

ÉVOLUTION DE LA PÉRIODE DES RR, MISE À JOUR 06.2009

II. Périodes à taux de croissance ou de décroissance constants

Jacqueline Vandebroere

1. Introduction

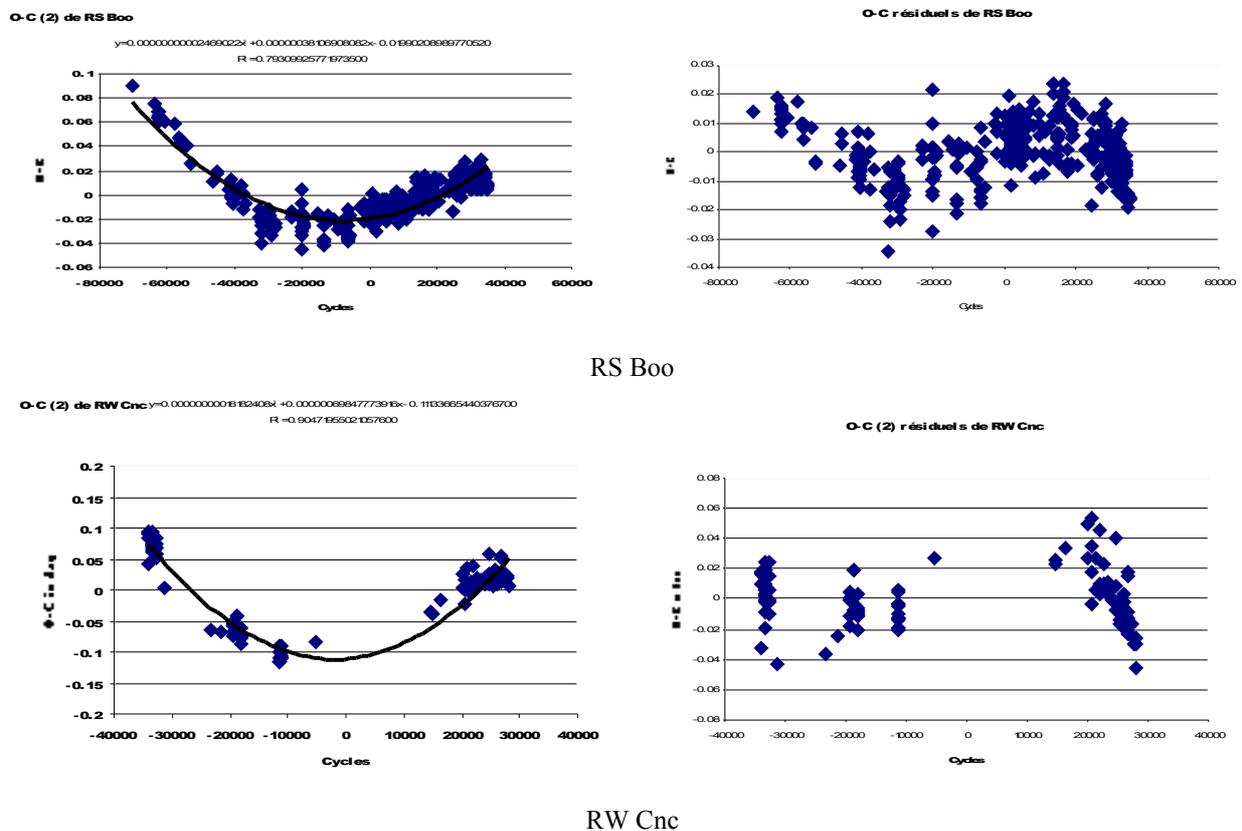
Cette note est la suite de la NC 1104 et concerne les RRab, dont la période change avec un taux constant. Nous la terminerons par une vue d'ensemble des différentes sortes d'évolution des RRab du champ de notre Galaxie et nous mentionnerons les autres phénomènes qui deviennent perceptibles grâce aux nouveaux maxima, généralement très précis.

