

AVEC NOS ELEVES

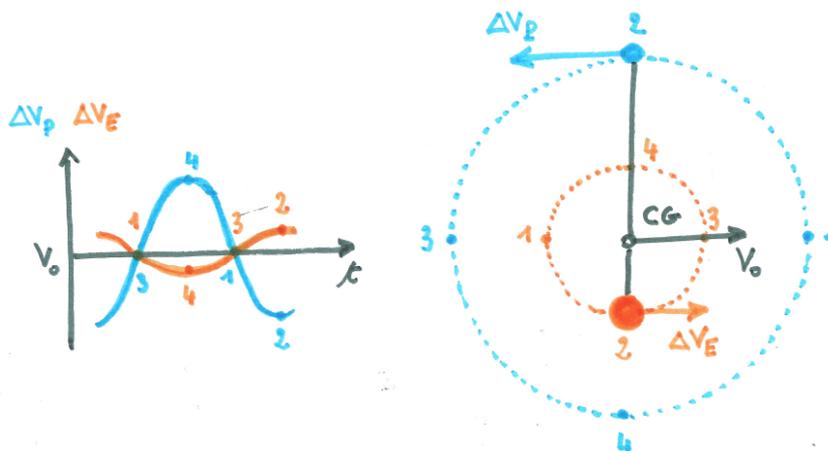
Détection de planètes extrasolaires : correction de l'exercice du CC117

Emilie Wernli et Georges Paturel

Résumé : Voici donc la correction de l'exercice qu'Alain Sarkissian proposait dans le CC117, à propos de la première mise en évidence, par M. Mayor et D. Queloz, de l'existence d'une exoplanète autour de l'étoile 51Peg. La mesure très précise des longueurs d'onde permet de calculer la vitesse relative de l'observateur et de l'étoile par l'effet Doppler-Fizeau..

La présence d'une planète autour d'une étoile induit un mouvement sur l'étoile elle-même, car le couple tourne, en fait, autour du centre de gravité commun. Dans l'exercice proposé nous utilisons une seule raie spectrale de longueur d'onde nominale $\lambda_0=604,142717$ nm (soit $6041,42717$ Å). Mayor et Queloz utilisaient toutes les raies du spectre, ce qui leur a permis de trouver un résultat bien plus précis.

Étapes 1 et 2: Voici le schéma qui répond aux deux premières questions : On a supposé que l'observateur était exactement dans le plan de l'orbite de l'exoplanète et qu'il observait la planète orbitant autour de l'étoile depuis la gauche du schéma. Quand un astre s'éloigne de l'observateur, la vitesse est comptée positivement. Le couple étoile-planète tourne autour du centre de gravité commun (CG) animé d'une vitesse V_0 par rapport à l'observateur. La masse de l'étoile étant plus importante que la masse de la planète, l'amplitude du mouvement de l'étoile est très faible.



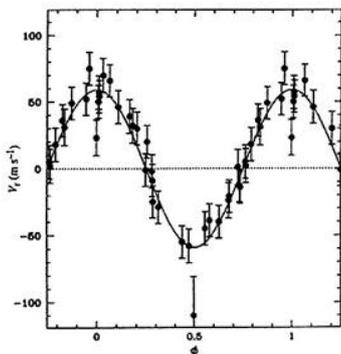
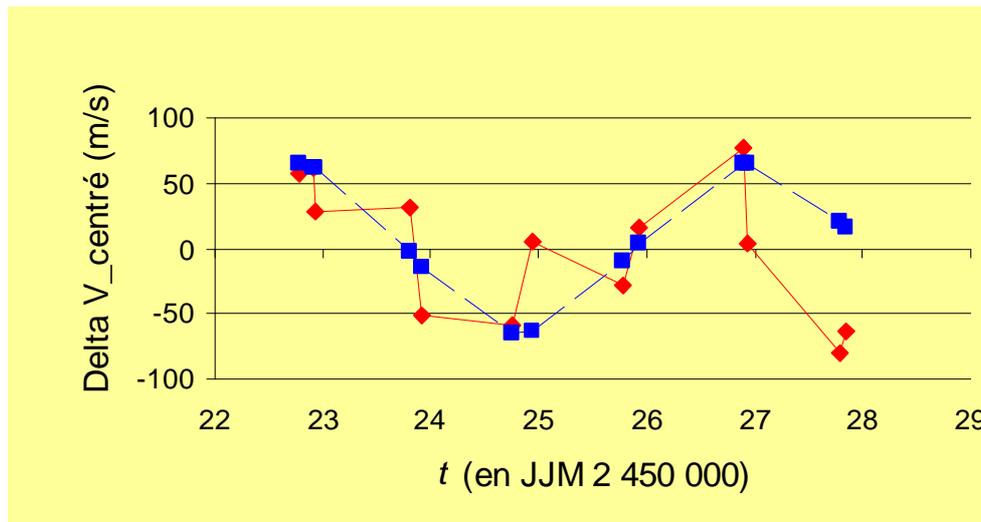
Étapes 3, 4 et 5 : Sur les raies spectrales de l'énoncé, il est possible de mesurer la longueur d'onde centrale pour différents jours. Pour ce corrigé nous prendrons la valeur déterminée par un ajustement gaussien de la raie (cette valeur est donnée sur chaque raie). Tous les calculs se font avec un tableur (table ci-dessous).

