

Contrôle n°2 – 2018

Exercice 1 : Exoplanètes

Une exoplanète, ou planète extrasolaire, est une planète orbitant autour d'une étoile autre que le Soleil. Dès le XVII^e siècle apparaît l'idée de planètes hors du Système solaire, mais c'est au cours du XIX^e siècle que les exoplanètes sont devenues l'objet de recherches de quelques scientifiques. Beaucoup d'astronomes supposaient qu'elles pouvaient exister, mais aucun moyen technique d'observation ne permettait de prouver leur existence. La distance mais aussi le manque de luminosité de ces objets célestes, si petits en comparaison des étoiles autour desquelles ils orbitent, rendaient leur détection impossible.

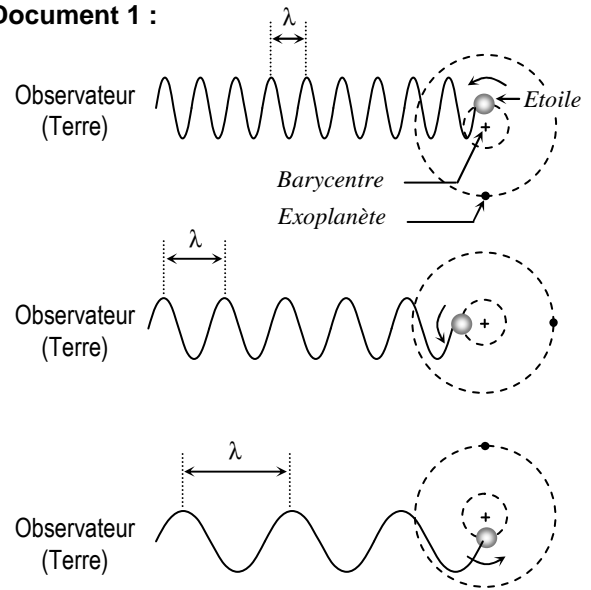
Ce n'est que dans les années 1990 que les premières exoplanètes sont détectées de manière indirecte, grâce à leurs effets (perturbation gravitationnelle ou effet de transit) sur l'étoile autour de laquelle elles orbitent. Depuis 2008 cette détection peut se faire de manière directe par coronagraphie en masquant la luminosité de l'étoile de manière à observer des objets moins brillants gravitant autour.

La plupart des exoplanètes connues aujourd'hui ont été détectées indirectement par l'effet Doppler-Fizeau qu'elles engendrent sur le spectre de leur étoile (*document 1*).

L'exoplanète et son étoile tourne autour du barycentre de leur masse. Ce mouvement de l'étoile par rapport à l'observateur sur Terre engendre un effet Doppler sur la lumière de l'étoile vue depuis la Terre :

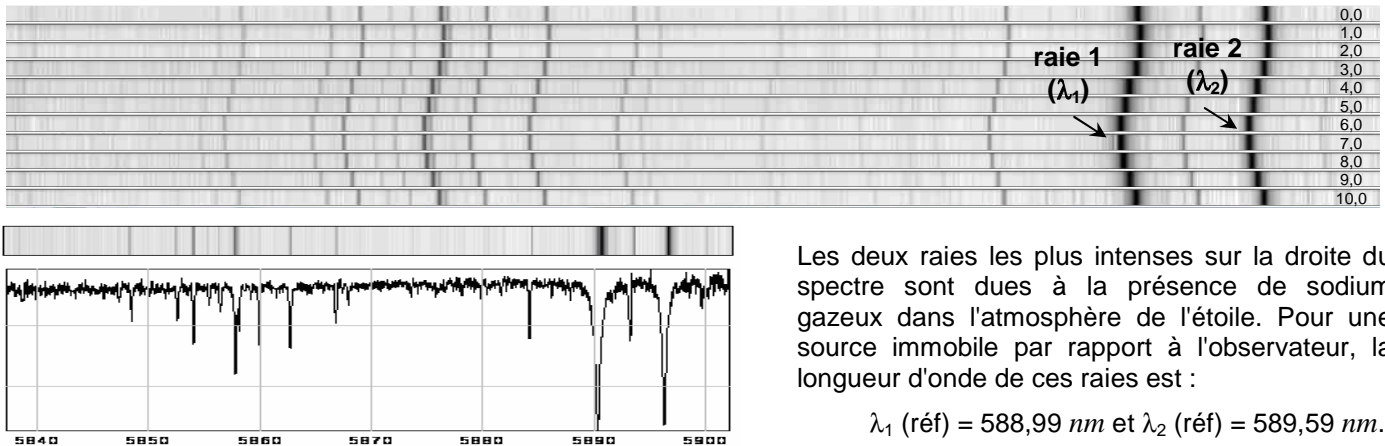
- Quand l'étoile avance vers la Terre, son spectre (et donc ses raies spectrales) est décalé vers les hautes fréquences.
- Quand l'étoile s'éloigne de la Terre, son spectre (et donc ses raies spectrales) est décalé vers les basses fréquences.

