29 Observation d'une exoplanète

CORRIGÉ

1. Pour observer séparément l'étoile et la planète, il faut que les deux taches de diffraction ne se recouvrent pas ; pour cela l'écart angulaire α doit être supérieur à l'angle caractéristique de diffraction θ_{diff}.

2. Pour distinguer la planète 2M1207b de l'étoile 2M1207a, il faut que $\alpha > \theta_{diff}$ d'où :

$$\frac{r}{d_{\text{Terre–étoile}}} > 1{,}22 \times \frac{\lambda}{D} \text{ soit } D > \frac{1{,}22 \times \lambda \times d_{\text{Terre-étoile}}}{r}.$$

On obtient $D > \dfrac{1{,}22 \times 2{,}0 \times 10^{-6}\,\text{m} \times 230 \times 9{,}461 \times 10^{15}\,\text{m}}{55 \times 1{,}496 \times 10^{11}\,\text{m}}$.

Soit $D > 0{,}65$ m. Le diamètre D de l'ouverture du télescope doit être supérieur à 0,65 m.

30 Les fentes d'Young

CORRIGÉ

1. Pour observer une telle figure, c'est-à-dire des interférences stables, il faut avoir des ondes issues de sources ponctuelles en phase que l'on obtient expérimentalement, à l'aide d'ouvertures éclairées par une même source. C'est le cas du dispositif des fentes d'Young.

2. a. On obtient une frange brillante si la différence de chemin optique est telle que $\Delta L = k \times \lambda_0$ où k est un entier relatif.

b. 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 $\Delta L_{k+1} = (k + 1) \times \lambda_0$.

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

Calculons l'interfrange :

$$i = \frac{\lambda_0 \times D}{b} = \frac{650 \times 10^{-9}\,\text{m} \times 1{,}50\,\text{m}}{0{,}20 \times 10^{-3}\,\text{m}} = 4{,}9 \times 10^{-3}\,\text{m}.$$

On a : $\dfrac{L}{i} = \dfrac{10 \times 10^{-2}\,\text{m}}{4{,}9 \times 10^{-3}\,\text{m}} = 20$.

Le nombre maximal de franges brillantes sur l'écran est 20.

Préparation à l'ECE

1. Ce phénomène est le phénomène de diffraction.

2. D'après le schéma, on a : $\tan\theta = \dfrac{\ell}{2 \times D}$. De plus, comme l'angle θ est petit, $\tan\theta = \theta$ (en radian) d'où $\theta = \dfrac{\ell}{2 \times D}$.

L'angle θ étant petit, on a aussi $\sin\theta = \theta$ (en radian) et donc $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

On peut écrire alors $\dfrac{\ell}{2 \times D} = \dfrac{\lambda}{a}$ d'où $\lambda = \dfrac{\ell \times a}{2 \times D}$.

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

$$\lambda = \frac{4{,}2 \times 10^{-2}\ \text{m} \times 60{,}0 \times 10^{-6}\ \text{m}}{2 \times 2{,}00\ \text{m}} = 6{,}3 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

soit environ 630 nm.

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

$$u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$u(\lambda) = 630 \times 10^{-9}\ \text{m} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1\ \mu\text{m}}{60{,}0\ \mu\text{m}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1\ \text{cm}}{4{,}2\ \text{cm}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1\ \text{m}}{2{,}0\ \text{m}}\right)^2}$$

$u(\lambda) = 4 \times 10^{-8}$ m en arrondissant par excès.

b. L'encadrement de la longueur d'onde est :

$5{,}9 \times 10^{-7}\ \text{m} < \lambda < 6{,}7 \times 10^{-7}\ \text{m}$.

c. L'indication du constructeur pour la longueur d'onde est 630 à 650 nm ; l'encadrement obtenu est compatible avec celui du constructeur.

4. La largeur ℓ de la tache centrale de diffraction diminue lorsque la largeur a de la fente augmente puisque : $\ell = \dfrac{2 \times \lambda \times D}{a}$. La largeur de la fente b est donc plus grande que celle de la fente a.