

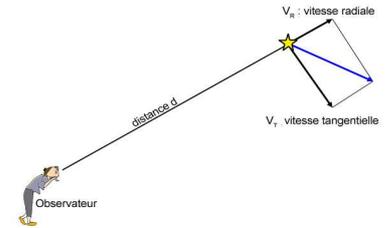
Document 1 : L'effet Doppler-Fizeau

En appliquant l'effet Doppler sonore à la lumière, Christian Doppler (1803-1853), mathématicien et physicien autrichien, suggère que la couleur des étoiles est une conséquence de leur mouvement par rapport à la Terre.

Le physicien et astronome français Hippolyte Fizeau (1819-1896) démontre en 1848 que la vitesse des étoiles est trop faible par rapport à celle de la lumière pour que cet effet soit observable (on sait maintenant que la couleur d'une étoile dépend essentiellement de sa température (Loi de Wien)).

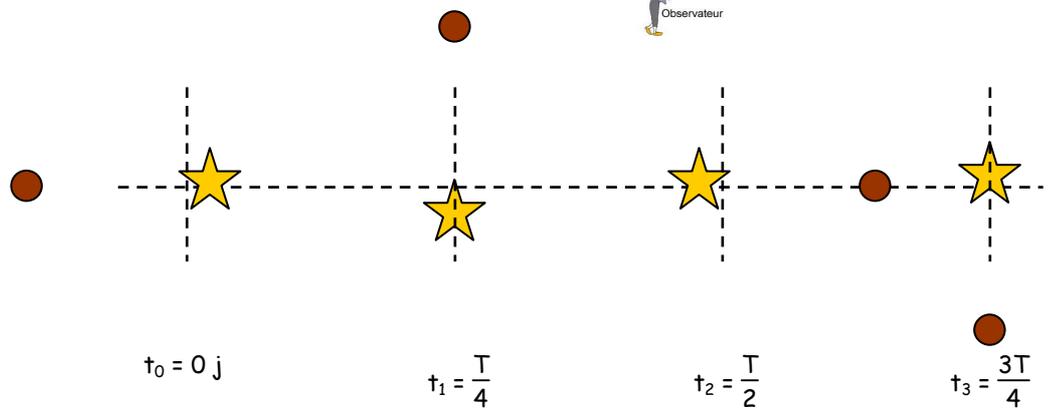
Fizeau conclut cependant que les raies d'absorption d'un élément chimique sur le spectre d'une étoile en mouvement par rapport à la Terre doivent être décalées par rapport à leur position sur le spectre du Soleil (référence de l'époque). La mesure de ce décalage permettrait alors de remonter à la vitesse de l'étoile dans la direction

d'observation (appelée par la suite vitesse radiale v_{rad}) par l'expression $v_{rad} = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$.



Document 2 : Application à la détection d'exoplanètes

L'effet Doppler-Fizeau s'est plus récemment illustré dans la détection des exoplanètes, les planètes en dehors du système solaire. En effet, la présence d'un astre massif autour d'une étoile provoque un léger mouvement périodique de l'étoile, que l'on peut mesurer par effet Doppler-Fizeau. La période de ce mouvement permet d'évaluer la masse de l'astre et de conclure sur le type de cet astre : exoplanète ou autre.



Document 3 : Détection d'une exoplanète (?) dans la constellation du Cancer

L'étoile HD 75767 fait partie d'un système dans la constellation du Cancer et situé à environ 75 al.

