

2 Détection d'exoplanètes

Une exoplanète est une planète située hors du système solaire. Les recherches scientifiques sur ce sujet ont débuté au cours du XIX^e siècle. Aujourd'hui, on recense près de 4 000 exoplanètes.

→ **Comment détecter la présence d'une planète gravitant autour d'une étoile sans pouvoir la voir directement ?**

Objectifs

Interpréter les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler. Établir et exploiter l'expression du décalage Doppler.

Doc. 1 Exoplanètes

Les principales méthodes de détection sont des méthodes indirectes : la méthode des vitesses radiales qui permet, depuis la fin des années 1990, de découvrir plusieurs dizaines d'exoplanètes par an et la méthode du transit qui a permis, grâce au télescope Kepler, de découvrir plus de 2 500 exoplanètes entre 2014 et 2018.

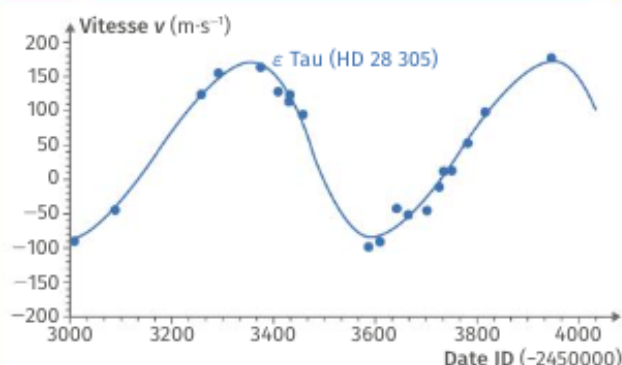
La méthode du transit consiste à observer la diminution périodique de la luminosité d'une étoile lorsqu'une planète passe devant.

La méthode des vitesses radiales consiste à mesurer, grâce à l'effet Doppler-Fizeau, le léger mouvement circulaire d'une étoile induit par l'attraction gravitationnelle exercée par ses planètes. On observe ainsi un décalage périodique du spectre de l'étoile.

Doc. 3 Jour julien

Le jour julien (abrégé en JD, pour *julian day* en anglais) est la base d'un système de datation utilisé en astronomie et qui consiste à compter le nombre de jours écoulés depuis une date de référence fixée arbitrairement au premier janvier -4712 à 12 h.

Doc. 2 Évolution de la vitesse radiale de ε Tau



D'après B. Sato et al., « A Planetary Companion to the Hyades Giant ε Tauri », *The Astrophysical Journal*, 20 mai 2007.

Doc. 4 Décalage Doppler-Fizeau

Du fait de l'effet Doppler-Fizeau, la longueur d'onde des radiations émises sera décalée positivement ou négativement selon que l'astre s'éloigne ou se rapproche, selon la relation :

$$|\Delta\lambda| = \frac{v}{c} \cdot \lambda_{\text{em}}$$

$\Delta\lambda$: décalage en longueur d'onde (m)

v : vitesse de l'astre ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

c : célérité de la lumière dans le vide

égale à $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

λ_{em} : longueur d'onde de la radiation émise (m)

Compétences

- ✓ **APP** : Extraire l'information utile
- ✓ **RAI/ANA** : Construire un raisonnement

1. Expliquer pourquoi les longueurs d'onde des raies d'absorption d'une étoile autour de laquelle gravite une planète subissent un décalage périodique.
2. Déterminer la période de révolution, c'est-à-dire la durée pour effectuer un tour autour de l'étoile, de l'exoplanète gravitant autour de l'étoile ε Tau.
3. Calculer les extrema du décalage en longueur d'onde du spectre de l'étoile ε Tau pour la raie du sodium ($\lambda_{\text{em}} = 589 \text{ nm}$).

Synthèse de l'activité

La précision du dispositif utilisé par les membres de l'équipe de B. Sato ne leur permettait pas de mesurer une vitesse inférieure à $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. En déduire la valeur la plus faible du rapport entre le décalage Doppler et la longueur d'onde.

1. L'étoile autour de laquelle gravitent les exoplanètes est périodiquement attirée par ces planètes ce qui provoque un léger déplacement de l'étoile, modifiant périodiquement les longueurs d'onde d'émission de l'étoile tantôt vers le rouge (red shift) tantôt vers le bleu (blue shift). Ce décalage périodique dans le spectre d'émission d'une étoile est caractéristique d'une exoplanète gravitant autour d'une étoile.
2. La période de révolution de l'exoplanète gravitant autour de l'étoile ϵ Tau environ 600 jours juliens soit 600 jours terriens.
3. $|\Delta\lambda| = \frac{v}{c} \cdot \lambda_{em} = \frac{-90}{3,00 \times 10^8} \times 589 \cdot 10^{-9} = -1,77 \cdot 10^{-13} \text{ m}$ pour le minimum
 $|\Delta\lambda| = \frac{v}{c} \cdot \lambda_{em} = \frac{170}{3,00 \times 10^8} \times 589 \cdot 10^{-9} = 3,34 \cdot 10^{-13} \text{ m}$ pour le maximum