

TP : Diffraction et interférences

Le but de ce TP est d'étudier et d'enregistrer des figures d'interférences et de diffraction. Pour que leur obtention soit aisée, on utilisera un laser de longueur d'onde $\lambda = 632,8 \text{ nm}$. L'incertitude sur la valeur de la longueur d'onde sera considérée comme égale à $0,1 \text{ nm}$. Les sources de lumière laser sont particulièrement pratiques pour notre étude mais :

Le faisceau LASER est dangereux pour l'œil. Il ne faut jamais le recevoir dans l'œil! Il faut se méfier particulièrement des réflexions accidentelles lorsqu'on procède aux réglages

1. Observation préliminaire : la lumière émise par le laser que vous utiliserez est polarisée. Je vous propose l'observation suivante : envoyer le faisceau laser sur un écran à une distance quelconque. Placer sur le trajet de celui-ci un polariseur rectiligne situé sur un support rotatif. Faire tourner le polariseur et observer l'évolution de l'intensité transmise. Dans la seconde partie du TP, on se servira de cet effet pour limiter l'intensité arrivant sur la caméra qui sert de détecteur.

A. Observations et mesures sur un écran

Dans cette partie, les interférences et la diffraction seront étudiées à distance finie. Toutefois on veillera à ce que la distance entre l'objet provoquant les interférences ou la diffraction et l'écran soit grande devant la dimension caractéristique de cet objet de telle sorte qu'on puisse tout de même se placer dans le cadre de la diffraction de Fraunhofer, c'est-à-dire dans le cadre de la diffraction à l'infini.

2. Réaliser le montage de la figure 1.

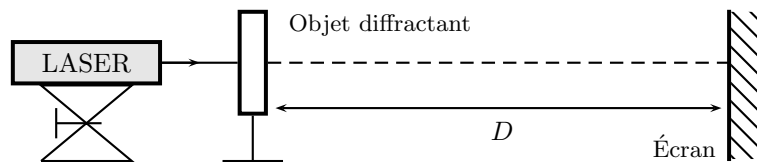


FIG. 1 – Montage d'étude de la diffraction

3. Placer verticalement une fente métallique de largeur réglable a . Représenter ce qui est observé sur l'écran.

4. Effectuer une translation verticale puis une rotation et noter vos observations.

5. En vous plaçant dans les meilleures conditions d'obtention de la figure de diffraction, mesurer précisément la largeur des différentes taches lumineuses.

6. Confronter cette mesure avec les formules théoriques du cours qui exprime l'intensité diffractée en fonction de l'angle de la direction de diffraction qu'on démontrera, à savoir : $I = I_0 \text{sinc}^2 \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$. Donner l'expression de $\sin \theta$ dans le cadre de l'expérience effectuée ici en fonction d'une coordonnée x de repérage sur l'écran. Représenter en fonction de x , l'allure de l'intensité diffractée. La théorie est-elle vérifiée ?

7. Mesurer précisément la distance D . En déduire la largeur de la fente, évaluer son incertitude. On rappelle que pour une fonction de plusieurs variables $f(x, y, z)$, l'incertitude se calcule par $\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \Delta y + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \right| \Delta z$.

On montrera en particulier que pour une fonction $f(x, y, z) = x^\alpha y^\beta z^\gamma$, on a $\frac{\Delta f}{f} = |\alpha| \frac{\Delta x}{x} + |\beta| \frac{\Delta y}{y} + |\gamma| \frac{\Delta z}{z}$.

8. Remplacer maintenant la fente réglable par un système de deux fentes d'Young. Qu'obtient-on sur l'écran, en faire une reproduction fidèle. En particulier, on notera l'évolution de l'intensité lumineuse.

9. Mesurer l'interfrange i .

10. En déduire la distance a qui sépare les deux fentes d'Young. Évaluer l'incertitude de cette mesure. La largeur b des deux fentes a-t-elle une influence sur ce qui est observé sur l'écran ? Expliquez-vous correctement. Proposer une évaluation de b en expliquant soigneusement le raisonnement qui a été suivi. Évaluer aussi l'incertitude sur b .

11. Placer sur le support un réseau. Représenter la figure obtenue sur l'écran. Comparer à la situation précédente. Effectuer une translation verticale, une rotation du réseau, conclure. Mettre un réseau différent du premier, noter ce qui les différencie et les conséquences sur la figure obtenue sur l'écran. Comment peut-on déterminer le pas a du réseau ?

