20PYSCOPO1

EXERCICE III : DÉTECTION D'EXOPLANÈTES (5 points)

L'observation des astres lointains comme les exoplanètes s'améliore. Dans la plupart des cas, le recours à une méthode indirecte est nécessaire. Des méthodes de détection directe sont aujourd'hui cependant possibles grâce à l'utilisation de l'optique adaptative. En effet cette technique permet de corriger les déformations des images dues aux perturbations atmosphériques.

1. Nécessité de l'optique adaptative

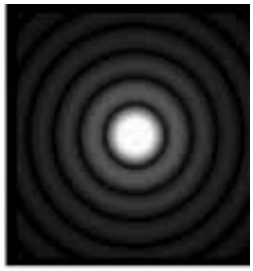
Les photographies de planètes tournant autour d'autres étoiles que le Soleil sont rares en raison de leur extraordinaire éloignement qui les rend pour la plupart invisibles à nos yeux, même avec les plus puissants télescopes du monde.
En Arizona, le Large Binocular Telescope (LBT) a fourni une image inédite du système de l'étoile HR 8799. Ce dernier, situé à 130 années-lumière de la Terre dans la constellation de Pégase, compte au moins quatre planètes, la plus proche de l'étoile HR 8799 étant à une distance de 24 unités astronomiques de celle-ci. Ces astres ont pu être observés relativement facilement car ils sont presque aussi lumineux en infrarouge que l'étoile qui les éclaire et ont une taille plus grande que celle de Jupiter.
Existe-t-il, autour de l'étoile HR 8799, d'autres planètes plus petites, plus proches de leur étoile et de plus faible signature infrarouge, comme la Terre, Vénus ou Mars ?

D'après un article de la revue Sciences et vie

Données :

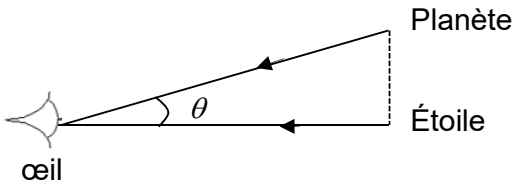
- Une unité astronomique vaut 150×10^9 m
- Une année de lumière vaut $9{,}5 \times 10^{15}$ m
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0 \times 10^8$ m.s^{-1}

1.1. L'image d'un point donnée par un instrument d'optique n'est pas un point, mais une tache entourée d'anneaux. Cette figure est appelée tache d'Airy.
Comment appelle-t-on ce phénomène?
Quels sont les paramètres qui influent sur ce phénomène ?



Tache d'Airy

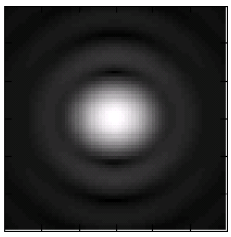
1.2. À partir des données de l'énoncé, calculer l'angle θ entre les directions d'observation de l'étoile HR 8799 et de sa planète la plus proche, schématisées ci-dessous.

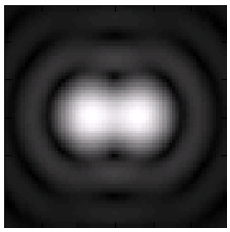


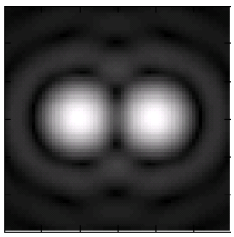
20PYSCOPO1

1.3. La performance d'un instrument d'optique dépend de sa capacité à distinguer deux points proches.
On appelle pouvoir de résolution θ_R d'un instrument d'optique, l'écart angulaire minimal entre deux points que l'instrument peut séparer. Il est défini par la relation : $\theta_R = \frac{1{,}22\lambda}{D}$ où D est le diamètre de l'instrument d'optique et λ, la longueur d'onde de la lumière reçue.

