

**Détermination de l'épaisseur d'un objet fin par diffractométrie****I. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT**

NOM :

Prénom :

**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 ? Question existentielle me direz-vous !*

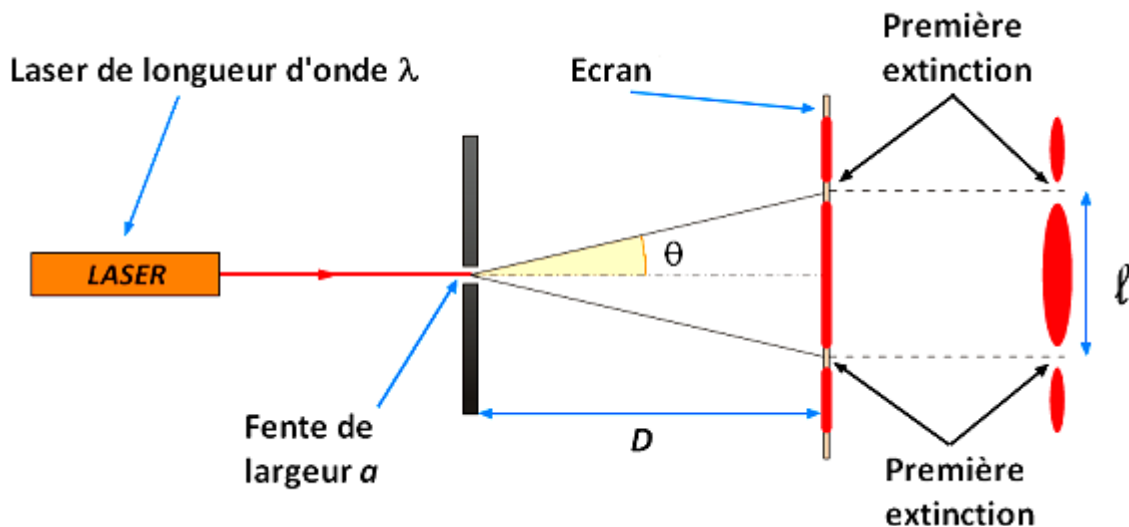
*Si seulement elle pouvait mesurer l'épaisseur d'un de ses cheveux ! Saurez-vous l'aider car j'ai bien peur qu'elle ne se rase la tête de dépit !*

**DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DU CANDIDAT****Document 1 : Épaisseur des cheveux**

Le diamètre d'un cheveu varie de 50 à 100  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$ , contre environ de 80 à 100  $\mu\text{m}$  (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.

**Document 2 :** Lorsqu'une onde lumineuse rencontre un obstacle de dimension voisine de sa longueur d'onde  $\lambda$ , sa direction de propagation est modifiée : c'est le phénomène de diffraction. Le phénomène est d'autant plus marqué que la dimension est petite par rapport à  $\lambda$ . L'onde diffractée présente alors des maxima et des minima d'amplitude (zones lumineuses et zones d'ombre). L'angle  $\theta$  appelé « écart angulaire » est défini à partir de la tache centrale et de la première extinction. Il est mesuré en radians.

Si la distance  $D$  est grande devant la longueur  $l$  de la tache centrale alors  $\theta \approx \tan \theta = \frac{l}{2D}$



**Détermination de l'épaisseur d'un objet fin par diffractométrie**

**Document 3** : Jacques BABINET est un physicien français né à LUSIGNAN (Vienne) en 1794, et mort à Paris en 1872. Il est aujourd'hui peu connu des profanes et l'est à peine plus des scientifiques, mais il fut un excellent physicien, et surtout un très grand vulgarisateur.

En 1841, le physicien suisse Daniel Colladon montre, à Genève, que la lumière est guidée par les filets d'un jet d'eau. En 1842, Jacques Babinet constate la même chose dans les filets d'eau et des bâtons en verre. Il apporte donc une contribution à la découverte des fibres optiques ! Il est encore connu par son théorème sur les écrans complémentaires en diffraction : il démontre que, moyennant certaines conditions de distance, les figures de diffraction produites par deux écrans complémentaires (par exemple, un fil et une fente de même largeur) sont identiques.