B. Utilisation d'une caméra d'enregistrement de l'intensité lumineuse

Dans cette partie, on étudie la diffraction et les interférences à l'infini. Par conséquent, la figure de diffraction est observée dans le plan focal d'une lentille CV de focale $f = 1 \text{ m}$. Le montage expérimental qu'on utilisera est celui de la figure 2.

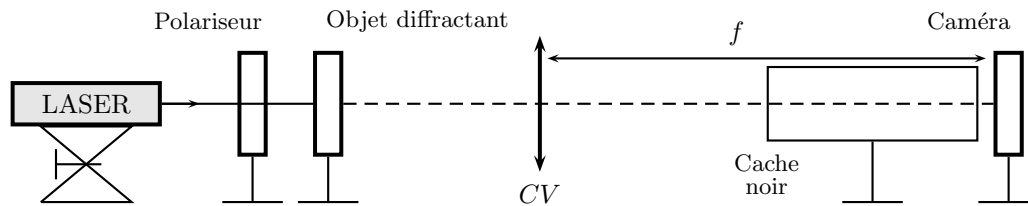


FIG. 2 – Montage d'enregistrement de l'intensité lumineuse

Les réglages qui permettent d'obtenir un enregistrement satisfaisant sont assez délicats et fins. Afin de ne pas saturer les cellules du capteur, il faudra jouer sur l'orientation du polariseur présent dans le montage. L'utilisation du capteur et du logiciel *Caliens* dans le module *interférences et diffraction* permet d'obtenir la représentation de l'éclairement dans l'espace et son impression. Pour que cette courbe soit de bonne qualité, il faudra veiller à très bien aligner les différents éléments du montage. De la même façon la perpendicularité des différents éléments par rapport à la direction du banc d'optique sera décisive. Il faudra donc veiller en suivant la lumière diffractée à ce que celle-ci arrive le plus horizontalement possible sur la caméra. Une notice vous décrira les options que possède le logiciel *Caliens*. Entre autres, la sensibilité et le filtrage interviendront dans l'optimisation des conditions d'acquisition d'une figure de diffraction. Le cache noir pourra être enlevé pour effectuer les réglages préliminaires, ensuite il sera remis lorsqu'on affinera les conditions d'acquisition afin de réduire le plus possible la lumière parasite parvenant à la caméra. L'observation des maximums secondaires des figures de diffraction en dépend.

12. Nous allons commencer par envoyer directement le faisceau laser sur la caméra sans objet diffractant la lumière afin d'étudier le profil gaussien du faisceau. Réaliser un enregistrement et grâce à une option du logiciel, comparer la théorie (faisceau gaussien) et la réalité. Déterminer à la distance de travail utilisée (qu'on précisera) la largeur à mi-hauteur du faisceau laser.

13. Nous allons ensuite enregistrer l'éclairement diffracté par une fente. Suivre la marche de la lumière diffractée avec un papier pour faire les réglages tout en observant la réponse de la caméra. Lorsque la courbe enregistrée vous apparaîtra optimale, faire une acquisition.

14. Comparer théorie et expérience en utilisant le module de *simulation*. Régler les paramètres permettant la meilleure adéquation entre la courbe enregistrée et la courbe simulée. Comme on travaille dans le plan focal de la lentille convergente, la distance de la fente à l'écran correspondra à la valeur de la focale de cette lentille à savoir 1 m. Déterminer grâce à la simulation la largeur de la fente. Correspond-elle à la valeur réelle ? Imprimer les résultats obtenus.

15. Reprendre ce même travail dans le cas de deux fentes Young. Dans ce cas, on déterminera à la fois la distance entre les fentes et la largeur de chaque fente.

16. Remplacer les fentes d'Young par un ensemble de 4 fentes. Enregistrer l'éclairement. Rappeler l'expression théorique, dans ce cas particulier, de l'éclairement. Justifier l'existence des maximums secondaires en traçant la courbe théorique, comparer à la courbe expérimentale. Pour voir les maximums secondaires, on peut songer à provoquer la saturation du capteur sur les maximums principaux.

17. Enfin, enregistrer l'éclairement créé par un réseau. Il faudra choisir un réseau de pas relativement faible.