QCM

3 La proposition A est une bonne réponse car il y a modification de l'aspect de l'onde après traversée de l'ouverture.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car il n'y a pas de modification de l'aspect de l'onde.
La proposition C est une bonne réponse car il y a modification de l'aspect de l'onde après traversée de l'ouverture.

4 La proposition A n'est pas une bonne réponse car ce n'est pas le bon résultat du calcul.
La proposition B est une bonne réponse. On utilise la relation $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$, ce qui permet d'isoler $a = \frac{2\lambda \cdot D}{d}$.

AN : $a = \frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 2{,}70}{2{,}40 \times 10^{-2}} = 1{,}46 \times 10^{-4}$ m
$= 146$ µm.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car ce n'est pas le bon résultat du calcul.

5 La proposition A est une bonne réponse car les deux ondes sont en opposition de phase.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car cela se produit quand les deux ondes sont en phase.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car cela se produit quand les deux ondes ont un décalage quelconque.

6 La proposition A est une bonne réponse, car en prenant comme début la frange qui passe exactement sur la graduation 4 mm et comme fin celle qui passe exactement sur la graduation 13 mm, on peut dénombrer 4 longueurs d'onde λ pour 9 mm soit :

$$\lambda = \frac{9}{4} = 2{,}25 \text{ mm.}$$

La proposition B n'est pas une bonne réponse car la longueur d'onde est un peu plus grande que 2,0 mm.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car 2,75 mm est bien trop élevée.

13 **1.** Si la lumière se propageait rectilignement, alors on verrait une tache lumineuse du même diamètre que le trou, ce qui n'est pas le cas sur la photo.

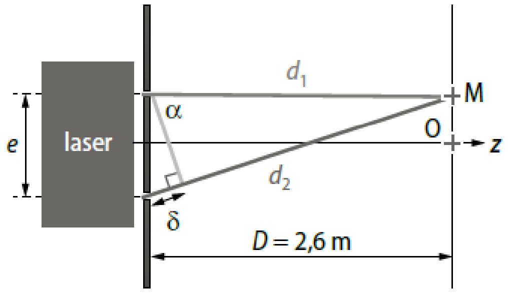
2. a. Dans l'approximation des petits angles, $\tan\theta \approx \theta$.
Comme $\tan\theta = \frac{L}{2D}$, on obtient :

$$\theta = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}.$$

b. On peut donc en déduire l'expression de la longueur d'onde du laser vert en isolant λ dans l'égalité précédente : $\lambda = \frac{L \cdot a}{2D}$, avec ici une mesure de $L = 9$ mm (bien partir du milieu de la première extinction noire).

AN : $\lambda = \frac{9 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-6}}{2 \times 1{,}7} = 5{,}29 \times 10^{-7}$ m
$= 529$ nm.
La longueur d'onde du laser vaut 529 nm.

18 **1. a.** La différence de chemin optique est $\delta = d_2 - d_1$, ce qui donne sur le schéma :



b. Le point O au centre de l'écran est sur une frange brillante, car il est tel que $\delta = 0$. En effet, les interférences sont constructives si $\delta = k \cdot \lambda$, et ici, $k = 0$.

2. Il y aura le premier maximum d'intensité lumineuse pour $\delta = \lambda$, et ici $k = 1$ (1er maximum d'amplitude).

3. Puisque $\delta = \frac{e \cdot x}{D}$, que $x = i$ et $\delta = \lambda$, alors $\delta = \frac{e \cdot i}{D} = \lambda$, ce qui permet d'écrire :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{e}$$

4. On en déduit que l'écartement entre les trous s'exprime :

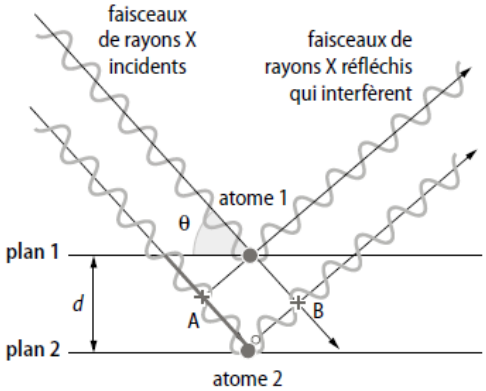
$$e = \frac{\lambda \cdot D}{i}$$

AN : $e = \frac{633 \times 10^{-9} \times 2{,}6}{3{,}4 \times 10^{-3}} = 4{,}8 \times 10^{-4}\ \text{m} = 480\ \mu\text{m}$

L'écartement entre les deux trous mesure donc 480 µm.

29 **Interférences et rayons X**

1. La différence de chemin optique vient de la différence de parcours des deux ondes incidentes et réfléchies.



Elle correspond à deux fois la longueur du segment gris, qui se calcule en utilisant la formule du cosinus :

$\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \frac{\text{coté adjacent}}{\text{hypoténuse}} = \frac{d}{\delta / 2}$.

Or $\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \sin\theta$, donc $\delta = 2d \cdot \sin\theta$.

2. Les interférences constructives se produisent quand $\delta = k \cdot \lambda$.

Les interférences destructives se produisent quand $\delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$.

