DIFFRACTION

Exercice 4 :

1. On obtient des ondes sphériques après le passage d'une onde plane à travers une ouverture, le phénomène de diffraction est donc observable. Celui-ci est possible car l'ouverture est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde sur la photo.

2. **a.** La longueur d'onde se trouve à l'aide de la formule suivante :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{0{,}10}{5{,}0} = \mathbf{2,0 \times 10^{-2}\ m}$$

b. On mesure par exemple *la distance entre deux bandes blanches consécutives*. Pour plus de précision on va mesurer la distance correspondant à 3λ :

$$3\lambda = 6{,}0 \times 10^{-2}\ m \Leftrightarrow \lambda = \frac{6{,}0 \times 10^{-2}}{3} = \mathbf{2,0 \times 10^{-2}\ m}$$

c. On observe donc que la longueur d'onde **est inchangée** après que l'onde ait franchi l'obstacle.

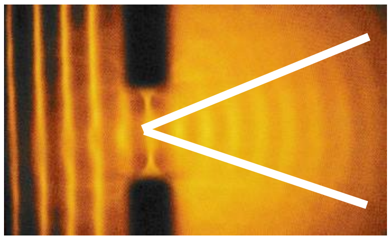
3. Sur la photo, l'obstacle a une ouverture $a = 7,0 \times 10^{-2}\ m$. Connaissant la longueur d'onde, on peut trouver la valeur de l'angle de diffraction :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{2{,}0 \times 10^{-2}}{7{,}0 \times 10^{-2}} = \mathbf{0,29\ rad}$$

On convertit ensuite la mesure en degrés (°) :

$$\theta = \frac{0{,}29 \times 180}{\pi} = \mathbf{16°}$$

On trouve la mesure donnée dans le livre en supposant que les auteurs considèrent que l'angle à déterminer est celui défini en prenant pour sommet de l'angle le centre de l'ouverture, et pour extrémités les directions des ondes circulaires, bien visibles sur la photo.
On a alors :



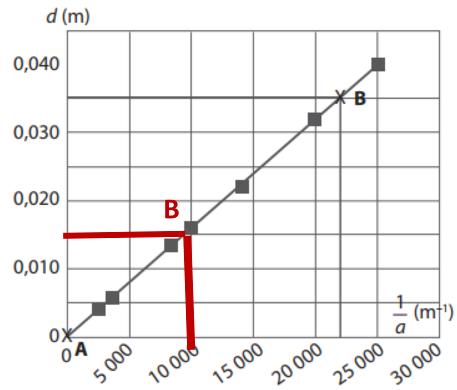
$$\boldsymbol{\theta_{livre} = 2 \times \theta = 32\ °}$$

Exercice 5 :

1. **a.** Tableau :

$l\ (m)$	4×10^{-3}	6×10^{-3}	$1{,}3 \times 10^{-2}$	$1{,}6 \times 10^{-2}$	$3{,}2 \times 10^{-2}$	$4{,}0 \times 10^{-2}$	$2{,}2 \times 10^{-2}$
$a\ (m)$	$4{,}0 \times 10^{-4}$	$2{,}8 \times 10^{-4}$	$1{,}2 \times 10^{-4}$	$1{,}0 \times 10^{-4}$	$0{,}5 \times 10^{-4}$	$0{,}4 \times 10^{-4}$	$0{,}7 \times 10^{-4}$
$\frac{1}{a}\ (m^{-1})$	$2{,}5 \times 10^{3}$	$3{,}6 \times 10^{3}$	$8{,}3 \times 10^{3}$	10×10^{3}	20×10^{3}	25×10^{3}	14×10^{3}

b. Graphique $l = f\left(\frac{1}{a}\right)$ représenté ci-dessous :



c. On obtient **une droite passant par l'origine**, ce qui signifie que cette relation peut être modélisée par une fonction linéaire.

d. D'après la théorie de la diffraction, nous avons deux formules :

⇨ Celle obtenue grâce au montage expérimental en utilisant la règle des petits angles :

$$\theta \approx \tan\theta = \frac{l}{2D}$$

⇨ Celle qui fait intervenir la longueur d'onde et l'ouverture de la fente :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

On obtient ainsi l'égalité suivante :

$$\frac{l}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Leftrightarrow l = \underbrace{(2D\lambda)}_{k} \times \frac{1}{a}$$

Ce qui montre la linéarité de la relation entre l et $\frac{1}{a}$. La cohérence avec le modèle de la diffraction est donc vérifiée.