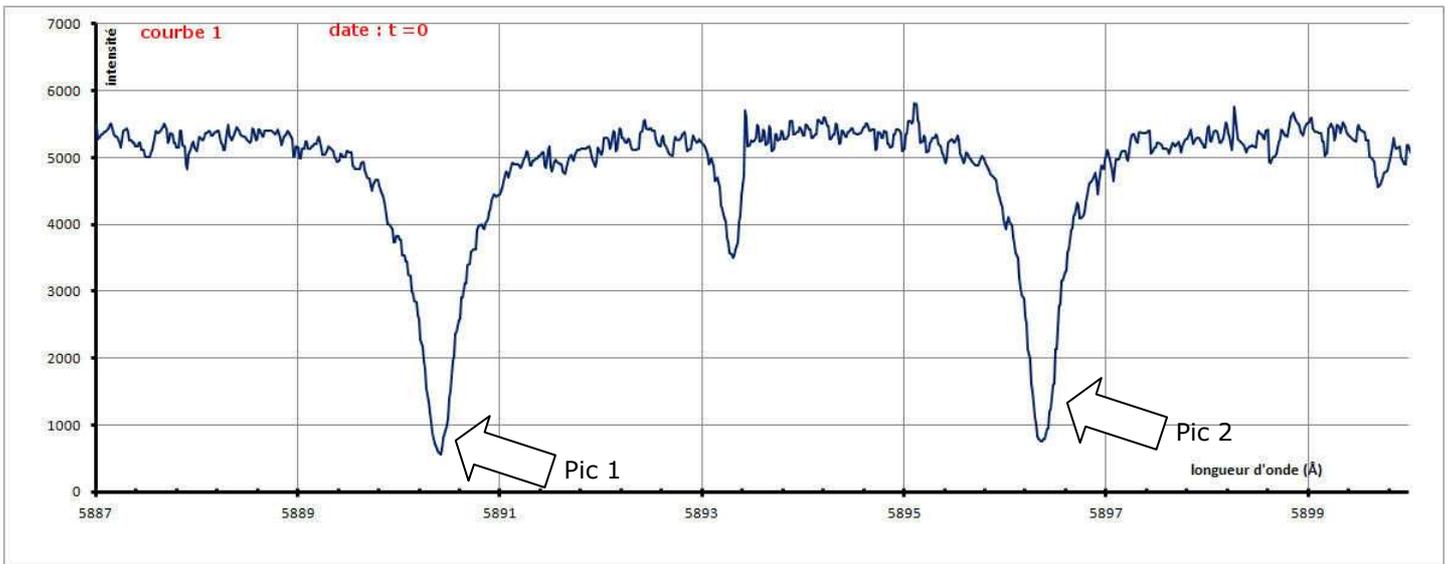
C'est une étoile du type du Soleil de température 5823 K et quasi-invisible à l'œil nu. Elle possède un compagnon massif n'émettant pas beaucoup de lumière (étoile froide ou peut-être planète géante).

Les spectres (noir et blanc mais haute définition) de cette étoile dans les environs de 589 nm sont donnés ci-dessous :

n°	t en jours (j)	Spectres	
1	0		
2	0,974505		
3	1,969681		
4	2,944838		
5	3,970746		
6	4,886585		
7	5,924292		
8	6,963536		
9	7,978645		
10	8,973648		
11	9,997550		

Les deux raies noires et relativement larges à droite du spectre sont celles de l'élément sodium. On peut mesurer les longueurs d'ondes correspondant à ces raies pour une source immobile. On obtient $\lambda(ref1) = 588,9950$ nm et $\lambda(ref2) = 589,5924$ nm.

A l'aide de logiciel, on peut convertir ces spectres en une courbe donnant l'intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde. On obtient par exemple pour le premier spectre à $t = 0$ j vers 589 nm :



– Décrire ce spectre.

On a obtenu, pour chacun des spectres, une courbe similaire.

Problématique : Quelle est la nature de l'astre gravitant autour de l'étoile HD 75767 ?

A l'aide de la page html : « Analyse des spectres HD75767.htm » se trouvant dans le répertoire « Analyse de spectres de l'étoile HD 75767 » (suivre le « chemin habituel : ...\documents classe TS\physique\onde\ ... »), compléter le tableau ci-dessous :

t en jours	λ_{pic1} (nm)	λ_{pic2} (nm)
0		
0,974505		
1,969681		
2,944838		
3,970746		
4,886585		
5,924292		
6,963536		
7,978645		
8,973648		
9,997550		

Attention à l'étalonnage des courbes (à faire qu'une seule fois).

A l'aide de Regressi, calculer vrad1 et vrad2 pour chacun des pics. En faire une moyenne vrad puis afficher la courbe vrad = f(t).

En déduire la période de révolution de cet astre gravitant autour de HD75767.

Quelques remarques à propos de Regressi :

- Dans le menu « Options\affichage », entrer 8 chiffres significatifs par défaut.
- Pour modéliser, il est nécessaire d'entrer le modèle « manuellement » : $v_{rad}(t) = v_0 + v_{max} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot t / T + b)$ (attention aux angles exprimés en radian. Sinon : $v_{rad}(t) = v_0 + v_{max} \cdot \cos(360 \cdot t / T + b)$)

Document 4 : Les étoiles ont une masse comprise entre environ 0,08 et 300 fois la masse du Soleil ($M(\text{Soleil}) \approx 2 \cdot 10^{30}$ kg). En dessous de la masse minimale, l'échauffement généré par la contraction gravitationnelle est insuffisant pour démarrer le cycle de réactions nucléaires : l'astre ainsi formé est une naine brune ou une planète géante.

Pour déterminer la masse (calcul avec des approximations) de l'astre gravitant autour d'une étoile, on peut utiliser la relation

suivante : $m = v_{max} \times \sqrt[3]{\left(\frac{T \times M(\text{étoile})^2}{2 \cdot \pi \cdot G}\right)}$ où G est la constante gravitationnelle $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI.

Pour HD75767, sa masse est quasiment égale à celle du Soleil.

Quelle est la nature de l'astre gravitant autour de l'étoile HD 75767 ?