Selon la valeur de l'angle θ entre les directions d'observation de deux points lumineux, on observera les images suivantes :


$\theta < \theta_R$


$\theta = \theta_R$


$\theta > \theta_R$

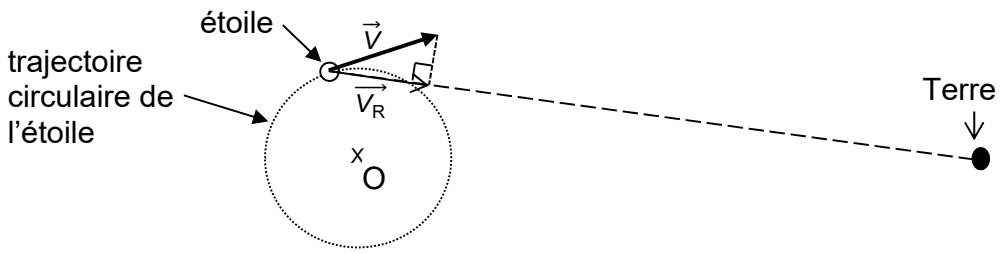
D'après le site www.sciencesetavenir.fr

Le télescope LBT a un diamètre de 8,4 m mais, en raison des perturbations atmosphériques, son pouvoir de résolution est équivalent à celui d'un télescope de 20 cm, pour une longueur d'onde d'observation de 1000 nm.

Montrer la nécessité d'avoir recours à l'optique adaptative.

2. L'effet Doppler-Fizeau pour étudier les objets célestes

La présence d'une exoplanète peut induire un mouvement circulaire de son étoile. C'est l'étude du mouvement de cette étoile qui permet de détecter l'exoplanète par la méthode dite « de la vitesse radiale » en s'appuyant sur l'effet Doppler-Fizeau.
Dans cette étude, on suppose la Terre et le centre O de la trajectoire de l'étoile immobiles. On se place dans le cas où la trajectoire de l'étoile et la Terre sont dans le même plan.
La vitesse radiale est la composante $\overrightarrow{V_R}$ suivant la direction Terre-étoile de la vitesse $\vec{V}$ de l'étoile.



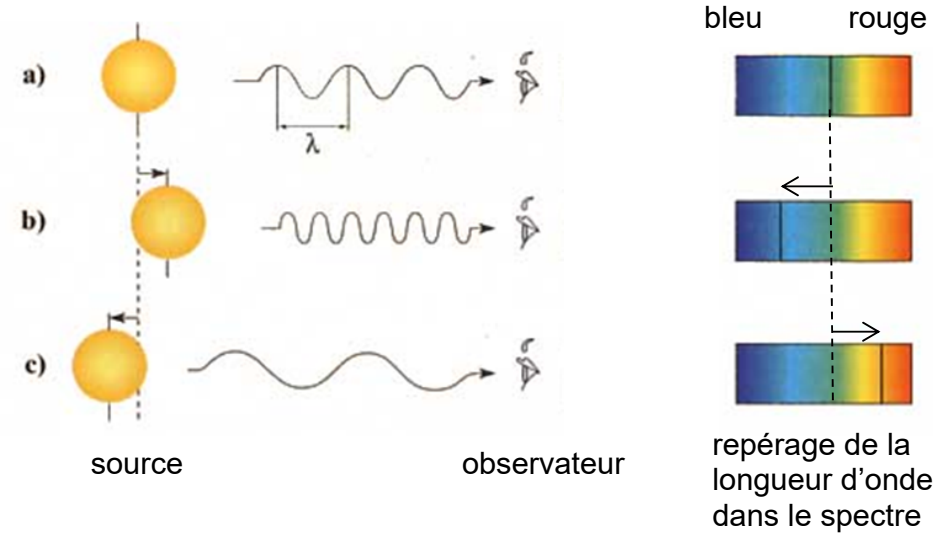
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 4
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

20PYSCOPO1

Effet Doppler-Fizeau observé en astrophysique

Lorsqu'une étoile se rapproche ou s'éloigne de la Terre, le spectre de la lumière reçue sur la Terre est décalé par rapport au spectre de la lumière émise par l'étoile.

