

Activité expérimentale - Caractérisation expérimentale de fentes d'Young - Évaluations d'incertitudes

Capacités développées ou évaluées lors de ce TP

- Observer et étudier expérimentalement des figures d'interférence par des dispositifs à division du front d'onde.
- Calculer des incertitudes.

Rappels sur les incertitudes

- Lorsque la valeur de x est incertaine et peut se trouver dans l'intervalle $[x_0 - \Delta x; x_0 + \Delta x]$ avec une densité de probabilité uniforme (hypothèse fréquente dans le cas d'une lecture sur un axe gradué, pour laquelle la valeur de position lue est située entre deux - ou plus - graduations, la valeur moyenne de x vaut x_0 et l'incertitude-type de x vaut $u(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$.
- Si $y = \alpha x$, alors $u(y) = |\alpha| u(x)$
- Si $z = kx^\alpha y^\beta$, alors $u(z)$ vérifie :

$$u(z) = z \sqrt{\left(\alpha \frac{u(x)}{x}\right)^2 + \left(\beta \frac{u(y)}{y}\right)^2}$$

I) Présentation du dispositif

Le but de ce TP est de réaliser le montage des fentes d'Young et de vérifier l'expression théorique donnant l'interfrange en fonction des paramètres de l'expérience. Il est demandé dans ce TP d'écrire des codes Python. On imprimera à la fin de la séance les codes écrits ainsi que les courbes obtenues.

On utilise le jeu de fentes doubles A3027 contenant 12 paires de fentes ayant les caractéristiques suivantes (les valeurs sont données à $\pm 1 \mu\text{m}$) :

- Jeu n°1 à 5 : largeur des fentes égale à $40 \mu\text{m}$ et distances entre leurs centres égales respectivement à $100 \mu\text{m}$, $200 \mu\text{m}$, $300 \mu\text{m}$, $500 \mu\text{m}$ et $700 \mu\text{m}$;
- Jeu n°6 à 10 : idem avec une largeur des fentes de $80 \mu\text{m}$.
- Jeu n°11 et 12 : non étudié ici.

Dangers des lasers

Les lasers utilisés au lycée ont une puissance de l'ordre du milliwatt. Cette puissance paraît faible, mais la directivité et la finesse du faisceau entraîne qu'une exposition prolongée de celui-ci sur la rétine peut avoir des conséquences irréversibles. Ainsi, lors de l'utilisation de laser, ne jamais regarder directement le faisceau laser, même après réflexion.

Les fentes doubles seront éclairées directement par le laser. L'écran sera placé à une distance D des fentes. On note λ la longueur d'onde du laser, b la largeur des fentes et a la distance entre les centres des fentes. Afin de gagner en confort et en précision, il est recommandé de plaquer sur l'écran une feuille blanche afin de repérer au crayon la position des franges de manière à mesurer l'interfrange i à la règle graduée après avoir reposé la feuille sur la table. Chaque valeur mesurée devra être accompagnée de son incertitude-type.

1. Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental.

II) Manipulations et premières mesures



Manipulons...

Choisir des valeurs de λ , D et b adaptées pour mesurer l'interfrange i pour les cinq valeurs possibles de a .

2. Grâce au programme python fourni (seule les données sont à compléter), tracer les points expérimentaux donnant $i = f\left(\frac{1}{a}\right)$.

Fonction polyfit (module numpy)

La fonction `polyfit`, faisant partie de la bibliothèque `numpy`, est telle que `polyfit(x, y, deg)` renvoie un tableau contenant les coefficients du polynôme de degré égal à `deg` qui s'ajuste au mieux aux différents points de coordonnées

(`x[j]`, `y[j]`). Le tableau renvoyé, de taille `deg+1`, contient les coefficients de la puissance la plus grande à la plus petite.

3. Effectuer une régression linéaire des données expérimentales obtenues avec la fonction `polyfit` à compléter en suivant la documentation. Ceci permettra d'ajouter à la courbe expérimentale la droite modèle en trait pointillés. Imprimer (et éventuellement compléter) la courbe correspondante.

Que doivent valoir la pente p de cette droite et son ordonnée à l'origine c d'après la théorie d'optique ondulatoire ?

On cherche à vérifier si les valeurs de p et c obtenues sont compatibles avec les valeurs théoriques. Pour cela on doit utiliser le Z-score.

Calcul de Z-score connaissant une valeur théorique

On rappelle le critère de compatibilité entre une valeur expérimentale x et une valeur de référence x_{ref} (valeur tabulée dans la bibliographie scientifique ou issue d'un modèle). On calcule l'écart normalisé (également appelé « Z-score ») défini par :

$$Z = \frac{|x - x_{ref}|}{\sqrt{u(x)^2 + u(x_{ref})^2}}$$

On considère que les deux valeurs sont compatibles si $Z < 2$. Un doute subsiste si $2 < Z < 3$. La probabilité que $Z > 3$ étant très faible, on estime que le modèle est incorrect ou que les valeurs expérimentales possèdent un biais.

4. Estimer la valeur de p_{ref} (valeur de p issue de la théorie d'optique ondulatoire), ainsi que son incertitude-type expérimentale $u(p_{ref})$ dans le cadre de cette expérience. On négligera l'incertitude-type sur λ .
5. Utiliser le programme python (partie *Estimation de l'incertitude des paramètres de la régression linéaire par une méthode de Monte-Carlo* du programme python) pour estimer numériquement la valeur et l'incertitude sur la pente de la droite de la régression linéaire avec vos valeurs.
6. Conclure.
7. Étudier expérimentalement l'influence de la longueur d'onde λ sur l'interfrange : refaire les mesures précédentes avec un laser de couleur différente.

Compétences évaluées

Noms et prénoms du binôme :

—

—

Cette grille d'évaluation sert à vérifier que savez faire les étapes expérimentales importantes.

Compétence travaillée	Points
Schématiser précisément le dispositif	/1
Réaliser le tracé demandé	/3
Expliquer l'évaluation des incertitudes-type relevées	/1
Valider expérimentalement un résultat théorique à l'aide d'un programme	/3
Etudier l'influence de la longueur d'onde	/2
Note finale	/10

Remarques :

Matériel

MP/MPI Vendredi 8h/12h P. Bertin

- Fentes d'Young
- Lasers rouges et vert
- Suppots, écran
- Réglet pour les distances