Document 1 :



Document 2a :

L'étude du spectre de l'étoile HD 75767 montre une oscillation de son spectre sur une période de 10,0 jours.

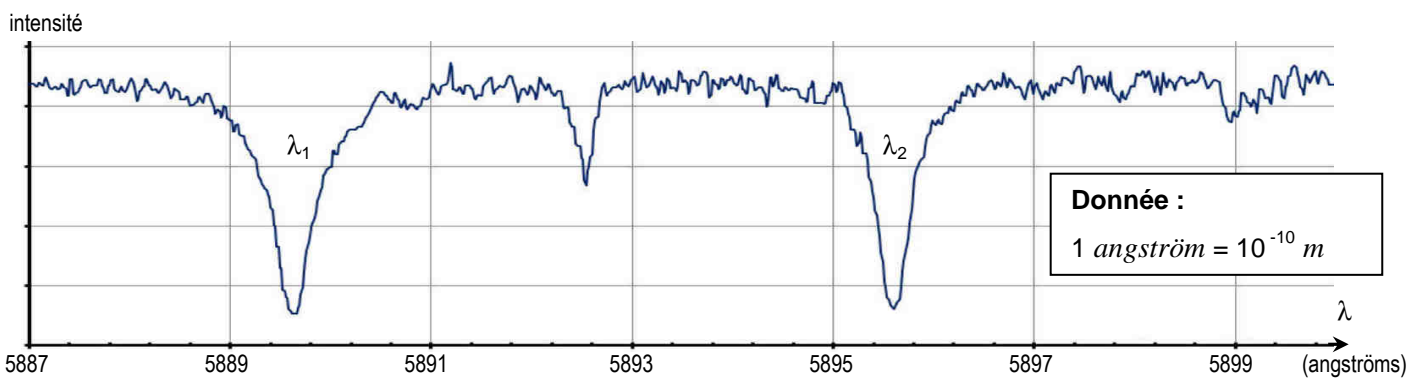


Les deux raies les plus intenses sur la droite du spectre sont dues à la présence de sodium gazeux dans l'atmosphère de l'étoile. Pour une source immobile par rapport à l'observateur, la longueur d'onde de ces raies est :

$$\lambda_1 (\text{réf}) = 588,99 \text{ nm} \text{ et } \lambda_2 (\text{réf}) = 589,59 \text{ nm}.$$

Document 2b :

A la date $t = 6,0 \text{ j}$, on observe la position des raies λ_1 et λ_2 sur le spectre de l'étoile HD 75767 :



1. Quel outil peut-on utiliser pour décomposer une lumière polychromatique pour en observer le spectre ?
2. Quel type de spectre obtient-on lorsqu'on décompose la lumière venant d'une étoile ?
- 3.1. D'après le *document 1*, lorsque l'étoile se rapproche de la Terre, la longueur d'onde de la lumière incidente est-elle la plus grande ou la plus petite ? Qu'en est-il alors de sa fréquence ? Justifier mathématiquement.
- 3.2. Dans une telle situation, quel nom donne-t-on au décalage en fréquence de la lumière de l'étoile ?
4. Définir l'effet Doppler.
5. Par effet Doppler-Fizeau, la vitesse radiale V_R de l'étoile se calcule, pour le décalage d'une longueur d'onde donnée, à l'aide de la relation :

$$V_R = c \times \frac{\lambda - \lambda_{REF}}{\lambda_{REF}} \quad \text{avec } c = 3,00 \cdot 10^5 \text{ km/s}$$

