

## 2 Diffraction d'une onde

	A	B	C
<b>3</b> Identifier les photographies où le phénomène de diffraction se manifeste.			
<b>4</b> La fente a une largeur de :  $\lambda = 650 \text{ nm}$	$a = 1,46 \times 10^{-6} \text{ m}$	$a = 146 \mu\text{m}$	$a = 2,88 \times 10^{-9} \text{ m}$

## 3 Interférences de deux ondes

	A	B	C
<b>5</b> Dans cette situation, la somme des deux ondes donne : 	une zone sombre.	une zone éclairée.	une zone peu éclairée.
<b>6</b> La longueur d'onde vaut : 	2,25 mm	2,0 mm	2,75 mm

### 13 Diffraction par un trou éclairé par un laser vert

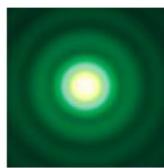
Un trou d'ouverture  $a = 200 \mu\text{m}$  est éclairé par le faisceau d'un laser vert de longueur d'onde  $\lambda$  (comme sur le montage de l'exercice 12, avec la distance  $D = 1,7 \text{ m}$ ).

1. Qu'observerait-on sur l'écran si la lumière se propageait rectilignement ?

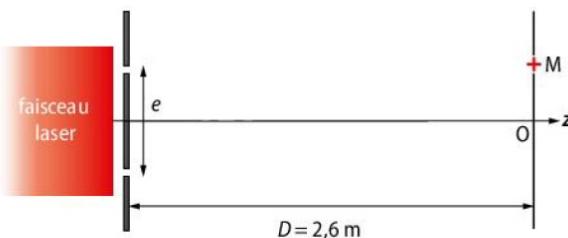
2. En fait, on observe une figure de diffraction comme celle-ci (à taille réelle).

a. En se plaçant dans l'approximation des petits angles, où  $\tan \theta \approx \theta$ , établir la relation liant  $\theta$ ,  $a$ ,  $\lambda$ ,  $L$  et  $D$ .

b. En mesurant directement sur la photo le diamètre de la tâche centrale, déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  du laser vert.



### 18 Différence de chemin optique



Un laser rouge, de longueur d'onde  $\lambda = 633 \text{ nm}$ , éclaire deux petits trous espacés d'un écartement  $e$ . On se place au point M.

1. a. Définir la différence de chemin optique  $\delta$ . Reproduire le schéma et la représenter dessus.

b. Le point O, au centre de l'écran, est-il sur une frange sombre ou brillante ?

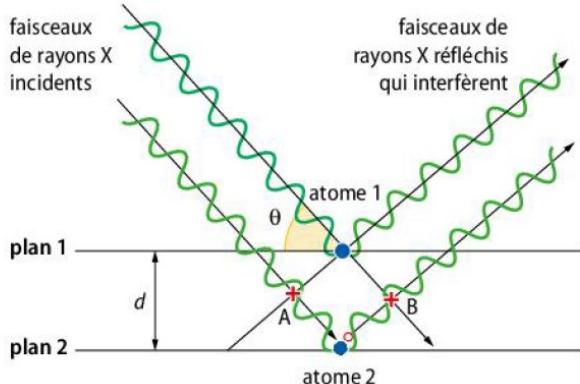
2. On établit que la différence de chemin optique s'écrit :  $\delta = \frac{e \times x}{D}$ ,  $x$  étant l'abscisse du point M. Rappeler à quelle condition on observe le premier maximum d'amplitude, autre que pour  $x = 0$ .

3. Ce premier maximum d'amplitude définit la valeur de l'interfrange  $i$ , on a alors :  $x = i$ . Exprimer littéralement l'interfrange  $i$  en fonction de  $\lambda$ ,  $e$  et  $D$ .