2. RRab avec période à taux de croissance constant

a) Cas spéciaux des étoiles de l'article de A&A et de la NC 1084

L'année passée, nous avons 36 RRab, dont la période croissait à un taux constant pendant au moins 50 ans. Les courbes des O-C, complétées avec les valeurs des nouveaux maxima disponibles, ont été examinées une par une. Pour 21 de ces étoiles, le coefficient de corrélation de la parabole, R^2 , est devenu plus grand et la parabole est mieux définie. Pour 5 RRab (SW Boo, EZ Cep, IV Cyg, V684 Cyg et DD Lyr), R^2 n'a pas changé parce qu'aucun nouveau maximum n'est entré dans la base de données depuis janvier 2008. Pour les 10 autres étoiles, R^2 a légèrement diminué de valeur et nous allons en déterminer les raisons. Dans 6 cas, cela découle vraisemblablement d'un fort effet Blazhko (RS Boo, RW Cnc, TT Cnc, RV Cet, UU Hya et AS Vir). Pour RS Boo, la cause se trouve également dans une oscillation résiduelle, tandis que pour RW Cnc, les maxima ne sont pas très bien répartis dans le temps et un changement de période ne peut être exclu. D'autre part, un instant de UU Boo semble erroné et la parabole des 3 autres RRab garde quand même toujours un coefficient de corrélation $R^2 > 0.94$.

Fig. 1 : Courbes des O-C et O-C résiduels de RS Boo et RW Cnc



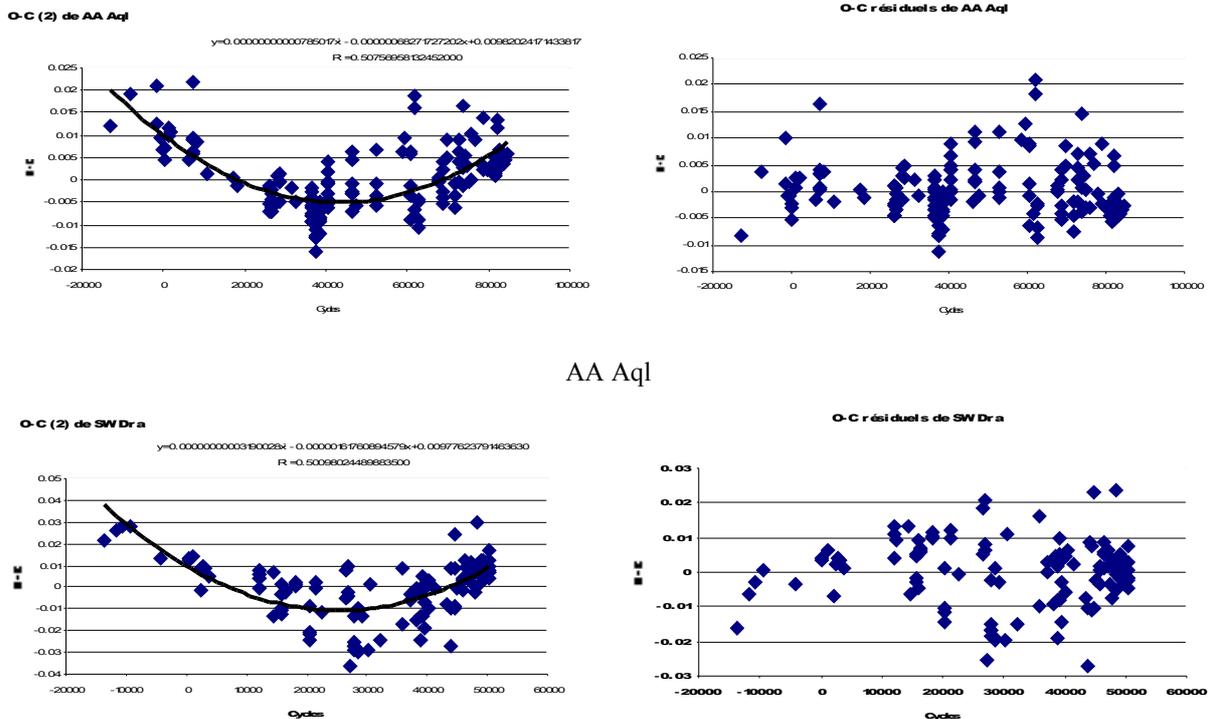
b) Nouvelles RRab avec période à taux de croissance constant

