

TP2 : Diffraction d'une onde lumineuse monochromatique

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

- ▷ Choisir les conditions expérimentales permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction en optique.
- ▷ Utiliser les sources laser de manière adaptée.
- ▷ Utiliser un logiciel de régression linéaire afin d'obtenir les valeurs des paramètres du modèle. Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique.

MATÉRIEL :

Laser rouge et laser vert avec support, fentes de différents calibres avec support, écran, banc optique, papier millimétré, support creux et ruban adhésif, notice avec les caractéristiques des fentes, ordinateur avec le logiciel Regressi.

Lorsqu'on essaie d'isoler un **rayon lumineux** en faisant passer un **faisceau lumineux monochromatique** (issu par exemple d'un laser) par un trou très fin ou une fente très fine, on n'obtient pas le résultat prédit par la théorie de l'**optique géométrique**. Au lieu d'observer une petite tache lumineuse sur un écran placé derrière l'obstacle, on y observe une figure étendue et discontinue.

Le phénomène à l'œuvre, appelé **diffraction** de la lumière, a été découvert au 17^e siècle. Il a été interprété comme une manifestation du caractère ondulatoire de la lumière deux siècles plus tard.

Au cours de cette séance, nous allons tout d'abord étudier la diffraction expérimentalement, afin d'en dégager les principales caractéristiques. Dans un second temps, nous l'utiliserons pour faire des mesures de longueur impossibles à réaliser à la règle.

PROBLÉMATIQUE :

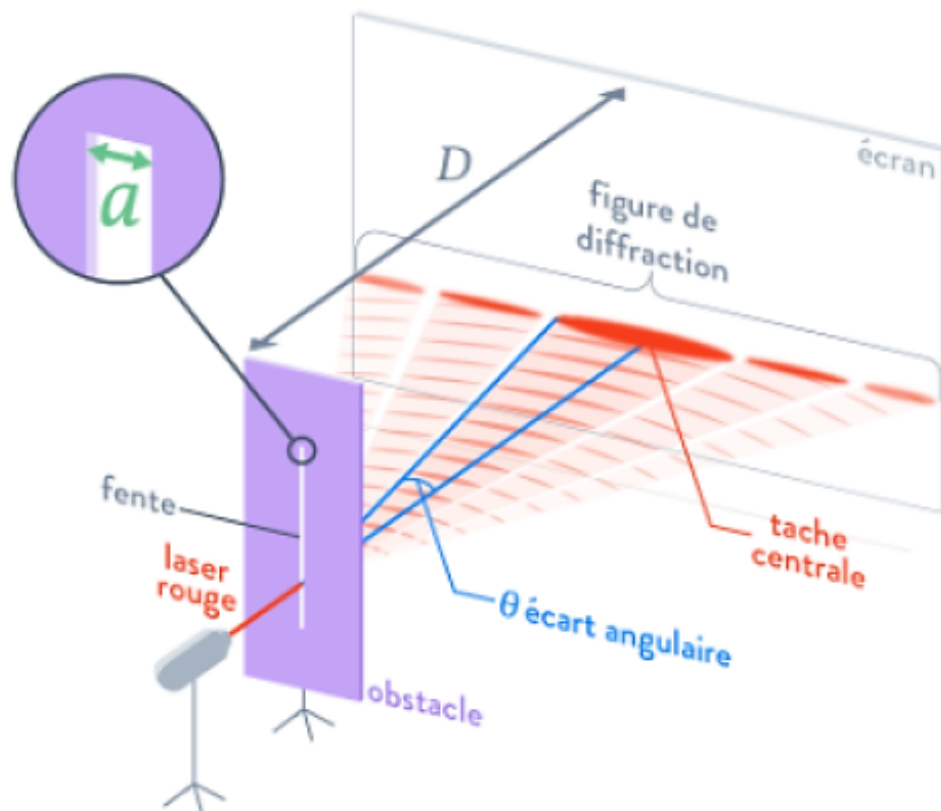
Quelle est l'influence des paramètres du montage sur la taille de la tache centrale de la **figure de diffraction** ?

1 Phénomène de diffraction

1.1 Protocole 1 - Étude qualitative du phénomène

- Placer le laser et l'écran aussi loin que possible l'un de l'autre sur le banc optique. Allumer le laser et régler l'alignement du dispositif pour que le spot lumineux issu du laser se situe au centre de l'écran.
- Interposer une des fentes du support multi-fentes sur le trajet du faisceau laser, à une dizaine de centimètres de la source lumineuse. Observer alors la figure de diffraction qui apparaît sur l'écran.
- Pour un laser émettant une onde lumineuse de longueur d'onde λ donnée et une fente de largeur a donnée, faire varier la distance D entre la fente et l'écran et observer l'effet sur la figure de diffraction.
- Pour un laser de longueur d'onde λ donnée et une distance D donnée, faire varier l'épaisseur a de la fente en changeant cette dernière (on fera tourner le support des fentes) et observer l'effet sur la figure de diffraction.
- Pour une fente de largeur a donnée et une distance D donnée, observer l'effet d'un changement de longueur d'onde λ sur la figure de diffraction (on changera de laser).