2. **a.** Pour déterminer l'équation de la droite, deux possibilités : la calculatrice et le calcul à la main, détaillé ci-dessous.

Détermination du coefficient directeur k d'une droite d'équation de type $Y = k \times X$:

⇨ On choisit judicieusement deux points A et B sur le graphique appartenant à la droite et on détermine leurs coordonnées $(x_A\,;y_A)\ et\ (x_B\,;y_b)$:

$$A\,(0\,;0)\ et\ B\,(10\,000\,;0,015)$$

⇨ On détermine k avec la formule $k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$:

$$k = \frac{0,015 - 0}{10\,000 - 0} = 1,5 \times 10^{-6}\ m$$

On a donc comme équation :

$$l = 1,5 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a}$$

b. D'après le modèle de la diffraction, on a la relation suivante :

$$2D\lambda = k \Leftrightarrow \lambda = \frac{k}{2D}$$

Avec les valeurs expérimentales, on peut aisément déterminer la longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{1{,}5 \times 10^{-6}}{2 \times 1{,}50} = 5{,}0 \times 10^{-7}\ m = 500\ nm$$

On retrouve bien une longueur d'onde correspondant à la couleur verte.

c. On réalise ici *un écart relatif* :

$$\epsilon = \left|\frac{\lambda_{th} - \lambda_{exp}}{\lambda_{th}}\right| \times 100 = \left|\frac{532 - 500}{532}\right| \times 100 = 6\%$$

La valeur trouvée est inférieure à 10 %, ce qui montre la bonne validité de la méthode de détermination expérimentale utilisée par l'élève.

Exercice 25 :

1. Le phénomène physique qui permet au spectateur d'entendre les sons sans voir les musiciens est la diffraction des ondes sonores par le pilier. Pour vérifier que ce phénomène est possible, il faut comparer la dimension du pilier à celle de la longueur d'onde de l'onde sonore. On distinguera le cas des fréquences aigües et celles des fréquences graves.

⇨ Dimensions du pilier :

$$d_{pilier} \approx 1\ m$$

⇨ Longueur d'onde d'un son aigu :

$$\lambda_{aigu} = \frac{c_{son}}{\nu_{aigu}} = \frac{340}{1{,}0 \times 10^3} = \mathbf{0,34\ m \sim 10^{-1}\ m}$$

⇨ Longueur d'onde d'un son grave :

$$\lambda_{grave} = \frac{c_{son}}{\nu_{grave}} = \frac{340}{100} = \mathbf{3,4\ m \sim 10^{0} = 1\ m}$$

La longueur d'onde du son grave a le même ordre de grandeur que celui de l'obstacle, alors que celle du son aigu est 10 fois plus petite. Le son grave subira ***une diffraction plus importante*** que le son aigu et sera donc mieux perçu.

2. Ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière :

$$400\ nm = 4{,}00 \times 10^{-7}\ m < \lambda < 800\ nm = 8{,}00 \times 10^{-7} m$$
$$\mathbf{10^{-7}\ m < \lambda < 10^{-6}\ m}$$

L'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière est très faible devant celui de la largeur du pilier, il n'y aura pas diffraction.

Exercice 29 :

1. Phénomène de diffraction.

2. Le miroir est la cause principale de la diffraction dans le télescope. Augmenter son diamètre permettrait :
⇨ De limiter la diffraction, dont l'importance est inversement proportionnelle à la taille du miroir ;
⇨ De collecter plus de lumière et d'obtenir des images plus lumineuses.

3. Utilisons la formule donnée dans le document 2 pour trouver le diamètre apparent :

$$\theta = \frac{1{,}22 \times \lambda}{D} = \frac{1{,}22 \times 0{,}55 \times 10^{-6}}{D} = \mathbf{\frac{6,1 \times 10^{-7}}{D}\ rad}$$

⇨ Cette relation permet d'obtenir un angle θ en radians. Il faut donc convertir cette mesure en degré à l'aide du document 3 :

$$1° = 0{,}017453\ rad$$

$$\theta = \frac{6{,}1 \times 10^{-7}}{0{,}017453 \times D} = \mathbf{\frac{3,4951 \times 10^{-5}}{D}}^{\circ} \quad (on\ n'arrondit\ pas\ le\ résultat\ intermédiaire)$$

⇨ On convertit enfin cette valeur de θ en seconde d'arc, toujours avec le document 3 :

$$1° = 3\,600''$$

$$\theta = \frac{3{,}4951 \times 10^{-5}}{D} \times 3600 = \mathbf{\frac{0,13''}{D}}$$

On retrouve la même relation à un facteur 100 près (conversion ? car les unités ne sont pas précisées ici).

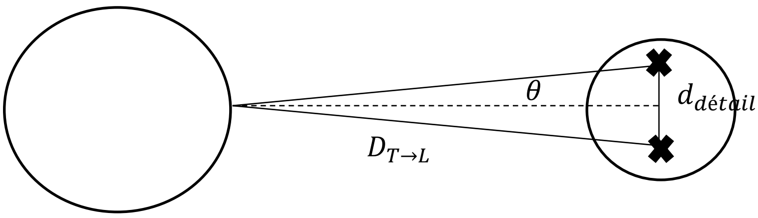
4. ⇨ Pour l'œil :

$$\theta_{oeil} = \frac{0{,}13}{D_{pupille}} = \frac{0{,}13}{2{,}0 \times 10^{-3}} = 65'' = \mathbf{3,2 \times 10^{-4}\ rad}$$

⇨ Pour le VLT :

$$\theta_{VLT} = \frac{0{,}13}{D_{VLT}} = \frac{0{,}13}{8{,}2} = 1{,}6 \times 10^{-2}{''} = \mathbf{7,8 \times 10^{-8}\ rad}$$

5. Schéma de la situation :



⇨ Par l'approximation des petits angles, on exprime θ en fonction de $D_{T\to L}$ et de $d_{détail}$:

$$\mathbf{\theta \approx \tan\theta = \frac{d_{détail}}{2 \times D_{T\to L}}}$$

⇨ En on trouve enfin l'expression qui permet de déterminer le diamètre du détail :

$$\boldsymbol{d_{détail} = 2 \times D_{T\to L} \times \theta}$$

⇨Calcul pour l'œil :

$$d_{détail} = 2 \times 3{,}84 \times 10^{8} \times 3{,}2 \times 10^{-4} = 2{,}4 \times 10^{5} m = \mathbf{240\ km}$$

⇨Calcul pour le VLT :

$$d'_{détail} = 2 \times 3{,}84 \times 10^{8} \times 7{,}8 \times 10^{-8} = 6{,}0 \times 10^{1}\ m = \mathbf{0{,}06\ km}$$

6. L'importance du phénomène de diffraction est proportionnelle à la longueur d'onde de la lumière émise par l'objet observé. Ainsi, elle sera plus importante pour les étoiles rouges ($600 < \lambda < 800\ nm$) que pour les étoiles bleues ($400 < \lambda < 500\ nm$).

7. On applique directement la formule donnée dans le document 2 :

$$\alpha = \frac{12}{D} \Leftrightarrow D = \frac{12}{\alpha} = \frac{12}{1{,}2} = \mathbf{10}\ (?)$$

Les unités ne sont pas précisées, cependant on peut imaginer qu'il s'agit de $10\ cm$ comme le sont en général les diamètres des télescopes du commerce pour les amateurs. Cela expliquerait aussi le facteur 100 trouvé à la question 3.