

Diffraction et mesure de longueur

CONTEXTE DU SUJET

Britney est en pleine déprime, elle ne sait pas quel shampoing choisir pour ses cheveux ... un shampoing volumateur pour cheveux fins ou un shampoing lissant pour cheveux épais et indisciplinés ? Un réel dilemme existentiel !!

Si seulement elle pouvait mesurer l'épaisseur d'un de ses cheveux ! Saurez-vous l'aider avant de choisir la boule à 0



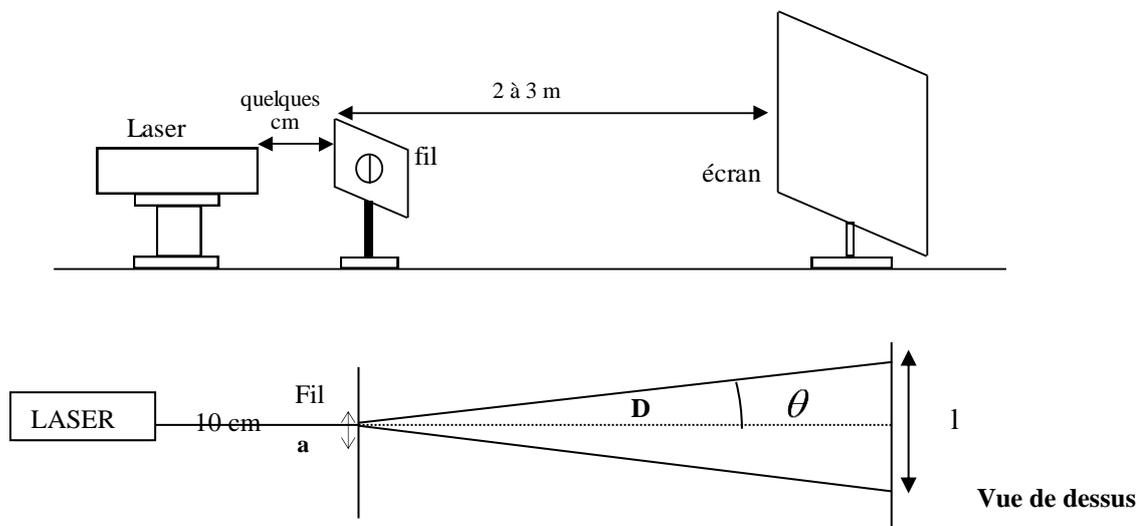
PREMIERE PARTIE : A LA DECOUVERTE DE LA DIFFRACTION

Quand une onde rencontre un trou ou un obstacle de petite dimension, la direction de propagation de l'onde est modifiée : c'est le phénomène de diffraction. On propose dans cette première partie de répondre à la question suivante :

Comment lier la dimension de l'objet diffractant et la largeur de la tache de diffraction ?

QUELQUES DOCUMENTS

Document 1 : Observer le phénomène de diffraction



Document 2 : Les outils mathématiques et la diffraction

- θ est l'angle entre le centre de la tache centrale et le centre de la première extinction.
- pour de petits angles, $\tan(\theta) = \frac{opp}{adj} \approx \theta$.
- L'angle θ a une unité mathématique (radian) mais pas physique : l'angle est donc sans unité.
- La détermination numérique d'une constante sera meilleure si cette constante correspond au coefficient directeur de la droite représentative d'un modèle

REALISER et ANALYSER

Pour résoudre cette problématique, vous allez réaliser le dispositif expérimental décrit dans le document n°1

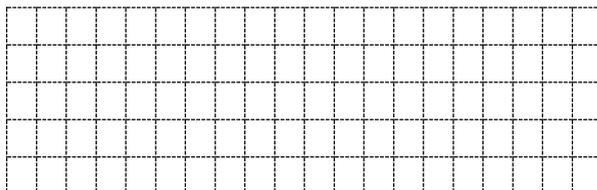
Dispositif expérimental :

Un fil vertical d'épaisseur a est placé dans son support à environ 10 cm de la source lumineuse. Le **fil** doit intercepter le **faisceau laser** (on voit la partie du **fil** située dans le **faisceau laser** illuminée en rouge).

L'écran est placé à environ 2 m du fil (vous mesurerez précisément $D = \dots\dots\dots$), bien perpendiculaire au rayon laser.