Décalage vers le bleu ou décalage vers le rouge :



Si l'étoile a une vitesse radiale nulle par rapport à la Terre, la fréquence d'une onde électromagnétique reçue sur la Terre est la même que celle de l'onde émise (cas a).

La vitesse de l'étoile étant beaucoup plus petite que la vitesse c de la lumière, le décalage de longueur d'onde observé $\Delta\lambda$ s'exprime selon la relation :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{|\lambda - \lambda_0|}{\lambda_0} = \frac{V_R}{c}$$

où λ est la longueur d'onde mesurée par l'observateur, λ_0 la longueur d'onde de la lumière émise par la source au repos et V_R la vitesse radiale de la source de l'onde.

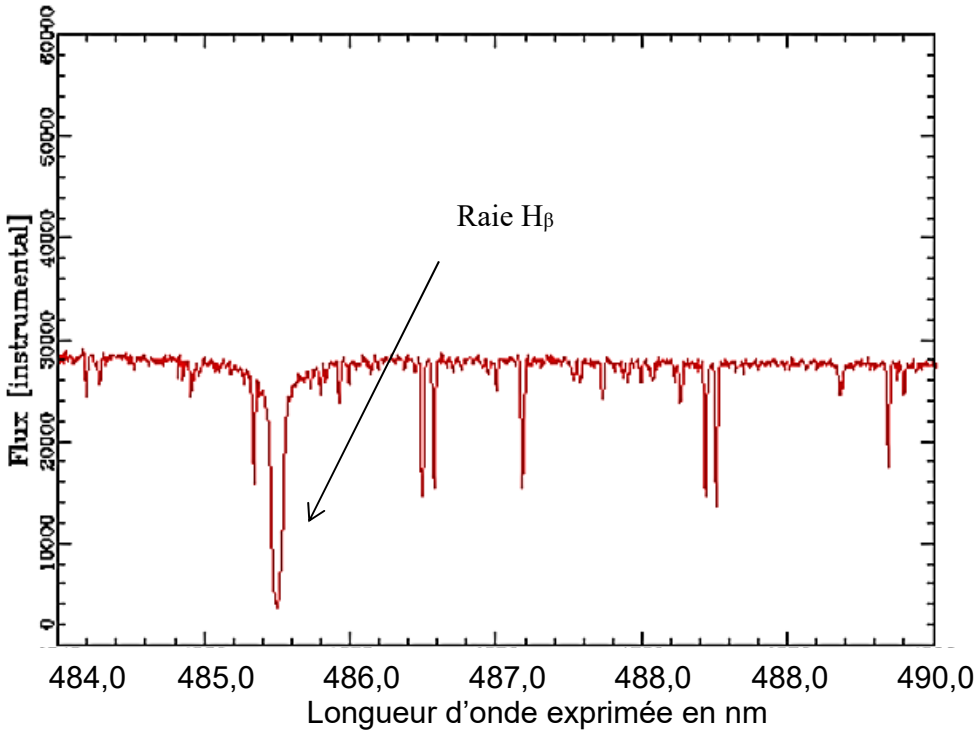
2.1. Expliquer qualitativement, à partir de l'analyse du schéma précédent, le décalage vers le bleu et le décalage vers le rouge.

2.2. Reproduire le schéma de la trajectoire de l'étoile ci-avant en indiquant l'ensemble des positions pour lesquelles :
- le spectre n'est pas décalé ;
- le spectre est décalé vers le bleu ;
- le spectre est décalé vers le rouge.

Justifier en traçant le vecteur vitesse de l'étoile pour trois positions particulières correspondant à chacun des trois cas.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 4
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.3. Sur le spectre de l'étoile HD 2665 ci-dessous, on observe la raie H_β de l'hydrogène, dont la longueur d'onde mesurée en laboratoire est λ_0 = 486,1 nm.



http://atlas.obs-hp.fr/elodie

Déterminer la vitesse radiale de l'étoile et expliquer si celle-ci s'éloigne ou se rapproche de la Terre au moment où le spectre est enregistré.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 4
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer