

EXERCICES

- Étude de la diffraction sur des fentes doubles avec différents écarts de fentes.
- Étude de la diffraction sur des fentes doubles avec différentes largeurs de fentes.
- Étude de la diffraction sur des fentes multiples avec différentes quantités de fentes.
- Étude de la diffraction par un réseau à traits et un réseau croisé.

OBJECTIF

Démonstration de la nature des ondes lumineuses et détermination de la longueur d'onde

RESUME

La diffraction de la lumière par des fentes multiples et des réseaux peut être décrite par la superposition des ondes élémentaires cohérentes qui, selon le principe de Huygens, partent de chaque point illuminé dans une fente multiple. L'interférence des ondes élémentaires explique le système de bandes claires et sombres que l'on observe derrière la fente multiple. L'écart entre deux fentes et la distance à l'écran d'observation étant connus, l'écart entre deux bandes claires permet de calculer la longueur d'onde de la lumière.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Diode laser rouge de précision	1003201
1	Banc optique K, 1000 mm	1009696
2	Cavalier optique K	1000862
1	Porte-diaphragme K	1008518
1	Support K pour laser à diode	1000868
1	Diaphragme à 3 fentes doubles de différentes largeurs de fentes	1000596
1	Diaphragme à 4 fentes doubles de différents écarts de fentes	1000597
1	Diaphragme à 4 fentes multiples et réseaux	1000598
1	Diaphragme à 3 réseaux à traits	1000599
1	Diaphragme à 2 réseaux croisés	1000601

GENERALITES

La diffraction de la lumière par des fentes multiples et des réseaux peut être décrite par la superposition des ondes élémentaires cohérentes qui, selon le principe Huygens, partent de chaque point illuminé dans une fente multiple. Dans certaines directions, la superposition engendre une interférence constructive ou destructive et explique ainsi le système de bandes claires et sombres que l'on observe derrière la fente multiple.

Derrière une fente double, l'intensité est maximale dans un angle d'observation α_n s'il existe pour chaque onde élémentaire de la première fente très précisément une onde élémentaire de la seconde fente qui

se superpose à elle de façon constructive. C'est le cas lorsque la différence de chemins Δs_n entre les ondes élémentaires partant du centre des fentes représente un multiple entier de la longueur d'onde λ de la lumière (voir fig. 1).

$$(1) \quad \Delta s_n(\alpha_n) = n \cdot \lambda$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$: Ordre de diffraction

Lorsque la distance L par rapport à la fente double est importante, on obtient l'équation suivante pour de petits angles d'observation α_n entre la différence de chemins Δs_n et les coordonnées locales x_n des maxima d'intensité :

$$(2) \quad \frac{\Delta s_n}{d} = \sin \alpha_n \approx \tan \alpha_n = \frac{x_n}{L}$$

d : Écart entre les fentes

Aussi les maxima sont-ils côte à côte espacés de façon régulière :

$$(3) \quad a = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

Ceci s'applique également à la diffraction par une fente multiple avec plus de deux fentes équidistantes. L'équation (1) indique la condition pour une interférence constructive des ondes élémentaires de toutes les N fentes. Aussi les équations (2) et (3) s'appliquent-elles aussi à la fente multiple. Déterminer les maxima d'intensité exige une démarche mathématique plus importante : tandis que la fente double présente au milieu de deux maxima d'intensité très précisément un minimum, la fente multiple présente un minimum entre les n -ième et $(n+1)$ -ième maxima si les ondes élémentaires des N fentes sont interférées de manière à ce que l'intensité globale soit nulle. C'est le cas lorsque la différence de chemins entre les ondes élémentaires partant des centres des fentes remplit la condition

$$(4) \quad \Delta s = n \cdot \lambda + m \frac{\lambda}{N}$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, m = 1, \dots, N - 1$

