

**ACTIVITE EXPERIMENTALE**

Propriétés des ondes « Diffraction »
Parce que vous valez bien :

Nom :

Nom :

Objectif : Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.

Compétences travaillées (capacités et attitudes) :

- **ANA :** formuler une hypothèse ; proposer un protocole expérimental.
- **REA :** réaliser un dispositif expérimental ; utiliser l'outil informatique de manière adaptée.

ANA	REA	VAL	20

VAL : exploiter et interpréter des observations, des mesures.

Contexte :

Aya nakamura 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 ! Sauriez-vous l'aider pour choisir son cheveu ? Car j'ai bien peur qu'elle ne se rase la tête de dépit pour chanter à l'ouverture des JO à Paris !

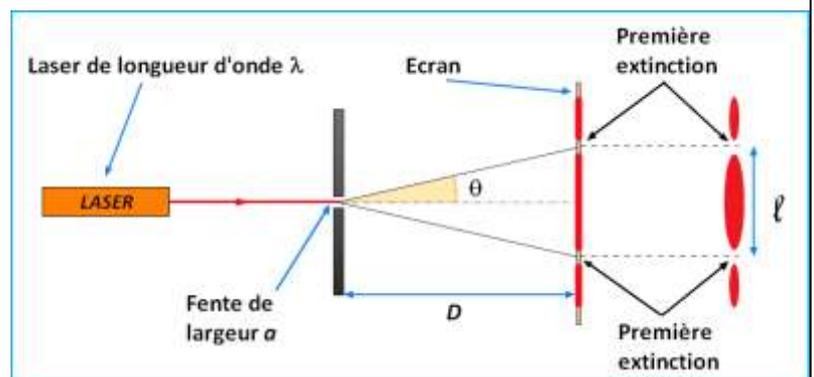
**Documents mis à disposition****Document 1 : Epaisseur des cheveux**

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.

Document 2 : La diffraction de la lumière

Lorsqu'une onde lumineuse rencontre un obstacle (ex : cheveu) ou une ouverture (fente) de dimension voisine de sa longueur d'onde λ, 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 λ. L'onde diffractée présente alors des maxima et des minima d'amplitude (zones lumineuses et zones d'ombre).



L'angle θ appelé « écart angulaire » est défini à partir la **largeur de la tache centrale ℓ** mesurée entre les 2 premières **extinctions** (voir le schéma). Il est défini en radians.

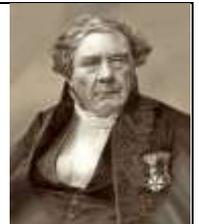
Si la distance D est grande devant la longueur ℓ de la tache centrale alors θ (rad) est petit et

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{\ell/2}{D} = \frac{\ell}{2D} \quad (\text{relation 1})$$

Document 3 : Le principe de Babinet

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.**

Document 4 :

Un fichier Excel «act-4-diffraction.xls» sur le site capneuronal.

Matériel mis à disposition

- 1 laser de longueur d'onde $\lambda = \dots\dots\dots$ nm , avec son support (lire sur le laser)
- 1 diapositive avec 6 fentes de largeurs connues et une de largeur inconnue
- 1 support pour la diapositive, 1 écran, un mètre ruban
- 1 diapositive avec un cheveu d'Aya nakamura commandée sur un site.



Travail à réaliser

1. Une première expérience:

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

.....
.....

1.2. A l'aide du matériel à disposition, former une figure de diffraction (montage du doc.2) à travers la fente $a = 40 \mu\text{m}$ de votre choix. La distance D devra être supérieure ou égale à 150 cm.

Mesurer, pour $a = 40 \mu\text{m} = \dots\dots\dots$ m, \Rightarrow on obtient une largeur de tache centrale $\ell = \dots\dots\dots$ cm = $\dots\dots\dots$ m

Calculez l'écart angulaire θ (rad) :	Dessinez les taches de diffraction sans tenir compte de l'échelle et placez ℓ

1.3. Mesurer avec précision la longueur ℓ comprise entre les 2 extinctions de la tache centrale et reporter la valeur dans le tableau ci-dessous.

Fente n°	1	2	3	4	5	6
a (μm)	40	50	100	120	280	400
ℓ (cm)						

ATTENTION, la distance D devra rester constante tout au long des expériences suivantes.

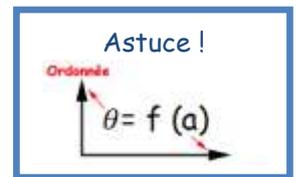
APPEL N°1 Appeler le professeur pour lui présenter le montage et votre mesure ou en cas de difficulté.

1.4. Faire les mesures nécessaires afin de compléter le tableau ci-dessus.

1.5. Ouvrir le fichier «act-4-diffraction.xls» sous le tableur Excel puis tracez 3 les graphes :

(1) $\theta = f(a)$ (2) $\theta = f(a^2)$ et (3) $\theta = f(1/a)$

Attention a et ℓ seront exprimés en m



1.6. Parmi les 3 courbes obtenues, quelle est celle où l'on peut observer une fonction linéaire ? Que peut-on dire alors entre les 2 variables ? Quelle relation a-t-on entre les 2 variables ?

Sous Excel, déterminez l'équation de la droite en précisant les unités de chacun des variables mais aussi l'unité de la constante.

Imprimez la feuille Excel après avoir vérifié (aperçu avant impression) que tout rentre sur une page.

APPEL N°2 Appeler le professeur pour lui vos résultats ou en cas de difficulté.

2. Proposer un protocole :

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

.....
.....

2.2. Proposer un protocole permettant de déterminer avec précision le diamètre du cheveu d'Aya nakamura.

.....
.....
.....
.....
.....

APPEL N°3	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté.
------------------	---

3. Exploitation :

3.1. Réaliser l'expérience proposée à la question 2.2 et déterminer avec précision l'épaisseur a du cheveu fourni.

On attend une rédaction rigoureuse faisant apparaître les étapes ici (valeur mesurée, calculs, exploitation graphique ...).

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3.2. L'incertitude $U(a)$ sur la mesure du cheveu est donnée par :

$$U(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$$

L'incertitude $U(a)$ sur la mesure du cheveu est liée aux incertitudes des différentes mesures effectuées : mesures sur la longueur d'onde λ , la mesure de la distance D et la mesure de la largeur de la tache centrale ℓ :

Incertitudes sur les mesures : $U(\lambda) = 1 \text{ nm}$; $U(D) = 1 \text{ cm}$ et $U(\ell) = 1 \text{ mm}$.

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

3.3. Quel shampoing peut-on conseiller à Aya nakamura ? Vite elle attend ...

.....
.....