Terminale	Correction Série 2 : Diffraction et Interférence	OMRI Rafik

Exercice N°1 :

I. Laser et fil vertical (10 points)

1) Le phénomène observé est caractéristique d'une onde. Donc la lumière a un aspect ondulatoire. Le phénomène observé est la diffraction.
2) La lumière émise par la source laser est monochromatique : cela signifie que la lumière laser est constituée d'une seule radiation de fréquence fixée (ou de longueur d'onde dans le vide fixée). Le spectre de cette lumière laser est constitué d'une seule raie colorée sur un fond noir.
3)

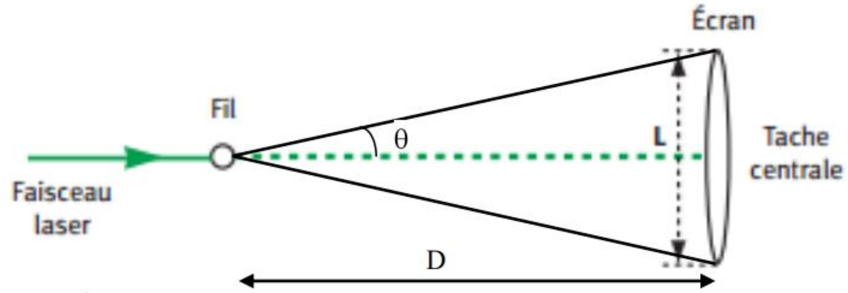


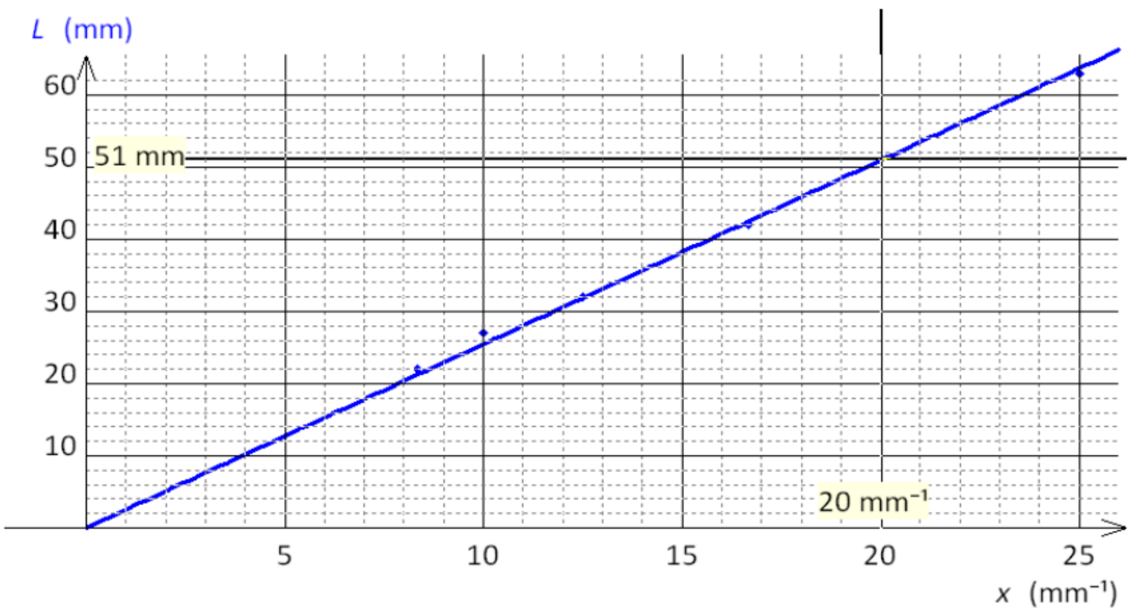
Figure 2 : vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la figure

4) $\tan(\theta) = \frac{(L/2)}{D} = \frac{L}{2D}$ or $\tan(\theta) \approx \theta$ soit $\theta \approx \frac{L}{2D}$
5) Pour la diffraction, $\theta = \frac{\lambda}{a}$ avec λ en m, a en m et θ en radian.
6) $\theta \approx \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$ d'où $a \times L = 2D \times \lambda$ donc $\boxed{L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}}$

7) Pour λ et D fixés, la largeur L « de la tache centrale » est inversement proportionnelle au diamètre a du fil diffractant. Donc la tache centrale la plus grande correspond au fil de diamètre le plus petit :
Figure A ⇔a1= 60 µm ; Figure B ⇔a2= 80 µm
8)

a (mm)	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
L (mm)	63	42	32	27	22
$x = \frac{1}{a}$ (mm^{-1})	25	16,7	12,5	10	8,33

9)



10) Le graphe L = f(x) montre une droite qui passe par l'origine : donc la largeur L de la tache centrale est proportionnelle à l'inverse du diamètre du fil, car $x = 1/a$. L'équation modélisant la droite est de la forme: $L = k \times x$ avec k le coefficient directeur de cette droite. Ceci est en accord avec l'expression $L = \frac{2\lambda \times D}{a}$ car D et λ sont constantes. On obtient $k = 2\,\lambda \times D$

11) $k = \frac{51\text{mm}}{20\text{mm}^{-1}} = 2{,}55\ \text{mm}^2 = 2{,}55 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$; $k = 2\,\lambda \times D$ d'où $\lambda = \frac{k}{2D} = \frac{2{,}55 \times 10^{-6}}{2 \times 2{,}50} = 5{,}10 \times 10^{-7}\ \text{m} = 510\ \text{nm}$

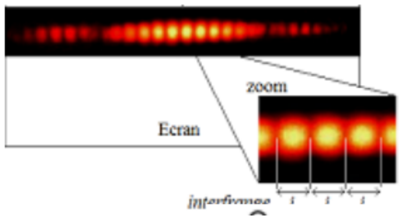
12) La fréquence f_0 de la lumière monochromatique émise par la source laser est : $f_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{5{,}1 \times 10^{-7}} = 5{,}88 \times 10^{14}$ Hz

13) La fréquence d'une radiation monochromatique est indépendante du milieu de propagation traversé donc la fréquence de la lumière laser ne change pas à la traversée du verre flint. Pour la longueur d'onde λ : $n = \frac{c}{v}$ où c représente la célérité de la lumière dans le vide et v la célérité de la lumière dans le milieu d'indice n ; donc $v = \frac{c}{n}$

$\lambda(\text{vide}) = \frac{c}{f}$; $\lambda(n) = \frac{v}{f} = \frac{c}{n.f} = \frac{\lambda\ (\text{vide})}{n}$. La longueur d'onde λ varie avec le milieu de propagation.

Pour la couleur : ce qui caractérise la couleur de la radiation est la fréquence et non la longueur d'onde, donc la couleur de la radiation ne change pas à la traversée du verre flint.

14) Ce phénomène est une figure d'interférences. L'interfrange i est la grandeur caractéristique de ce phénomène.

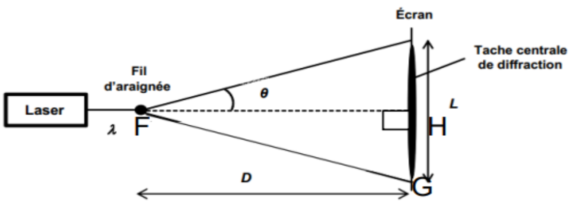


Exercice N°2 :

3.1. La diffraction met en évidence le caractère ondulatoire de la lumière.

3.2. On a $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

Par ailleurs dans le triangle FGH, rectangle en H, on a



$$\tan(\theta) = \frac{GH}{FH} = \frac{\frac{L}{2}}{D} = \frac{L}{2.D}$$

Ici l'angle θ est petit, alors tan (θ) = θ donc $\theta = \frac{L}{2.D}$.

On obtient $L = 2.D.\theta$, en remplaçant θ par $\frac{\lambda}{a}$, on retrouve $\boxed{L = 2.D.\frac{\lambda}{a}}$

3.3. D'après l'expression précédente $a = \frac{2.D.\lambda}{L}$.

$$a = \frac{2 \times 2{,}00 \times 615 \times 10^{-9}}{0{,}188} = 1{,}31 \times 10^{-5}\ \text{m} = 13{,}1 \times 10^{-6}\ \text{m} = 13{,}1\ \mu\text{m}$$

Remarque : Pour le calcul, on ne tient pas compte des incertitudes indiquées.

3.4. Pour obtenir l'encadrement demandé, il faut calculer $U(a)$.

$$\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 = \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2$$

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

$$U(a) = a.\sqrt{\left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2}$$

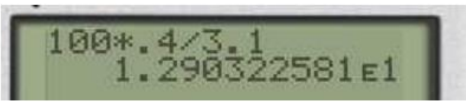
Comme D = 2,00 ± 0,01 m alors U(D) = 0,01 m,
et comme L = 18,8 ± 0,4 cm alors U(L) = 0,4 cm.
D'autre part a = 13,1 µm.

$$U(a) = 13{,}1 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}01}{2{,}00}\right)^2 + \left(\frac{0{,}4}{18{,}8}\right)^2} = \mathbf{0{,}3\ \mu m}$$

On a arrondi l'incertitude à un seul chiffre significatif par excès.
Dès lors **a = 13,1 ± 0,3 µm**.