1.2 Schéma de la situation



Q1. Faire un schéma du dispositif expérimental en vue de dessus. Y mettre en évidence les grandeurs introduites dans le protocole. Vous pouvez vous inspirer du schéma en trois dimensions fourni.

Q2. Décrire qualitativement l'évolution de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction, en fonction de la distance D (avec λ et a fixées), par une phrase du type : "Lorsque D augmente, L ".

Q3. Décrire qualitativement l'évolution de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction, en fonction de la largeur a de la fente (avec λ et D fixées).

Q4. Décrire qualitativement l'évolution de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction, en fonction de la longueur d'onde λ du laser (avec a et D fixées). Attention, le laser vert étant plus puissant que le rouge, la figure est plus lumineuse. Il faut repérer les bords de la tache centrale avec précision pour ne pas se tromper dans la conclusion.

2 Mesure de la longueur d'onde d'une onde lumineuse monochromatique

2.1 Relation de la diffraction

D'après la théorie de l'**optique ondulatoire**, dans les conditions de **diffraction à l'infini** (qu'on approche en prenant une distance D "très grande") par une fente de section rectangulaire, la demi-largeur angulaire θ de la figure de diffraction (voir

schéma ci-dessus) dépend de la longueur d'onde λ de la lumière, selon la relation :

$$\sin(\theta) = \frac{\lambda}{a},$$

où $\sin$ désigne la fonction sinus, et l'angle θ est exprimé en radian.

Mathématiquement, les conditions expérimentales (θ "petit") sont telles que $\sin(\theta) \simeq \theta$ et $\tan(\theta) \simeq \theta$: c'est l'**approximation des petits angles**.

Q5. En combinant la formule ci-dessus, un raisonnement géométrique sur le schéma du montage vu de haut (vous y ferez apparaître un triangle rectangle pour y faire de la trigonométrie) et l'approximation des petits angles, montrer que :

$$L \simeq \frac{2\lambda D}{a}. \quad (1)$$

2.2 Mesures

Q6. Proposer un protocole pour déterminer expérimentalement la longueur d'onde λ du laser (vous vous appuyerez sur la formule (1)). Le faire valider par l'enseignant, puis le mettre en œuvre.

Q7. Estimer l'**incertitude-type** $u(X)$ associée à chaque grandeur X mesurée, après avoir listé les principales **sources d'incertitude**.

Q8. À l'aide du logiciel de traitement de données Regressi (voir annexe), faire une représentation graphique de $L = f(1/a)$ pour une distance D fixée et connue. Appeler l'enseignant pour validation.

Q9. Exploiter le graphique obtenu grâce au logiciel pour trouver la valeur de la longueur d'onde λ , noter sa valeur dans le compte rendu et commenter.

3 Épaisseur d'un cheveu

Le **théorème de Babinet** prévoit que les figures de diffraction produites par un obstacle creux et un obstacle plein complémentaires (autrement dit, qui s'emboîtent parfaitement l'un dans l'autre) ont même forme et même taille.

Q10. Proposer un protocole pour mesurer le diamètre d'un cheveu grâce au phénomène de diffraction. Le faire valider par l'enseignant, le mettre en œuvre et exploiter les résultats.

4 Annexe : tutoriel pour utiliser Regressi

Le logiciel Regressi permet de faire des représentation graphiques à partir de données expérimentales, puis de les exploiter.

► Pour rentrer un tableau de valeurs : Regressi → Fichier → Nouveau → Clavier, puis entrer les symboles et unités des grandeurs et valider en appuyant sur OK. Une nouvelle fenêtre s'ouvre. Entrer les valeurs dans le tableau. Appuyer sur Entrée permet de rajouter une ligne au tableau de valeurs.

► Le bouton Graphe affiche une représentation graphique des données expérimentales.

- ▷ Le bouton Coord permet au besoin d'inverser l'abscisse et l'ordonnée en modifiant les réglages.
- ▷ Le bouton Modèle permet de modéliser les données, en cliquant sur le bouton Modèles et en choisissant Linéaire par exemple, le logiciel affiche l'équation de la droite et donne les valeurs de paramètres (coefficient directeur et ordonnée à l'origine). Si on appuie sur Ajuster, il ajoute une information sur l'incertitude sur ces paramètres.