

TP13 – Diffraction

Quand on observe un objet à l'aide d'un système optique, la dimension finie des éléments utilisés donne lieu à de la diffraction qui provoque un étalement de la lumière autour de l'image géométrique. Ce phénomène peut limiter la résolution des microscopes, lunettes, télescopes, etc. mais aussi de l'œil. Il est cependant possible d'exploiter ce phénomène pour mesurer des objets de faibles dimensions.

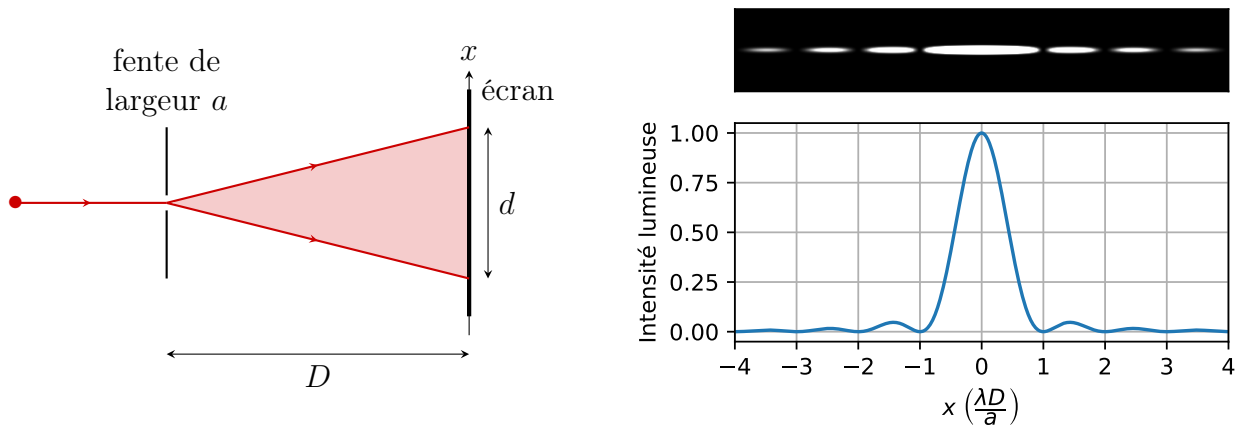
Objectifs

- Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).
- Simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée.
- Comparer deux valeurs dont les incertitudes- types sont connues à l'aide de leur écart normalisé.
- **Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.**

Questions préliminaires

La figure de diffraction associée à une fente de largeur a , éclairée par une source monochromatique de longueur d'onde λ et observée sur un écran situé à une distance D est représentée ci-dessous. En particulier, si a n'est pas trop faible, la largeur d de la tache centrale est donnée par

$$d = \frac{2\lambda D}{a}.$$



On souhaite vérifier l'information du fabricant donnant la largeur a d'une fente à partir de l'étude de la figure de diffraction obtenue. On note ΔD , Δd et $\Delta \lambda$ les incertitudes associées aux mesures de D , d et à la donnée de λ , c'est-à-dire les demi-largeurs des intervalles certains.

1. Exprimer a en fonction de λ , D et d .
2. Exprimer l'incertitude-type $u(a)$ associée à a .
3. En s'aidant des programmes fournis lors de TP antérieurs ou en début d'année, écrire un programme Python permettant d'estimer numériquement l'incertitude-type $u(a)$ par un processus de type Monte-Carlo.
4. Vérifier la cohérence des résultats obtenus avec les questions 2 et 3 avec les valeurs suivantes : $D = 1,00$ m, $\Delta D = 1$ cm ; $\lambda = 633$ nm, $\Delta \lambda = 1$ nm ; $d = 1,3$ cm, $\Delta d = 1$ mm.

Diffraction par une fente, par un fil

5. Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mesurer la largeur de la fente inconnue. On supposera la longueur du laser inconnue précisément, il faudra la mesurer également. Les résultats des mesures seront accompagnés de leur incertitude et la rédaction du compte-rendu s'appuiera sur les étapes de la démarche scientifique.
6. Remplacer la fente par un cheveu. Que remarque-t-on ?

APPEL PROF 1

7. En déduire l'épaisseur du cheveu et l'incertitude associée. La rédaction du compte-rendu s'appuiera sur les étapes de la démarche scientifique.

Diffraction par un réseau

Un réseau est un ensemble de fentes très fines (les traits), équidistantes et parallèles entre elles (cf. TP12). Il est caractérisé par le nombre de traits par mètre N , ou par son pas $a = 1/N$.

8. Remplacer la fente par un réseau. Décrire la figure obtenue.

L'interfrange (distance entre deux ordres successifs) est donnée par $i = \lambda D/a$ si a n'est pas trop faible.

9. Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mesurer le pas d'un CD. Évaluer alors la capacité de stockage du CD (Doc. 2).

Documents

Document 1 – Matériel

- diode laser rouge ;
- fentes calibrées (400, 280, 120, 100, 50 et $40 \mu\text{m}$) + fente inconnue ;
- réseau de diffraction ;
- morceau de CD ;
- support et écran.

Document 2 – Disques optiques

S'ils tendent à disparaître, les disques optiques étaient largement utilisés pour le stockage de données : Compact Disc (CD) lancé en 1982, Digital Versatile Disc (DVD) lancé en 1995, Blu-ray Disc (BD) lancé en 2003, etc.

Ces trois technologies reposent sur le même principe : on crée sur le disque une piste en spirale sur laquelle on creuse des alvéoles. L'image ci-contre représente l'allure de ces alvéoles pour un CD de capacité 650 Mo. La taille d'un motif « creux » ou « plat » est de l'ordre du micron.