**TRAVAIL A EFFECTUER****1. (40 min conseillées)**

1.1 Quelle précaution de sécurité faut-il prendre lorsqu'on manipule un laser ?

.Ne pas regarder directement le faisceau, ne pas éclairer le visage

1.2 A partir de la couleur du laser utilisé, justifier que l'on puisse former des figures de diffraction avec les fentes marquées sur la diapositive.

Laser de couleur rouge, longueur d'onde  $\lambda = 650 \text{ nm}$  soit de l'ordre du  $\mu\text{m}$ . Les fentes les plus fines sont de l'ordre de  $10 \lambda \Rightarrow$  diffraction.

1.3 Former une figure de diffraction par une fente sur un écran situé à 1,50m de la diapositive.

**APPEL N°1****Appeler le professeur pour vérification du montage ou en cas de difficulté**

1.4 Mesurer avec précision la longueur de la tache centrale correspondant à la plus petite des fentes disponibles :

Pour  $a = \dots\dots 40 \dots \mu\text{m} = \dots\dots 40,10^{-6} \dots \text{m} \Rightarrow$  on obtient  $l = \dots\dots 4,8 \dots \text{cm} = \dots\dots 4,8,10^{-2} \dots \text{m}$

1.5 En procédant à des mesures sur le même principe, compléter le tableau suivant :

largeur de la fente $a$ ( $\mu\text{m}$ )	Longueur de la tache centrale $l$ (cm)
40	4,8
50	3,8
100	2,0
120	1,7
228	0,7
400	0,5

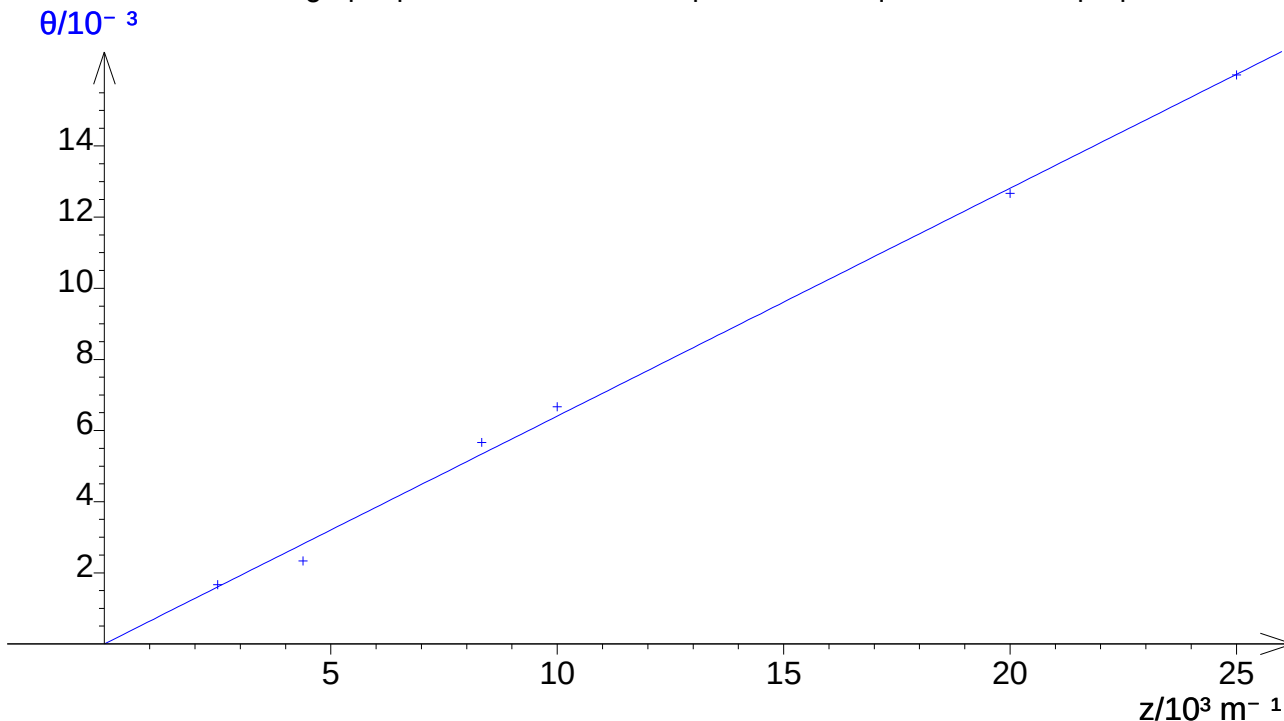
1.6 Dans le logiciel Regressi, saisir les valeurs précédentes après avoir créé les deux grandeurs correspondantes.

