{NA}\,. \tag{2}$$

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.

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 :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j2\pi p x} dx = \delta(p)\,. \tag{3}$$

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 ?