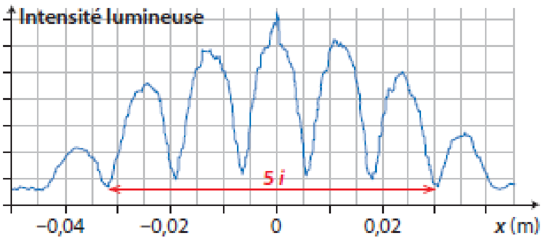
16 Calculer un interfrange

On mesure sur la figure l'interfrange i.



On a : $5\,i = (0{,}031 \text{ m} - (-0{,}032 \text{ m}) = 0{,}063$ m d'où $i = 13$ mm.

20 À chacun son rythme

Les effets de la houle

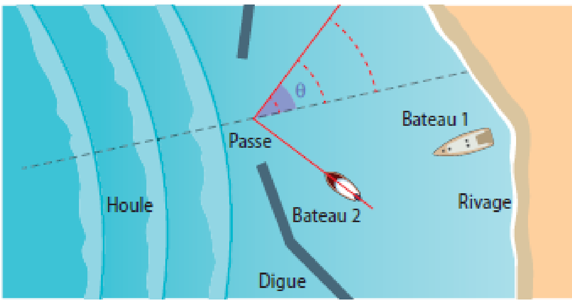
1. La longueur d'onde de la houle est $\lambda = 30$ m ; la taille de l'ouverture est $a = 40$ m.

2. a. Le phénomène de diffraction est pris en compte si la longueur d'onde de la houle et la taille de l'ouverture sont du même ordre de grandeur, ce qui est le cas ici. On peut donc prendre en compte le phénomène de diffraction.

b. L'angle caractéristique de diffraction est donné par $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{30 \text{ m}}{40 \text{ m}}$.

Donc $\sin\theta = \dfrac{30 \text{ m}}{40 \text{ m}} = 0{,}75$, ce qui conduit à $\theta = 49°$.

c. On trace l'angle caractéristique de diffraction sur le schéma :

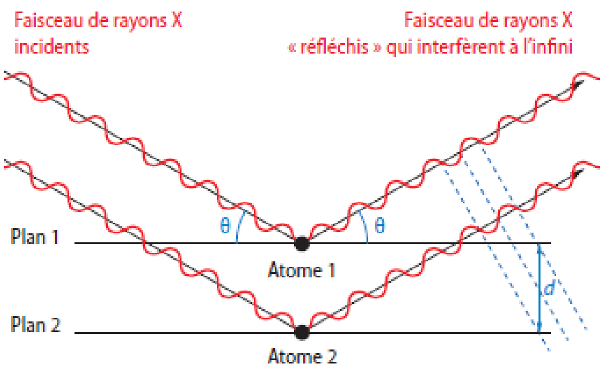


3. Le bateau 2 est sur la ligne d'extinction, il est mieux protégé que le bateau 1.

24 Rayons X et structure cristalline

1. Les interférences sont constructives si les ondes qui se superposent sont en phase.
Les interférences sont destructives si les ondes qui se superposent sont en opposition de phase.

2. D'après le schéma, les ondes réfléchies par les atomes 1 et 2 sont en phase, donc les interférences seront constructives.



3. Pour des interférences constructives et une différence de chemin optique minimale, on a $\Delta L = \lambda_0$. Cette différence est obtenue pour $k = 1$.
La distance d entre deux plans d'atomes 1 et 2 voisins dans un cristal est donnée par la relation :

$$d = \frac{\Delta L}{2 \times \sin\theta} \text{ soit } d = \frac{\lambda_0}{2 \times \sin\theta}.$$

$$\text{Donc } d = \frac{0{,}154 \times 10^{-9} \text{ m}}{2 \times \sin(10{,}4\,°)} = 4{,}27 \times 10^{-10} \text{ m soit } d = 0{,}427 \text{ nm.}$$

26 Interfrange et longueur d'onde

1. a. On observe une frange brillante au point P si $\Delta L = k \times \lambda_0$ où k est un entier relatif.

b. On observe une frange sombre au point P si $\Delta L = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda_0$.

2. L'interfrange i est la différence entre les abscisses consécutives x_k et x_{k+1} de deux points pour lesquels on observe des interférences de même type :

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\Delta L_{k+1} \times D}{b} - \frac{\Delta L_k \times D}{b}.$$

Prenons une frange brillante de rang k, on a $\Delta L_k = k \times \lambda_0$; pour une frange brillante de rang $k + 1$, on a $\Delta L_{k+1} = (k + 1) \times \lambda_0$.

$$\text{Il vient alors } i = \frac{(k+1) \times \lambda_0 \times D}{b} - \frac{k \times \lambda_0 \times D}{b} \text{ soit } i = \frac{\lambda_0 \times D}{b}.$$

3. La longueur d'onde λ_0 de la radiation émise par le laser est :

$$\lambda_0 = \frac{i \times b}{D}$$

$$\lambda_0 = \frac{6{,}0 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0{,}20 \times 10^{-3} \text{ m}}{2{,}00 \text{ m}}$$

$\lambda_0 = 6{,}0 \times 10^{-7}$ m soit $\lambda = 600$ nm.

L'incertitude-type sur la longueur d'onde est :

$$u(\lambda_0) = \lambda_0 \times \sqrt{\left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}.$$

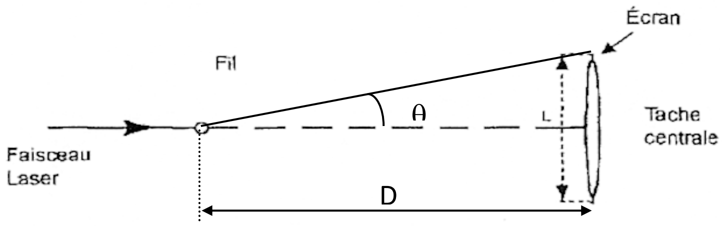
$$u(\lambda_0) = 6{,}0 \times 10^{-7} \text{ m} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1 \text{ mm}}{6{,}0 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01 \text{ mm}}{0{,}20 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01 \text{ m}}{2{,}00 \text{ m}}\right)^2}$$

$u(\lambda_0) = 4 \times 10^{-8}$ m.

4. L'encadrement de la longueur d'onde est :
$5{,}6 \times 10^{-7} \text{ m} < \lambda_0 < 6{,}4 \times 10^{-7}$ m.

Ex 1 : Diffraction de la lumière laser (Correction)

1.



2. Le schéma montre que: $\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$; θ étant petit et exprimé en radian, on a $\tan\theta \approx \theta$, donc $\theta = \frac{L}{2D}$

Or $\theta = \frac{\lambda}{a}$, donc en égalant les deux expressions de θ, il vient: $\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$ soit: **$L = \frac{2\lambda D}{a}$**

3) a) Le graphe L = f(1/a) 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, soit 1/a.

L'équation modélisant la droite est de la forme: $L = k * \frac{1}{a}$ avec k le coefficient directeur de cette droite.

Ceci est en accord avec l'expression $L = \frac{2\lambda D}{a} = 2\lambda D * \frac{1}{a}$ car D et λ sont constantes.

b) En comparant les expressions: $L = k * \frac{1}{a}$ et $L = 2\lambda D * \frac{1}{a}$ il vient: k = 2.λ.D soit: **$\lambda = \frac{k}{2D}$**

Soient les points de la droite de coordonnées (25 000; 0,068) et (0 ; 0).

On calcule le coefficient directeur de la droite : **$k = \frac{0{,}068}{25000} = 2{,}7.10^{-6}$ m² donc $\lambda = \frac{2{,}7.10^{-6}}{2*2{,}50} = 5{,}4\times10^{-7}$ m**

4) a) $\boldsymbol{a = \frac{2\lambda D}{L} = \frac{2\times405\times10^{-9}\times2{,}500}{3{,}40\times10^{-2}} = 5{,}9559\times10^{-5}\,m = 59{,}559\,\mu m}$

$$\mathrm{U}(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{\mathrm{U}(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{\mathrm{U(L)}}{L}\right)^2} = 59{,}559 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}001}{2{,}500}\right)^2 + \left(\frac{0{,}05}{3{,}40}\right)^2} = 0{,}9\ \mu m$$

Donc $\boldsymbol{a = (59{,}6 \pm 0{,}9)\mu m}$

b) $\frac{\Delta a}{\mathrm{a}} = \frac{0{,}9}{59{,}6} = 2\%$

Exercice 2 – Mesure de la taille des mailles d'un masque respiratoire (Correction)

Q1. Nommer le phénomène ondulatoire exploité par cette expérience.

Lorsque la lumière passe à travers la fente alors il se produit le phénomène de diffraction.

Q2. Déterminer la valeur de la moyenne de la longueur d'onde $\bar{\lambda}$. On admet que l'incertitude-type, u(λ), associée à la détermination de la longueur d'onde par cette expérience vaut 13 nm.

$\bar{\lambda} = \frac{615+685+621+682+664}{5}$ = 653 nm

Q3. Comparer le résultat obtenu avec la valeur de référence donnée par le fabricant du laser qui indique une longueur d'onde de valeur λ = 650 nm.

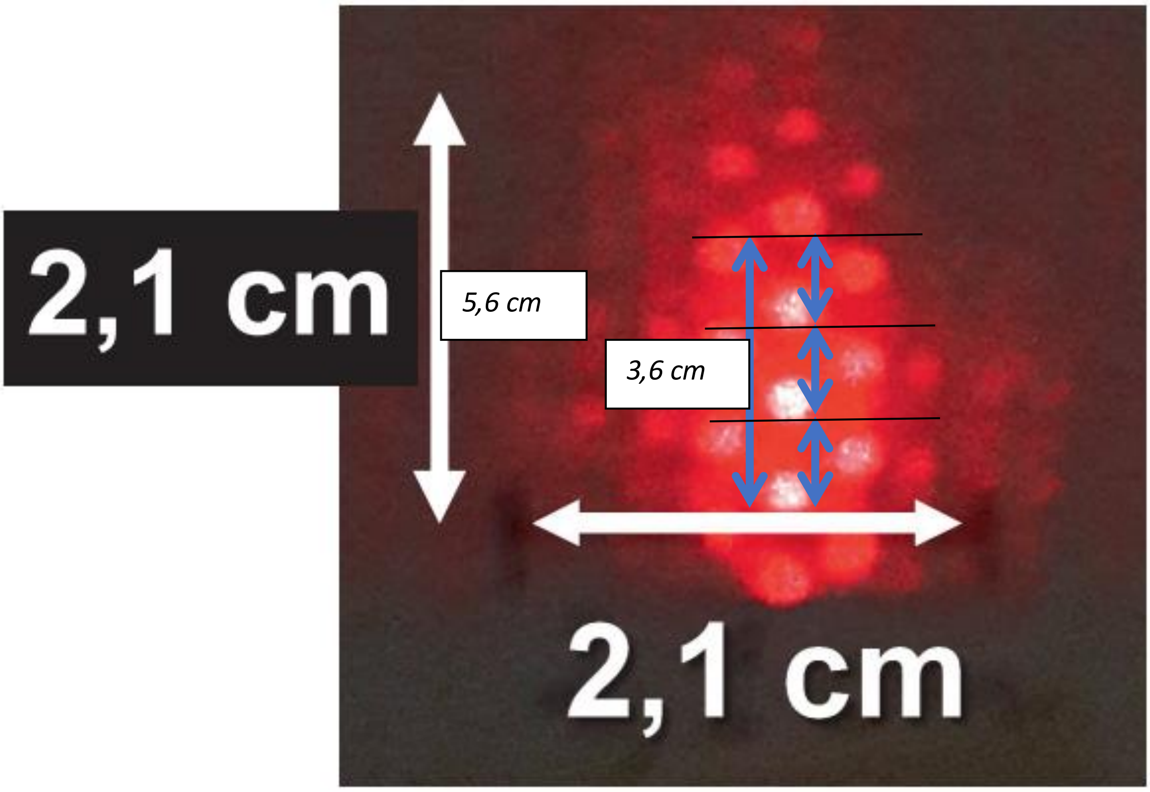
On peut calculer le z-score, $z = \frac{|\lambda_{\text{référence}} - \lambda_{\text{expériemental}}|}{u(\lambda)}$

$z = \frac{|650-653|}{13}$ = 0,23 < 2

Ainsi les mesures réalisées valident la valeur donnée par le fabricant.

Q4. Nommer les phénomènes physiques sous-jacents à l'expérience n°2.

Lors de l'expérience 2, il se produit des interférences.



Q5. En utilisant les données, estimer la valeur de la distance séparant deux fils horizontaux.

$i = \frac{\lambda.D}{b}$ donc $b = \frac{\lambda.D}{i}$

On mesure l'interfrange i sur la photographie de l'écran.

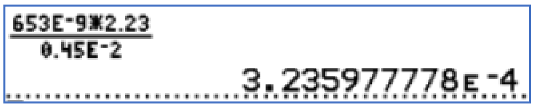
Pour plus de précision, on mesure la longueur de plusieurs interfranges.

3,6 cm schéma → 3i

5,6 cm schéma → 2,1 cm réels

$$i = \frac{3,6 \times 2,1}{3 \times 5,6} = 0,45 \text{ cm}$$

$b = \frac{\lambda . D}{i}$



$$b = \frac{653 \times 10^{-9} \times 2,23}{0,45 \times 10^{-2}} = 3,24 \times 10^{-4} \text{ m} = 3,2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Q6. Comparer la taille d'une maille (maille = trou) d'un masque, avec les dimensions des microgouttelettes expulsées lors de la respiration ou de l'éternuement. On néglige ici l'épaisseur des fils.

Le sujet indique que les microgouttelettes sont de diamètre de plusieurs dizaines de micromètres à une centaine de micromètres.

On a mesuré une distance entre les fils de $3,24 \times 10^{-4}$ m = $324 \times 10^{-2} \times 10^{-4}$ = 324×10^{-6} m = 324 µm.

Les mailles sont plus larges que les microgouttelettes.

Les masques homologués ont une efficacité de filtration des microgouttelettes très proche de 100 %.

Q7. Commenter ce résultat au regard de votre réponse à la question précédente.

Il faut revenir à la question posée en introduction « La filtration obtenue grâce aux masques repose-t-elle uniquement sur un effet de « passoire » ? »

Les gouttelettes sont assez petites pour passer à travers les mailles, pourtant on nous indique une efficacité de filtration très proche de 100%.

C'est donc que la filtration ne repose pas sur l'effet de passoire des masques.

Mais on peut aussi évoquer le fait qu'il y a deux couches superposées qui favorise la filtration.