Compétence : Diffraction d'une onde par une ouverture ou un obstacle. Conditions d'observation de la diffraction et ses caractéristiques. Angle caractéristique de diffractions.

TP1 : Diffraction de la lumière : mesure de diamètre d'un cheveu

Expériences réalisées par le professeur : Éclairement d'une ouverture à l'aide d'un laser vert de longueur d'onde $\lambda = 532$ nm.

Obstacle	Figure obtenue sur un écran
Fente large	
Fente mince verticale	
Fente mince horizontale	
Trou mince Simulation : Animation PhET « Diffraction »	

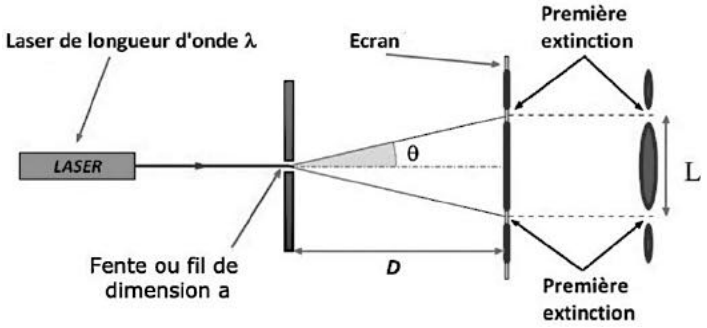
1. À partir de vos observations, définir le phénomène de diffraction de la lumière.
2. Dans le cas de la diffraction par un trou circulaire, comment varie le diamètre L de la tache centrale de diffraction lorsque :
   a. La longueur d'onde λ augmente ?
   b. Le diametre a du trou augmente ?



Document 1 Le principe de Babinet (1794-1872)

Jacques Babinet est un physicien français, expérimentateur et vulgarisateur scientifique. Il est notamment connu pour le principe de Babinet, selon lequel deux obstacles complémentaires, comme une fente et un fil de même largeur, produisent des figures de diffraction identiques.

Document 2 Schéma de l'expérience et notations



Une diffraction est d'autant plus marquée que la dimension de l'obstacle ou de la fente a est petite devant la longueur d'onde λ de l'onde. L'onde diffractée présente alors une succession de maxima et de minima d'amplitude, correspondant à des zones lumineuses et des zones d'ombre.

- D : distance entre l'obstacle et l'écran
- L : largeur de la tache centrale, mesurée entre les centres des deux premières extinctions
- θ : angle de diffraction (en radians) est défini comme l'angle compris entre la direction initiale de propagation de l'onde (avant diffraction) et la direction du premier minimum d'intensité lumineuse observé sur l'écran. Autrement dit, cet angle θ correspond à la moitié de la largeur angulaire de la tache centrale : il va du milieu de la figure (maximum central) jusqu'au bord de la première zone d'ombre.

© sciencespartout.fr

Comment mesurer correctement la largeur L de la tache centrale de diffraction :



Document 3 : Modélisation mathématique de la figure de diffraction

Si la distance D entre l'objet diffractant (fente ou fil) et l'écran est suffisamment grande devant la largeur L de la tache centrale (ex. D > 10 L), on peut établir la relation suivante :

$$L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}$$

Document 4 Liste de matériel

- Laser rouge λ = 650 nm.
- Un support avec une série de **6 fils calibrés tendus de diametre a = 38, 50, 76, 100, 120 et 150 µm.**
- Un support de diapositive
- Un mètre ruban et un écran



Détermination d'un diamètre d'un cheveu par diffraction

Protocole expérimental : on place successivement six fentes de largeurs connues devant un laser, à une distance fixe D ≥ 1,5 m de l'écran. Pour chaque fente, mesurer la largeur L de la tache centrale de diffraction et relever les résultats dans un tableau.

3. Sur Regressi, tracer la courbe représentative de **L** en fonction de **a**, les deux grandeurs étant exprimées en mètres. Décrire l'allure de la courbe obtenue.
4. Quelle grandeur faut-il porter en abscisse à la place de a pour obtenir une droite ? Justifier votre choix à partir de l'allure de la courbe précédente.

   Cette méthode, appelée **linéarisation**, consiste à transformer une représentation graphique non linéaire en une droite afin de déterminer plus facilement la relation entre les grandeurs étudiées.
5. Réaliser la représentation graphique proposée à la question précédente. En déduire la relation entre les deux grandeurs.

   Le diamètre d'un cheveu varie généralement entre 50 et 100 µm, selon sa nature et les individus.
6. Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer le diamètre d'un cheveu à l'aide du phénomène de diffraction.
7. Mettre en œuvre ce protocole en fixant un cheveu sur une diapositive à l'aide de ruban adhésif. Déterminer le diamètre du cheveu. Justifier la démarche et détailler les calculs.

Détermination de la longueur d'onde du laser

8. À partir de la relation $\mathbf{L = \frac{2\lambda D}{a}}$ exprimer le coefficient directeur k de la droite représentant L en fonction de 1/a.
9. En utilisant le résultat de la question 5 et le coefficient directeur k de la droite d'étalonnage, déterminer la valeur expérimentale $\boldsymbol{\lambda_{exp}}$ de la longueur d'onde du laser.

L'incertitude-type sur la longueur d'onde expérimentale est donnée par : $\boldsymbol{u(\lambda_{exp}) = \lambda_{exp}\sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}}$ où u(k) est l'incertitude-type sur le coefficient directeur, fournie par Regressi et u(D) = 1 cm.

10. Calculer u($\boldsymbol{\lambda_{exp}}$), puis écrire le résultat de la mesure sous une forme adaptée.

La longueur d'onde indiquée par le fabricant est $\boldsymbol{\lambda_{ref}}$ = 650 nm.

11. Calculer le z-score et conclure sur la compatibilité du résultat expérimental avec la valeur de référence.