A partir du décalage $\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0$ de la longueur d'onde par rapport à la valeur nominale, on déduit la vitesse relative $\Delta V=c.\Delta\lambda/\lambda_0$ observée pour l'étoile (la planète n'étant pas assez lumineuse pour contribuer au spectre) pour les différents jours. La correction BERV prend en compte le mouvement de l'observateur (rotation de la Terre sur elle-même et vitesse orbitale de la Terre autour du Soleil). On obtient ainsi la vitesse vraie de l'étoile par rapport au Soleil. C'est ce que nous appelons le " $\Delta V_{\text{corrigé}}$ ". La valeur moyenne n'est pas nulle car le couple planète étoile se déplace par rapport au Soleil. On corrige cette vitesse de la valeur moyenne calculée, $V_0=57,96349164$ m/s, ce qui permet d'avoir la vitesse radiale rapportée au centre de gravité du

couple planète étoile (aux effets de projection près). C'est ce que nous appelons le " $\Delta V_{\text{centré}}$ ". On trace donc le graphique avec le tableur en portant $\Delta V_{\text{centré}}$ en fonction du temps (mesuré en "pseudo" Jours Juliens Modifiés¹).

Etape 6 : Si nous superposons une sinusoïde (en bleu) qui reproduit au mieux la courbe observée (en rouge), nous obtenons : une période $P = 4$ jours et un extremum de l'amplitude à $t = 25$ jours en JJM, valeurs très proches de ce que trouvait Mayor et Queloz (4,23077 jours et $t=24,97$ jours).

t enJJM	BERV	λ	$\Delta\lambda$	ΔV	ΔV corrigé	ΔV centré	ΔV théorique
2450000	(m/s)	Angström	Angström	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
22,7874223	-19310,4	6041,8163	0,38913	19309,71539	-0,684613382	57,27887826	64,641428
22,9214733	-19608,5	6041,8224	0,39523	19612,41439	3,914391708	61,87788335	62,01626746
22,9339507	-19632,5	6041,8222	0,39503	19602,48983	-30,01016586	27,95332578	61,64490019
23,8023028	-19678,8	6041,8232	0,39603	19652,11262	-26,68737812	31,27611352	-2,697316047
23,9206618	-19940	6041,8268	0,39963	19830,75466	-109,2453423	-51,28185068	-14,01273921
24,7502482	-19892,8	6041,8257	0,39853	19776,16959	-116,6304088	-58,66691715	-64,52101513
24,9437682	-20309,8	6041,8354	0,40823	20257,51063	-52,2893679	5,674123741	-64,10728411
25,7817282	-20284,4	6041,8342	0,40703	20197,96329	-86,43671315	-28,47322151	-10,38134082
25,9330946	-20611,9	6041,8417	0,41453	20570,13419	-41,76580524	16,1976864	4,182937052
26,8920519	-20848,1	6041,8477	0,42053	20867,87092	19,77092111	77,73441275	64,78035261
26,9355134	-20931,7	6041,8479	0,42073	20877,79548	-53,90452137	4,058970268	64,98983328
27,783198	-20917,2	6041,8459	0,41873	20778,5499	-138,6500968	-80,68660515	21,03636616
27,8365655	-21038,4	6041,8487	0,42153	20917,49371	-120,9062912	-62,94279956	16,10097453
					-57,96349164		



© Mayor et Queloz - site www.obs-hp.fr
Vitesse radiale de 51Peg

Mayor et Queloz utilisaient non pas une raie mais toutes les raies du spectre. La courbe qu'ils ont obtenue était très bien définie. Allez voir le site de l'OHP (www.obs-hp.fr). Vous trouverez une description technique du spectrographe ELODIE. Vous pourrez vous convaincre que cette découverte n'était pas due à la chance, mais résultait d'une remarquable préparation. ■

¹ Les Jours Juliens Modifiés officiels sont obtenus à partir des Jours Juliens auxquels on retranche 2400000,5 jours (cf. CC114, p.21)