

Chapitre 2 : Les phénomènes ondulatoires

Activité expérimentale : Diffraction et mesure du diamètre d'un cheveu.



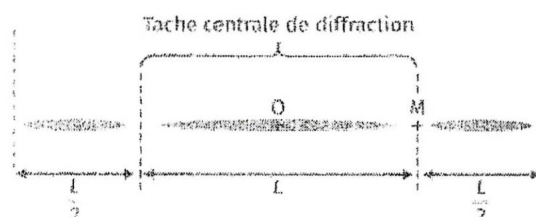
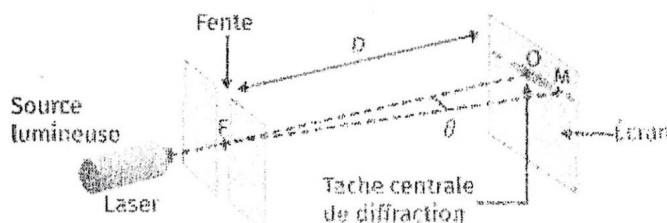
Le phénomène de diffraction, parfois considéré comme parasite dans les instruments d'optique, permet aussi de réaliser la mesure d'objets de très petite dimension. L'objectif de cette activité expérimentale est d'étudier cette possibilité de mesure.

Document 1 : Diffraction d'une onde lumineuse.

Une fente diffracte la lumière qui la traverse. Si la fente est suffisamment petite, la figure de diffraction, observée dans un plan parallèle à la fente, est constituée d'une série de tâches réparties sur un axe perpendiculaire à la direction de la fente. Ainsi, une fente verticale donne une figure de diffraction s'étalant sur un axe horizontal. Par ailleurs, la largeur L de la tâche centrale est deux fois plus grande que celle des autres. L'écart angulaire θ peut être calculé à partir de la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

avec θ : écart angulaire (rad) ; λ : longueur d'onde (m) ; a : largeur de la fente (m).



Document 2 : Théorème de Babinet.

Le théorème de Babinet énonce que deux objets de forme complémentaire produisent des figures de diffraction identiques. Ceci s'explique par le fait que le phénomène de diffraction est produit par les bords de l'objet diffractant. Ainsi un fil ou une fente de même largeur produisent des figures de diffraction identiques.



Document 3 : Matériel

- Laser rouge
- Ecran blanc
- Support pour diapositive
- Elévateur
- Mètre ruban
- Diapositive de 7 fentes calibrées
- Diapositive vide
- Ordinateur avec Regressi

I) Expression théorique de la largeur de la tâche centrale

- A partir des schémas du document 1, déterminer l'expression de $\tan(\theta)$ en fonction de la distance de la fente à l'écran notée D et de la largeur de la tâche centrale de la figure de diffraction notée L .
- Lorsque l'angle caractéristique de diffraction θ est suffisamment petit, on peut écrire $\tan(\theta) \approx \theta$, expérimentalement comment faire pour que θ soit considéré comme petit ?
- En déduire une relation entre la largeur de la tâche notée L et le largeur de la fente notée a .
- A quelle(s) condition(s) L et $\frac{1}{a}$ sont proportionnels ?
- Dans ces conditions que vaut le coefficient de proportionnalité noté k_{ref} ?

II) Validation expérimentale du modèle théorique

- Proposer un protocole expérimental permettant de montrer, à l'aide d'une exploitation graphique et du matériel à disposition, que L et $\frac{1}{a}$ sont proportionnels (prendre en compte les réponses des questions 2 et 4).
- Réaliser le montage expérimental et effectuer une série de 7 mesures selon le protocole décrit précédemment. Reporter les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous, en indiquant les grandeurs mesurées ainsi que leurs unités.

L (m) (..)	0,3	0,47	0,5	0,2	0,18	0,08	0,06
$\frac{1}{a}$ (m) (..)	0,04	0,08	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4

- Utiliser les fonctionnalités de Regressi, afin d'afficher la modélisation graphique représentant $L = f(\frac{1}{a})$.
- A partir du graphique obtenu, justifier que les deux grandeurs L et $\frac{1}{a}$ sont proportionnelles.

10. Que vaut le coefficient de proportionnalité noté k_{mes} ?
11. A l'aide de la fiche sur les incertitudes, déterminer l'incertitude sur la mesure de la distance entre la fente et l'écran notée $u(D)$ et l'incertitude sur la mesure de la largeur de la tâche notée $u(L)$. Puis entrer ses incertitudes dans Regressi (afin que les incertitudes précédentes soient prises en compte par Regressi, cliquer sur Options puis sur Calculs avec incertitudes et enfin sur Ajuster). Noter la valeur affichée, elle correspond à $2 \cdot u(k_{mes})$.
12. En déduire si le modèle théorique est-il compatible avec le modèle expérimental en calculant $\frac{|k_{mes} - k_{ref}|}{u(k)}$.

III. Détermination du diamètre d'un cheveu

13. Proposer un protocole expérimental pour déterminer expérimentalement le diamètre, d'un cheveu en utilisant la modélisation graphique précédente.
14. Réaliser la mesure et indiquer le diamètre du cheveu noté d . Vous détaillerez le raisonnement et les calculs effectués.