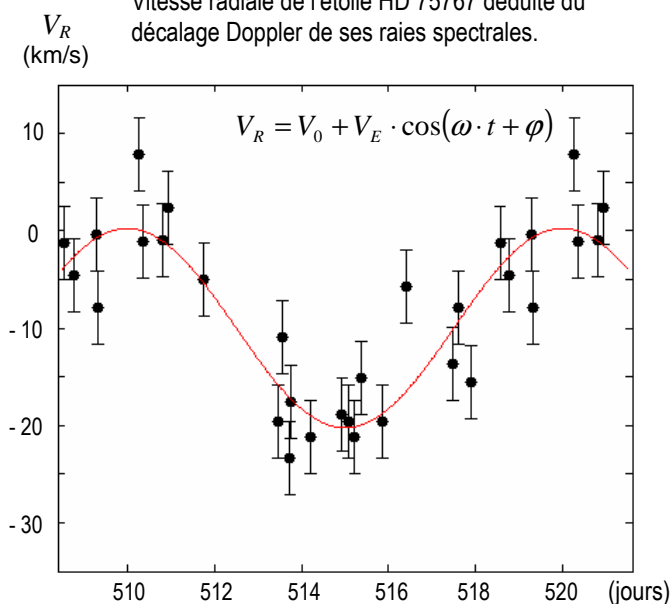
avec c la célérité de l'onde et λ_{REF} la longueur d'onde au repos. Calculer alors la vitesse radiale V_R de l'étoile HD 75767 par rapport à la Terre à la date $t = 6,0 \text{ j}$.

6. Quelle est, en secondes, la période orbitale de l'exoplanète tournant autour de HD 75767 ?
7. Si l'étoile HD 75767 ne possédait pas de planète en orbite autour d'elle, on observerait tout de même un décalage des raies dans son spectre, mais ce décalage n'oscillerait pas. Qu'indique ce décalage ?
8. La vitesse radiale de l'étoile en fonction du temps s'écrit : $V_R = V_0 + V_E \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$

A quoi correspond le terme V_0 ? Déterminer sa valeur à l'aide du *document 3*.

Document 3 :

Vitesse radiale de l'étoile HD 75767 déduite du décalage Doppler de ses raies spectrales.

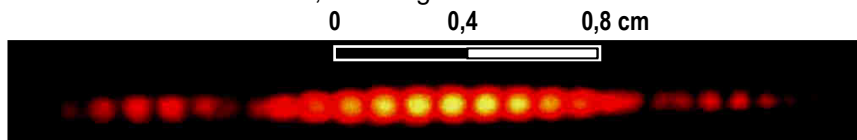
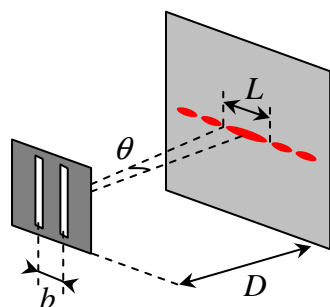


La vitesse radiale d'une étoile peut être mesurée précisément en prenant un spectre à haute-résolution et en comparant les longueurs d'onde mesurées de raies spectrales connues aux longueurs d'onde de ces mêmes raies mesurées en laboratoire (λ_{REF}).

Par convention, une vitesse radiale positive indique que l'étoile s'éloigne de la Terre et une vitesse négative que l'étoile s'en rapproche.

Exercice 2 : Interférences

On éclaire deux fentes parallèles, de largeur a et distantes d'une longueur b , avec un faisceau laser de longueur d'onde λ . On observe alors sur un écran situé à une distance $D = 1,0 \text{ m}$ la figure d'interférence ci-contre.



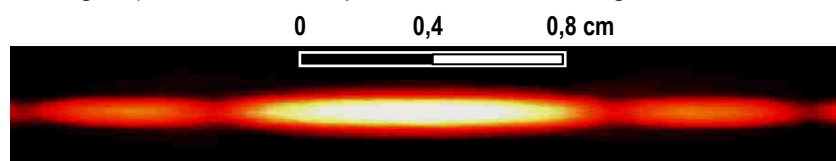
1. Déterminer la valeur de l'interfrange i

2. La valeur de l'interfrange est donnée par la relation $i = \frac{\lambda D}{b}$

Montrer avec cette expression que i est bien homogène à une longueur.

3. Calculer la distance entre les deux fentes si la longueur d'onde du laser est de 633 nm .

On effectue ensuite une modification du montage (la longueur d'onde du laser et les distances restent néanmoins inchangées) et on observe à présent sur l'écran la figure ci-dessous.



- 4.1. Quelle est la modification effectuée ?
- 4.2. Quel type de figure observe-t-on sur l'écran ?
- 4.3. En supposant que la tâche centrale ait une largeur $L = 1,0 \text{ cm}$, calculer θ

- 4.4. Quelle est la relation qui lie l'angle θ et la largeur a d'une des fentes ?
- 4.5. En déduire un ordre de grandeur de la largeur des fentes.

Exercice 3 : Nomenclature

1. Ecrire la formule semi-développée du 3,3-diéthyl-2-méthylpentanal. Préciser le nom du groupe fonctionnel.
2. Ecrire la formule topologique du 3-méthylbutanoate d'éthyle.