1. Quelle précaution faut-il prendre lorsqu'on manipule un laser ?
2. Décrire la figure observée sur l'écran ? Reproduire **la figure** dans le quadrillage ci-dessous.



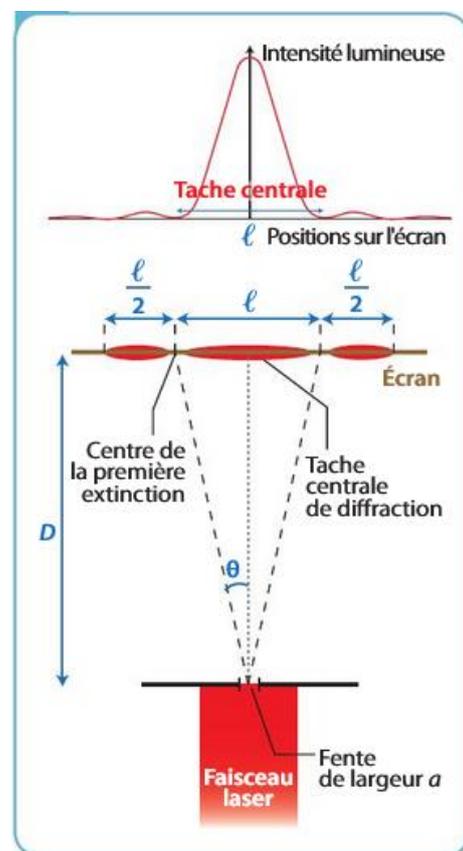
La figure obtenue sur l'écran s'appelle « figure de diffraction ».

3. Dans l'approximation des angles petits ($\tan \theta \approx \theta$), donner l'expression de θ en fonction de D et l (voir doc 2 et la figure ci-contre).

4. Pour chaque fil, mesurer la distance « l » séparant les deux parties obscures placées de part et d'autre de la **tâche centrale** et compléter le tableau suivant :

a (m)					
l (m)					
θ (rad)					

5. Comment semble varier la longueur l de la tache centrale de diffraction en fonction de l'épaisseur a du fil



Faire vérifier les résultats



6. En traçant une courbe judicieusement choisie à l'aide d'un tableur-grapheur (ou sur une feuille de papier millimétré), montrer que θ est inversement proportionnel à a .

7. Déterminer le coefficient de proportionnalité à l'aide du logiciel (ou à la main) puis imprimer la courbe.

→ Comparer ce coefficient de proportionnalité à la longueur d'onde λ du laser utilisé.

Lorsqu'une onde lumineuse rencontre un obstacle de dimension voisine de sa longueur d'onde λ , sa direction de propagation est modifiée : c'est le phénomène de diffraction. L'onde diffractée présente alors des maxima et des minima d'amplitude (zones lumineuses et zones d'ombre).

La demi-ouverture θ (exprimée en radians) de la tache centrale de diffraction par une fente fine de largeur a éclairée en lumière monochromatique de longueur d'onde λ vérifie $\theta = \frac{\lambda}{a}$. Cette relation est identique lorsque l'objet diffractant n'est pas une fente mais un fil de diamètre a .

Rappel mathématique : Lorsqu'une grandeur a est reliée à des grandeurs b et c , dont les incertitudes absolues sont connues, par la relation $a = \frac{b}{c}$ ou $a = b \times c$, l'incertitude relative $\frac{U(a)}{a}$ s'obtient par la relation :

$$\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 = \left(\frac{U(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{U(c)}{c}\right)^2$$

8. Exprimer λ en fonction de a , I et D puis évaluer les incertitudes de chaque grandeurs et en déduire l'incertitude type $U(\lambda)$.

9. Calculer le z-score Q et commenter.

Faire vérifier les résultats



VALIDER

Le diamètre d'un cheveu varie de 50 à 100 μm environ. Les cheveux fins contiennent jusqu'à 50 % de protéines en moins par rapport aux cheveux épais. Leur diamètre moyen est de 50 à 70 μm , contre environ de 80 à 100 μm (voire plus) pour les cheveux moyens à épais. Par conséquent, les cheveux fins possèdent de nombreuses particularités qui doivent être prises en compte lors du développement de produits capillaires et de coiffage adaptés à cette structure de cheveux.

→ En utilisant le matériel mis à votre disposition et la courbe tracée précédemment, proposer une méthode permettant d'estimer l'épaisseur du cheveu de Britney.

Vérification du protocole



→ Mettre en œuvre le protocole et aider Britney !