

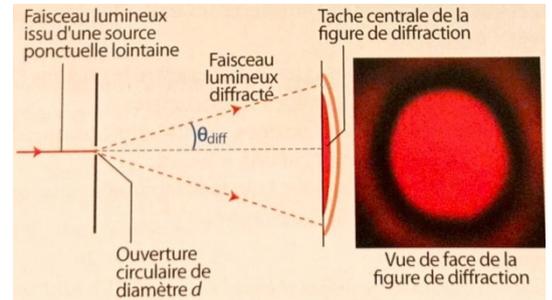
# Observer une exoplanète

## 1. Comment la diffraction rend-elle difficile l'observation d'une exoplanète ?

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

### A. Diffraction par une ouverture circulaire

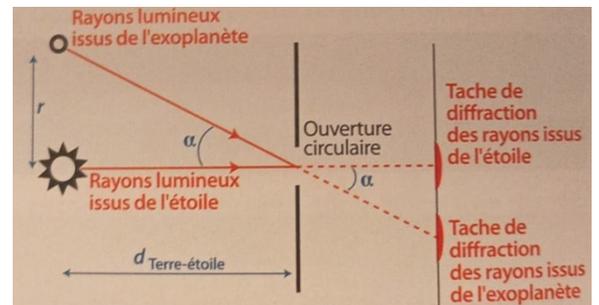
Dans le cas d'une ouverture circulaire, on admet que l'angle de diffraction  $\theta_{diff}$  (en radian) vérifie la relation  $\theta_{diff} = 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde du faisceau incident et  $d$  le diamètre de l'ouverture.



### B. Écart angulaire et diffraction

Des rayons lumineux issus d'un couple étoile-planète et passant par l'ouverture circulaire d'un télescope terrestre sont représentés dans le schéma ci-dessous :

$\alpha$  est l'écart angulaire entre l'étoile et la planète, c'est-à-dire l'angle sous lequel l'écart angulaire étoile-planète est vu depuis la Terre.



Il se calcule grâce à la relation :  $\alpha = \tan(\alpha) = \frac{r}{d_{Terre-étoile}}$  où  $r$  est la distance entre la planète et l'étoile et  $d_{Terre-étoile}$

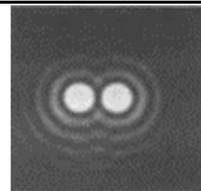
la distance entre la Terre et l'étoile.

### C. Critère de Rayleigh pour distinguer deux objets.

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 de diffraction  $\theta_{diff}$ .

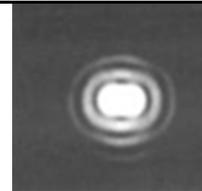
#### Données :

- unité astronomique :  $1 \text{ ua} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$
- l'année lumière :  $1 \text{ al} = 9,461 \times 10^{15} \text{ m}$  ;



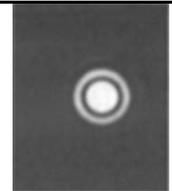
$$\alpha > \theta_{diff}$$

On peut distinguer les deux objets



$$\alpha = \theta_{diff}$$

On ne peut pas distinguer les 2 objets

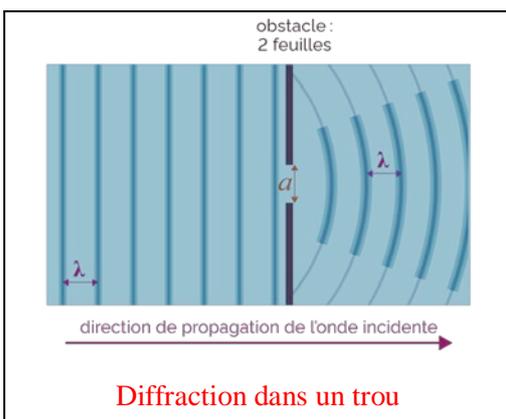


$$\alpha < \theta_{diff}$$

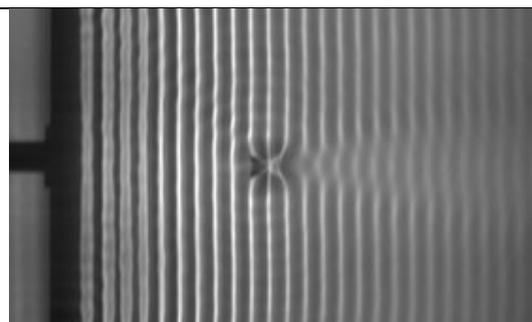
On ne peut pas distinguer les 2 objets

1. A quelle condition l'étoile et la planète seront-elles vues séparément ?

$$\alpha > \theta_{diff}$$



Diffraction dans un trou



Diffraction avec un obstacle

#### La diffraction

Une onde mécanique ne subit de diffraction que lorsque l'obstacle ou l'ouverture rencontrée est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde de l'onde.

2. Déterminer le diamètre  $D$  du télescope terrestre permettant de distinguer la planète 2M1207b de l'étoile 2M1207a. On admet que la longueur d'onde des rayons lumineux provenant des deux objets célestes a pour valeur  $\lambda = 2,0 \mu\text{m}$ .

$$\text{On a } \alpha = \tan(\alpha) = \frac{r}{d_{\text{Terre-étoile}}} \text{ et } \theta_{\text{diff}} = 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$$

$$\alpha > \theta_{\text{diff}} \text{ donc } \frac{r}{d_{\text{Terre-étoile}}} > 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$$

$$d > 1,22 \times \frac{\lambda}{r} \times d_{\text{Terre-étoile}}$$

$$d > 1,22 \times \frac{2,0 \times 10^{-6}}{55 \times 1,496 \times 10^{11}} \times 230 \times 9,461 \times 10^{15}$$

$$d > \frac{1,22 \times 2,0 \times 9,461 \times 230}{55 \times 1,496} \times 10^{15} \times 10^{-6} \times 10^{-11}$$

$$\text{donc } d > 65 \times 10^{-2} \text{ m}$$