4. En déduire l'écartement  $e$  entre les deux trous pour un interfrange de 3,4 mm mesuré sur l'écran.

### 29 Interférences et rayons X

Les rayons X sont utilisés pour explorer la matière, par exemple pour évaluer la distance  $d$  entre deux plans 1 et 2 voisins d'atomes dans un cristal. Lorsqu'on envoie un faisceau de rayons X de longueur d'onde  $\lambda$  sur un cristal, ils sont réfléchis par les atomes qui constituent le cristal. Les ondes réfléchies par les atomes interfèrent. On peut représenter de façon très simplifiée cette situation par le schéma suivant :



**Données :** la différence de chemin optique entre deux ondes incidentes qui se réfléchissent sur deux plans successifs est donnée par la relation :  $\delta = 2d \cdot \sin \theta$ , où  $d$  est la distance entre deux atomes voisins et  $\theta$  l'angle entre le rayon et le plan ;  $\theta = 11,5^\circ$  et  $\lambda = 145 \text{ pm}$ .

1. a. En exploitant le schéma précédent, évaluer la différence de chemin optique.

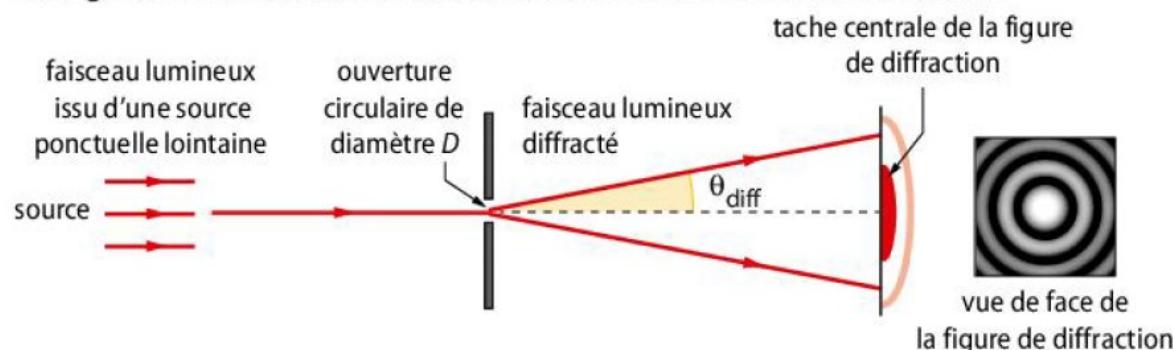
2. Préciser à quelles conditions les rayons X, qui interfèrent après réflexion, donnent des interférences destructives ou constructives.

3. Déterminer la valeur de  $d$  dans le cristal dans le cas où l'on obtient des interférences constructives pour une différence de chemin optique minimale.

## 21 Diffraction et astronomie

La première planète extrasolaire, dont on a pu faire une image par observation directe dans le proche infrarouge, s'appelle 2M1207b. Elle orbite à une distance estimée à 55 unités astronomiques (ua) autour de l'étoile 2M1207a, située à 230 années lumières (al) de la Terre.

Actuellement, l'observation de détails avec un télescope terrestre est principalement limitée par le phénomène de diffraction lié à la valeur de l'ouverture circulaire  $D$  du télescope. Dans le cas d'une ouverture circulaire, on admet que l'angle caractéristique de diffraction  $\theta_{\text{diff}}$  (exprimé en radian) vérifie la relation  $\theta_{\text{diff}} = 1,22 \frac{\lambda}{D}$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde du faisceau incident et  $D$  le diamètre de l'ouverture.



**Données :** unité astronomique :  $1 \text{ ua} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$ ; année-lumière :  $1 \text{ al} = 9,461 \times 10^{15} \text{ m}$ ; intervalle de longueur d'onde du proche infrarouge [700 nm ; 1 000 nm].

