EXERCICE III – OBSERVATION D'UNE EXOPLANÈTE (5 points)

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

1.1. (0,25) Le caractère ondulatoire de la lumière est responsable du phénomène de diffraction.

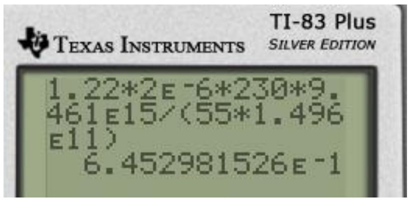
1.2. (1,5) Pour distinguer l'exoplanète de l'étoile, il faut que $\alpha > \theta_{diff}$.

On a $\alpha \approx \tan\alpha = \dfrac{r}{d_{Terre-étoile}}$ et $\theta_{diff} = 1{,}22.\dfrac{\lambda}{D}$.

Ainsi il faut que $\dfrac{r}{d_{Terre-étoile}} > 1{,}22.\dfrac{\lambda}{D}$,

soit $D > 1{,}22.\lambda.\dfrac{d_{Terre-étoile}}{r}$.

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



D > **0,65 m**

2. Comment la faible luminosité d'une exoplanète la rend-elle difficile à observer ?
Recombinaison des signaux issus de l'étoile

Consulter les animations suivantes : http://physique-chimie.discip.ac-caen.fr/IMG/html/interference.html

http://labosims.org/animations/interference/interference.html

2.1.(0,5) Les rayons lumineux issus de l'étoile parcourent la même distance pour atteindre les deux télescopes, ainsi la différence de marche entre ces rayons vaut **δ = 0**.
Les interférences sont constructives si **δ = k.**λ, or si on prend **k = 0** alors on a bien δ = 0.

2.2. (0,75) Les interférences sont destructives si le décalage temporel entre les deux ondes vaut **τ = (2k+1).** $\dfrac{T}{2}$, or avec **k = 0** on a bien τ = $\dfrac{T}{2}$.
Dans ce cas l'intensité du signal lié à l'étoile est **minimale**, probablement nulle car l'amplitude des deux signaux doit être identique.

Recombinaison des signaux issus de l'exoplanète

2.3. (0,5) Le texte indique que le signal lumineux issu de l'exoplanète arrive sur le télescope 2 avec un retard $\tau = \dfrac{d.\sin\alpha}{c}$ par rapport au télescope 1, par ailleurs le système optique de Bracewell ajoute un retard supplémentaire de $\dfrac{T}{2}$.

Le retard total vaut τ ' = τ + $\dfrac{T}{2}$, soit τ ' = $\dfrac{d.\sin\alpha}{c}$ + $\dfrac{T}{2}$.

2.4. (0,5) Les interférences sont constructives si le retard τ' est multiple de la période **τ' = k.*T***.

2.5. (0,5) On combine les expressions des deux questions précédentes :

$$k.T = \frac{d.\sin\alpha}{c} + \frac{T}{2}$$

$$\frac{d.\sin\alpha}{c} = k.T - \frac{T}{2}$$

$$\frac{d.\sin\alpha}{c} = T.(\,k - \frac{1}{2}\,)$$

$$d.\sin\alpha = c.T.(\,k - \frac{1}{2}\,)$$

$$d.\sin\alpha = \lambda.(\,k - \frac{1}{2}\,)$$

2.6. (0,5) On reprend l'expression précédente, où l'on remplace *sin*α par l'expression proposée.

$$d.\frac{r}{d_{Terre-étoile}} = \lambda.(k - \frac{1}{2})$$

$$d = \lambda.(k - \frac{1}{2}).\frac{d_{Terre-étoile}}{r}$$

Pour que la distance soit minimale, on prend ***k* = 1**.

$$d = \lambda.\frac{1}{2}.\frac{d_{Terre-étoile}}{r}$$

$$d = 10\times10^{-6} \times 0,50 \times \frac{230\times9,461\times10^{15}}{55\times1,496\times10^{11}} = \mathbf{1,3\ m}.$$