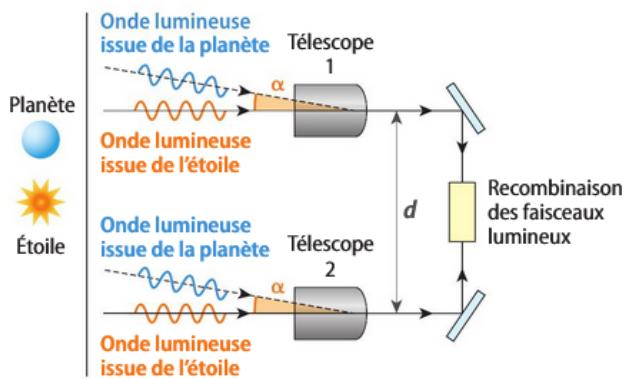


Exercices interférences + effet Doppler

66 Observation d'une exoplanète

Les exoplanètes sont peu lumineuses par rapport aux étoiles. Un dispositif permet d'éliminer le signal de l'étoile en conservant celui émis par la planète. Il utilise deux télescopes identiques dirigés vers une étoile lointaine. La direction d'une exoplanète à proximité de l'étoile fait un angle α avec la ligne de visée. Les faisceaux issus des deux télescopes sont recombinés grâce à un dispositif optique.



On travaille dans le domaine de l'infrarouge : $\lambda = 10 \mu\text{m}$. On note T la période de l'onde. On place, juste après le télescope 2, un système qui ajoute un retard d'une demi-période $\frac{T}{2}$ sur le signal provenant de ce télescope.

Données

- Célérité de la lumière : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Distance de l'étoile à la Terre : $D = 2,2 \times 10^{18} \text{ m}$
- Distance de l'étoile à l'exoplanète : $r = 8,2 \times 10^{12} \text{ m}$

1. Montrer que ce système optique produit des interférences destructives entre les deux rayons issus de l'étoile au niveau de la recombinaison.

2. Les rayons lumineux issus de l'exoplanète arrivent sur le télescope 2 avec un retard τ par rapport au télescope 1 : $\tau = \frac{d \sin(\alpha)}{c}$ où d est la distance entre les deux télescopes. Montrer que le signal issu du télescope 2 a un retard $\tau' = \frac{d \sin(\alpha)}{c} + \frac{T}{2}$ par rapport au signal 1. À quelle condition aura-t-on des interférences constructives entre les signaux issus de l'exoplanète ?

3. En considérant que $\sin(\alpha) = \frac{r}{D}$, montrer que la condition précédente peut s'écrire : $\frac{dr}{D} = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$ où k est un nombre entier naturel non nul.

4. En déduire la distance minimale d entre les deux télescopes pour pouvoir observer l'exoplanète sans être gêné par la lumière émise par l'étoile.

Adapté du sujet de Bac Antilles-Guyane, septembre 2017.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

1. On pourra justifier que le retard entre les rayons issus de l'étoile au niveau des télescopes est nul. Le retard au niveau de la recombinaison est donc celui provoqué par le dispositif placé après le télescope 2.

3. Revoir la condition d'interférences.

☞ Cours 3d p. 469

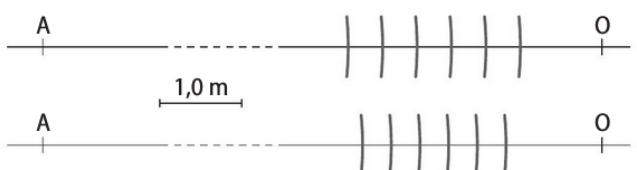
4. La plus petite valeur de d correspond à la plus petite valeur de k , donc à $k = 1$.

67 Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

La valeur de la fréquence d'une onde sonore émise par un hélicoptère est $f_E = 8,1 \times 10^2 \text{ Hz}$. Pour un observateur immobile sur Terre, la période T_R de l'onde sonore perçue dépend de la vitesse v de l'hélicoptère :

$$T_R = T_E \left(1 - \frac{v}{c_{\text{son}}}\right)$$

Dans les figures suivantes, on représente à un instant donné, la position A de l'hélicoptère, celle O de l'observateur immobile, et des arcs de cercles. Ceux-ci correspondent aux lieux géométriques où la surpression sonore est maximale. La distance qui sépare deux arcs voisins est donc égale à la longueur d'onde, mesurée dans le référentiel du sol. Dans la figure du haut, l'hélicoptère est immobile. Dans la figure du bas, il se déplace à la vitesse v sur l'axe (AO).



1. Déterminer les longueurs d'onde λ et λ' de l'onde sonore perçue lorsque l'hélicoptère est immobile, puis en mouvement.

2. Calculer la célérité de l'onde sonore.



3. Déterminer la fréquence f_R du son perçu par l'observateur lorsque l'hélicoptère est en mouvement. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son émis ? L'hélicoptère s'approche-t-il ou s'éloigne-t-il de l'observateur ?

4. Calculer la vitesse v de l'hélicoptère.

Adapté du sujet de Bac Métropole, 2016.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

1. On augmente la précision de la mesure de λ en mesurant plusieurs longueurs d'onde.

2. Lorsque l'hélicoptère est immobile, la fréquence perçue est égale à f_E .

3. Lorsqu'il est en mouvement, la relation entre les périodes donne une relation sur les fréquences.

Exercices effet Doppler

54 Redshift

Utiliser un modèle

Une étoile émet une onde électromagnétique de fréquence f_E et de célérité c . Elle s'éloigne du système solaire avec une vitesse relative v .

La fréquence f_R de l'onde perçue vaut $f_R = \frac{cf_E}{c + v}$.

- Comparer f_R et f_E .
- Comparer les longueurs d'onde de l'onde émise λ_E et de l'onde reçue λ_R .
- On parle de « redshift » ou « décalage vers le rouge » pour les longueurs d'onde. Justifier cette appellation.

53 Décalage Doppler

Effectuer un calcul

Un son est émis par un émetteur avec une fréquence f_E . Il est perçu par un récepteur se déplaçant à une vitesse v par rapport à l'émetteur, avec une fréquence $f_R = f_E - \delta f$ où le décalage Doppler a pour valeur approchée $\delta f = \frac{v}{c_{\text{son}}} f_E$.

- Le récepteur s'approche-t-il ou s'éloigne-t-il de l'émetteur ?
- Calculer la vitesse du récepteur si $\frac{\delta f}{f_E} = 0,0147$.

56 Radar « à l'oreille »

Effectuer un calcul - Utiliser un simulateur

Il est possible d'évaluer la vitesse d'approche d'un véhicule à l'oreille. Le moteur émet un son de fréquence $f_E = 392$ Hz (un *fa* #). Un observateur, doté d'une oreille absolue et excellent calculateur, entend un *la* de fréquence $f_{r,ap} = 440$ Hz lorsque le véhicule s'approche.

La relation entre les deux fréquences dépend de la vitesse v du véhicule et de la célérité du son dans l'air

$$c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} : f_{r,ap} = f_E \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

- Le véhicule se déplace sur l'autoroute, où la vitesse est limitée à $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Calculer la valeur de v .

Le véhicule est-il en infraction ?

- Le simulateur Doppler disponible à l'adresse hatier-clic.fr/pct481b permet de déterminer la valeur de la fréquence à partir de celles de f_E et de v .

Vérifier le résultat de la question a.

- Grâce au simulateur, déterminer la fréquence $f_{r,el}$ perçue par l'observateur lorsque le véhicule s'éloigne.

Quel est le nom de la note ?

On pourra faire une recherche documentaire.