**Détermination de l'épaisseur d'un objet fin par diffractométrie**

1.7 Ajouter une grandeur  $z$  telle que  $z = \frac{1}{a}$

1.8 Créer une nouvelle colonne pour l'écart angulaire  $\theta$  en radian (raccourci clavier CTRL+t).

1.9 Réaliser ensuite le graphique  $\theta$  en fonction de  $z$  pour montrer que  $\theta$  et  $z$  sont proportionnels.



1.10 Modéliser de la façon adaptée.

Bien sûr avec une fonction linéaire.

1.11 Noter le résultat de la modélisation

On obtient  $\theta = 6,41 \cdot 10^{-7} \times z = 6,41 \cdot 10^{-7} \times (1/a)$

**APPEL N°2**

Appeler le professeur pour lui présenter le tableau et le graphique ou en cas de difficulté.

## 2. (20 min conseillées)

2.1. Serait-il possible de mesurer directement (à la règle) le diamètre d'un cheveu ? Justifier.

Un cheveu même épais reste trop fin pour une mesure directe.

2.2 Proposer un protocole permettant de déterminer avec précision le diamètre du cheveu de Britney.

Une fois que l'on dispose de la droite reliant  $\theta$  à  $1/a$ , on peut mesurer la largeur de la tache centrale de diffraction.

Calculer  $\theta$ .

Par comparaison sur la droite, déterminer  $1/a$  et calculer  $a$  pour finir.

**Détermination de l'épaisseur d'un objet fin par diffractométrie**

2.3 Réaliser l'expérience proposée à la question 2.2 et déterminer avec précision l'épaisseur  $a$  du cheveu fourni. On attend une détermination par un calcul dont il faudra les étapes ici (valeur mesurée, calculs ...).

Avec le cheveu, on mesure une largeur 3,4cm pour la tâche centrale de diffraction.

On calcule  $\theta = \frac{3,4}{2 \cdot 150} = 0,01133 \text{ rad}$

On calcule  $a = 6,41 \cdot 10^{-7} \times \left(\frac{1}{0,01133}\right) = 5,6575 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 56,575 \mu\text{m}$

L'incertitude sur la mesure du cheveu est donnée par :

avec comme incertitudes liées aux mesures, les valeurs :  $U(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(l)}{l}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$

$U(\lambda) = 1 \text{ nm}$  ;  $U(D) = 1 \text{ cm}$  et  $U(l) = 1 \text{ mm}$ .

On précise que, pour le laser,  $\lambda = 650 \text{ nm}$ .

2.4 Calculer  $U(a)$  et présenter le résultat de la mesure sous la forme  $a \pm U(a)$  .

$$U(a) = 56,575 \times \sqrt{\left(\frac{1}{650}\right)^2 + \left(\frac{1}{34}\right)^2 + \left(\frac{1}{150}\right)^2} = 1,7 \mu\text{m} = 2 \mu\text{m}$$

Le résultat de la mesure est  $a = 57 \pm 2 \mu\text{m}$

2.5 Quel shampoing conseiller à Britney ?

Il semble que Britney ait des cheveux assez fins , donc un shampoing volumateur est adapté.