3. Pour une différence de chemin optique minimale, et pour des interférences constructives, il faut prendre $k = 1$:

$\delta = \lambda = 2d \cdot \sin\theta$, ce qui permet d'isoler $d = \frac{\lambda}{2 \sin\theta}$.

AN : $d = \frac{145}{2 \sin 11{,}5°} = 364$ pm (ne pas convertir les picomètres en mètres, on obtiendra la distance interplans directement en picomètres et on conservera 3 chiffres significatifs comme dans les données de l'énoncé).

La distance minimale entre deux plans est donc 364 pm.

22 **1.** La diffraction est le phénomène au cours duquel une onde qui traverse une ouverture change de direction de propagation sans modification de longueur d'onde. Le phénomène de diffraction est d'autant plus observable si *a*, la largeur de l'ouverture, est plus petite que la longueur d'onde λ (ou du même ordre de grandeur).

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

3. La tache centrale s'étend sur la courbe expérimentale entre les deux premiers minimums : de – 0,014 à + 0,014, ce qui donne :

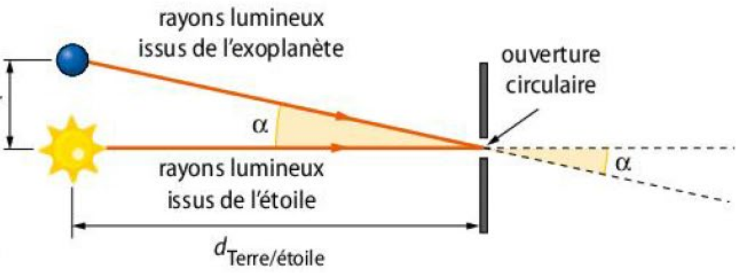
$d_{\text{Airy}} = 0{,}028\ \text{m} = 2{,}8\ \text{cm}$.

21 Diffraction et astronomie

1. a. Le phénomène de diffraction montre le **caractère ondulatoire** de la lumière.

2. Le schéma de l'angle sous lequel on voit le couple planète-étoile est le suivant.

$$\tan \alpha \approx \alpha = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}} = \frac{r}{d_{\text{Terre-étoile}}}.$$



$$\text{AN : } \alpha = \frac{55 \times 1{,}496 \cdot 10^{11}}{230 \times 9{,}461 \cdot 10^{15}} = \mathbf{3{,}781 \cdot 10^{-6}\ rad}.$$

3. Calculons l'angle caractéristique de diffraction :

$$\theta_{\text{diff}} = 1{,}22\frac{\lambda}{D}. \text{ AN : } \theta_{\text{diff}} = 1{,}22 \times \frac{700 \cdot 10^{-9}}{39} = \mathbf{2{,}2 \cdot 10^{-8}\, rad}.$$

Le phénomène de diffraction ne gêne pas la séparation de l'étoile et de son exoplanète car $\alpha > \theta_{\text{diff}}$.

---

37 **› Questions préliminaires**

1. La relation de l'angle caractéristique de diffraction est : $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$.

2. $\theta_0 \approx \tan \theta_0 = \frac{L}{2D}$. On obtient alors $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$.

Il faut isoler la largeur de la tache centrale de diffraction L dans la relation ci-dessus :

$L = \frac{2\lambda \cdot D}{a}$, ce qui peut aussi s'écrire $L = k \cdot \frac{1}{a}$ avec $k = 2\lambda \cdot D$

› Le problème à résoudre

L'équation de la courbe du document 2 est celle d'une droite linéaire : $y = k \cdot x$.

Pour déterminer le coefficient directeur k, il suffit de prendre un point de la droite et de diviser son ordonnée y par son abscisse x : $k = \frac{y}{x}$.

Prenons $k = \frac{12{,}3 \times 10^{-2}}{5{,}00 \times 10^{4}} = 2{,}46 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$.

Ce coefficient k est aussi égal à $k = 2\lambda \cdot D$.

On peut donc extraire la longueur d'onde λ :

$$\lambda = \frac{k}{2D} = \frac{2{,}46 \times 10^{-6}}{2 \times 2{,}00} = 6{,}15 \times 10^{-7}\ \text{m} = 615\ \text{nm}$$

Il s'agit probablement de la diode laser de 632 nm, la plus proche du résultat obtenu.

On peut déterminer l'incertitude-type :

$$u(\lambda) = \lambda \cdot \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(k)}{k}\right)^2}$$

On estime se tromper de 1 mm sur la lecture des 2,00 m de la distance D.

$$u(\lambda) = 615 \times 10^{-9} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1}{200}\right)^2 + \left(\frac{1{,}2 \times 10^{-7}}{2{,}46 \times 10^{-6}}\right)^2}$$

$u(\lambda) = 3 \times 10^{-8}\ \text{m} = 30\ \text{nm}$.

Ainsi, la longueur d'onde de 615 nm est connue à 30 nm près : la valeur de 632 nm appartient bien à cet intervalle. Cela confirme que c'est bien la diode laser de longueur d'onde 632 nm qui est utilisée ici.