On trouve donc $N-1$ minima et, entre eux, $N-2$ maxima secondaires, dont l'intensité est inférieure à celle des maxima principaux. Au fur et à mesure qu'augmente la valeur N de la fente, la valeur des maxima secondaires diminue. On ne parle plus de fente multiple, mais de réseau à traits. Enfin, un réseau croisé peut être considéré comme un agencement de deux réseaux à traits tournés l'un par rapport à l'autre d'un angle de 90° . Sur un réseau rectangulaire, dont la maille est donnée par l'équation (3), les maxima de diffraction deviennent des points. Modulée par la répartition de luminosité issue de la diffraction par la fente simple, la luminosité dans les maxima principaux est d'autant plus concentrée sur de petits angles α que la largeur de fente b est importante. Pour obtenir un calcul précis, on ajoute à l'amplitude globale A les amplitudes de toutes les ondes élémentaires en tenant compte des différences de chemins. A un endroit quelconque x de l'écran, on a donc

$$(5) \quad I = A^2 \propto \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)} \right)^2$$

EVALUATION

La longueur d'onde de la lumière diffractée peut être déterminée à partir de la distance a entre les maxima principaux. On obtient :

$$\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$$

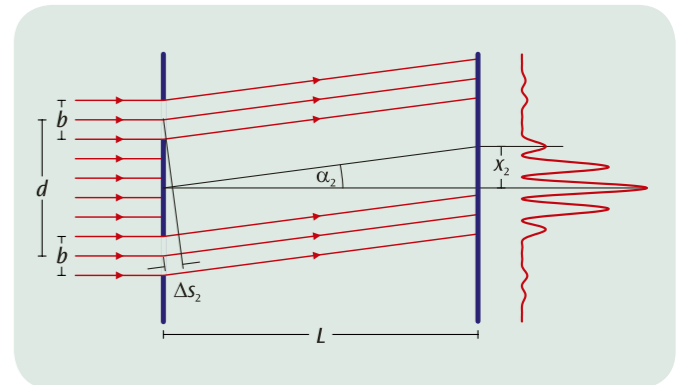


Fig. 1 Représentation schématique de la diffraction de lumière par une fente double

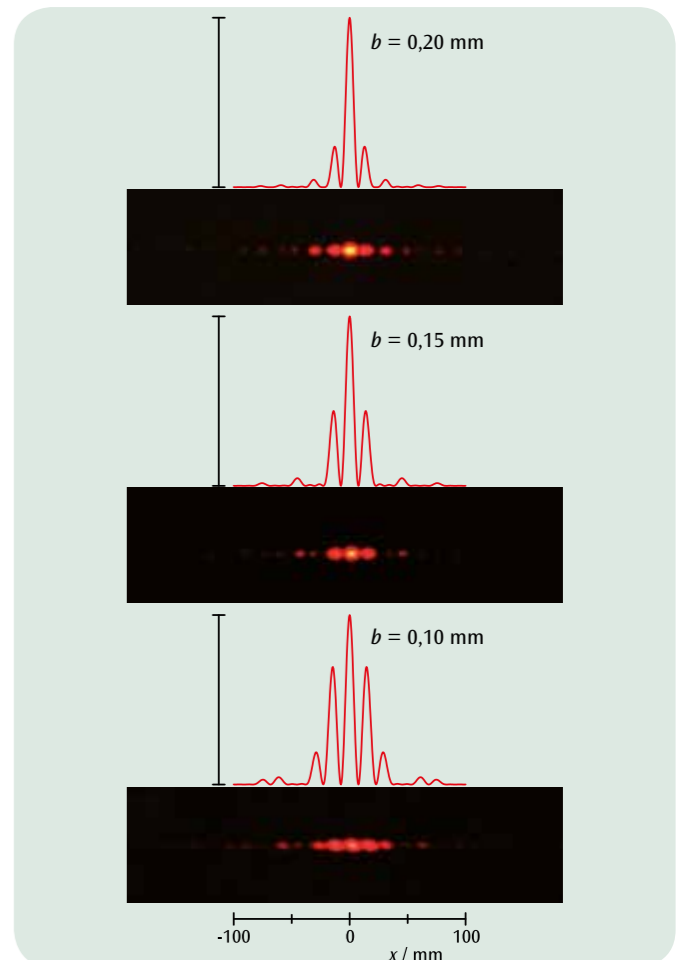


Fig. 2 Intensité calculée et observée de la diffraction sur des fentes doubles avec différents écarts de fentes