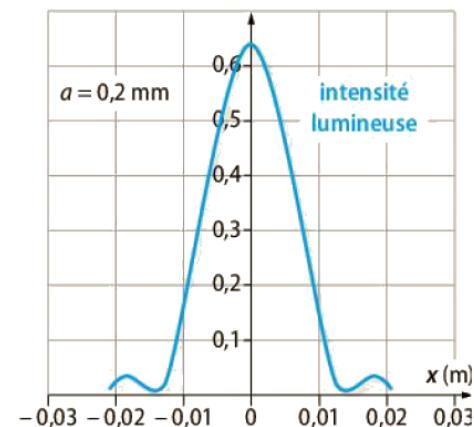
1. Citer une propriété de la lumière qui explique le phénomène de diffraction.
2. Représenter par un schéma, sans souci d'échelle, l'angle  $\alpha$  sous lequel on voit le couple étoile-planète depuis la Terre. Calculer cet angle.
3. Un télescope permet de distinguer deux objets à condition que l'écart angulaire  $\alpha$  entre ces deux objets soit supérieur ou égal à l'angle caractéristique de diffraction.

En 2024 Extra Large Telescope aura un de diamètre 39 m. Estimer s'il permettra d'observer l'exoplanète sans être gêné par le phénomène de diffraction.

## 22 Diffraction dans un télescope

Lorsqu'on observe une étoile à travers un télescope, l'image apparaît sous la forme d'une tache, dont la dimension est liée aux défauts de l'instrument, tels que la diffraction par l'ouverture limitée. On réalise le montage de diffraction dans lequel un laser correspond à l'étoile et le miroir du télescope est modélisé par une ouverture circulaire de diamètre  $a$  produisant un phénomène de diffraction.

1. Décrire le phénomène de diffraction.
2. Quel caractère de la lumière est mis en évidence ici ?
3. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la valeur du diamètre  $d_{\text{Airy}}$  de la tache centrale de diffraction observée pour cette ouverture.



### 37 Quelle longueur d'onde ?

**COM** Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente

**Un granulomètre est un appareil de mesure de précision qui permet de déterminer le diamètre d'un petit grain.**

#### DOC 1 Le granulomètre

Pour vérifier la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  d'une diode laser utilisée dans un appareil de granulométrie, on intercale des fentes de différentes largeurs sur le trajet du faisceau laser. Sur un écran placé à une distance  $D = 2,00 \text{ m}$  des fentes, on observe une figure de diffraction.  $L$  représente la largeur de la tâche centrale et  $\theta_0$  l'angle caractéristique de diffraction exprimé en radian. Expérimentalement, on mesure la largeur de la tâche centrale  $L$  pour des fentes calibrées de différentes largeurs  $a$ . On porte les valeurs obtenues sur le graphique ci-contre.

Le fabricant de l'appareil indique que deux diodes laser de longueurs d'onde 632 nm et 810 nm sont utilisées dans cet instrument de mesure.

#### QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. Donner la relation qui lie  $\lambda$ ,  $\theta_0$  et  $a$ .

On fait l'hypothèse que l'angle  $\theta_0$  est petit. Dans ce cas, on peut écrire  $\tan \theta_0 \approx \theta_0$  avec  $\theta_0$  en radian.

2. À l'aide du doc. 2, démontrer que la largeur de la tâche centrale est donnée par l'expression :  $L = k \cdot \frac{1}{a}$ , avec  $k = 2\lambda D$ .

#### DOC 2 Évolution de la tâche centrale de diffraction



#### DOC 3 Incertitude-type sur la longueur d'onde

L'incertitude-type sur la longueur d'onde  $\lambda$ , notée  $u(\lambda)$ , peut être déterminée à partir de la relation suivante :

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

L'incertitude-type sur la valeur du coefficient directeur est donnée par le tableau grapheur, soit  $u(k) = 1,2 \times 10^{-7} \text{ USI}$ .

#### LE PROBLÈME À RÉSOUVRIR

Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la diode laser utilisée en utilisant les documents fournis. Exprimer le résultat avec son incertitude-type