Remarque concernant les unités : il faut veiller à ce que U(D) et D possèdent la même unité, ainsi leur rapport est sans unités. De même pour U(L), L et leur rapport. Alors U(a) possède la même unité que a.

3.5. Sur le schéma l'échelle indiquée en bas à gauche donne 3,1 cm → 100 µm
Le diamètre mesure d = 0,4 cm → a µm

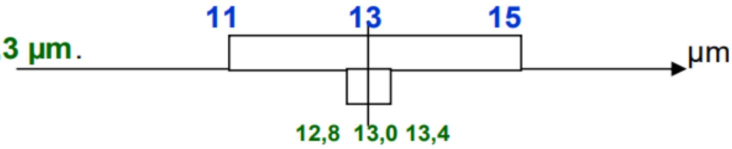


$a = \dfrac{100 \times 0,4}{3,1}$ = 13 µm
valeur stockée en mémoire

$\dfrac{U(a)}{a} = \dfrac{U(d)}{d}$ donc $U(a) = a.\dfrac{U(d)}{d}$

Si on estime l'incertitude absolue $U(d)$ de la mesure à la règle à 0,05 cm, alors $U(a) = 12,9 \times \dfrac{0,05}{0,4}$ = 1,6 µm, on arrondit par excès en ne conservant qu'un chiffre significatif.
***U*(*a*) = 2 µm**
Finalement cette méthode par microscopie conduit à ***a* = 13 ± 2 µm**.

3.6. Par diffraction on obtient ***a* = 13,1 ± 0,3 µm**.



Les deux méthodes de mesure sont cohérentes car elles donnent des intervalles qui se recouvrent partiellement.

3.7. On voit que l'intervalle obtenu par diffraction est plus étroit que celui obtenu par microscopie, ainsi il faut privilégier la méthode de mesure par diffraction.

4. Élasticité et solidité d'un fil d'araignée

4.1. $\Delta L = \dfrac{F.L_0}{E.\pi.R^2}$ donc $E = \dfrac{F.L_0}{\Delta L.\pi.R^2}$

Dans l'expression $\dfrac{F.L_0}{\Delta L.\pi.R^2}$, on remplace chaque grandeur par son unité.

$\dfrac{F.L_0}{\Delta L.\pi.R^2}$ devient $\dfrac{N.m}{m.m^2} = \dfrac{N.m}{m^3} = N.m^{-2}$.
E s'exprime effectivement en $N.m^{-2}$.

4.2. $E = \dfrac{F.L_0}{\Delta L.\pi.R^2}$ avec $\Delta L = L - L_0$

$E = \dfrac{0,03 \times 6,5}{(7,7-6,5) \times \pi \times (2,5 \times 10^{-6})^2}$ = 8×10^9 $N.m^{-2}$ on retrouve la valeur fournie dans le tableau.

Remarque : inutile de convertir L et ΔL en m, il faut juste les laisser dans la même unité.

4.3. On considère qu'une fibre est plus élastique lorsqu'elle est capable de s'allonger davantage.
La formule $\Delta L = \dfrac{F.L_0}{E.\pi.R^2}$ montre que plus le module de traction E diminue et plus l'allongement ΔL augmente.
Les fibres possédant un module faible sont plus élastiques.
On peut classer les fibres par élasticité croissante :
– élastique laine, cheveu, soie d'araignée, nylon + élastique

4.4. Longueur maximale = longueur initiale + 35% de la longueur initiale
$L = L_0 + 0,35.L_0$
$L - L_0 = 0,35.L_0$
$\Delta L = 0,35.L_0$

Comme $\Delta L = \dfrac{F.L_0}{E.\pi.R^2}$

Alors $0{,}35.L_0 = \dfrac{F.L_0}{E.\pi.R^2}$

$0{,}35 = \dfrac{F}{E.\pi.R^2}$

$F = 0{,}35.E.\pi.R^2$ force maximale de traction avant rupture.

Cette force peut être exercée par une masse suspendue verticalement au fil.

La masse tire sur le fil avec une force égale au poids de la masse.

$F = P$

$0{,}35.E.\pi.R^2 = m.g$

$m = \dfrac{0{,}35.E.\pi.R^2}{g}$

$m = \dfrac{0{,}35\times 8\times 10^9 \times \pi \times \left(2{,}5\times 10^{-6}\right)^2}{9{,}8}$

$m = 5{,}6\times 10^{-3}$ kg,

Si on conserve un seul chiffre significatif il faut arrondir par défaut, car au-delà de 5,6 g le fil casse finalement ***m* = 5 g**.