Table 1 : Eléments de la période des nouvelles étoiles à taux de croissance constant

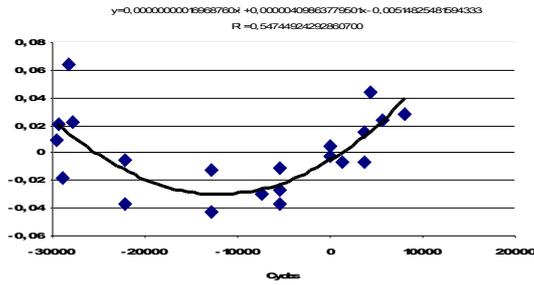
Etoile	N max	Temps (ans)	Epoque (JJH +2400000)	Période (jours)	T. quad. (10^{-10} j/j)	R ²	dP/dt (10^{-10} j/j)
AA Aql	166	97	24347.3982	0.36178666	0.079	0.5076	0.43
TX Com	20	59	35550.4316	0.53647020	1.807	0.6159	6.74
SW Dra	128	100	26224.5847	0.56966958	0.319	0.5010	1.13
BB Eri	25	56	39559.2987	0.56990231	1.567	0.8792	5.50
AG Her	27	101	27662.2580	0.64944105	1.096	0.6324	3.37
SV Hya	26	105	39318.3130	0.47854486	0.921	0.8887	3.85
X LMi	37	81	39199.9993	0.68432304	2.322	0.7706	6.79
RV Oct	169	109	15116.6904	0.57115897	0.725	0.5581	2.54
V960 Oph	21	61	42924.5126	0.59358521	1.697	0.5474	5.72
V1089 Oph	28	66	49475.5233	0.60454195	1.274	0.5542	4.22
V2334 Oph	23	66	43726.3205	0.43865645	1.617	0.9007	7.37
FM Per	46	74	33765.7540	0.48920790	7.506	0.9702	30.69
BB Pup	20	74	38810.7766	0.48054559	0.574	0.7619	2.39
RU Scl	28	80	31122.8712	0.49333141	3.269	0.9856	13.25
BN Vul	111	110	45530.4262	0.59413076	0.552	0.5418	1.86
FK Vul	34	69	36076.4247	0.43404974	1.007	0.6403	4.64

Dans l'article de A&A, RV Oct était considérée comme ayant une période constante et sa croissance avait ensuite été détectée (NC 1081) avec un coefficient de corrélation encore un peu trop faible tandis que BN Vul y était renseignée comme irrégulière alors qu'avec les nouveaux maxima, on voit bien que sa période croît avec un taux constant. AA Aql est actuellement la RRab avec le plus petit taux de croissance constant établi avec assez de certitude. Nous montrons le graphique des O-C de ses maxima ainsi que ceux de trois autres étoiles avec un $R^2 < 0.55$ et celui de RU Scl qui est le mieux corrélé (voir fig. 2).

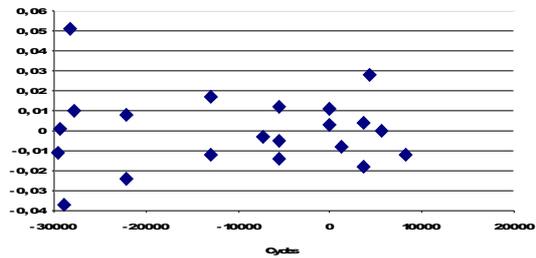
Fig. 2 : Graphiques des O-C linéaires et quadratiques de 5 étoiles de la Table 1



O-C (2) de V960 Oph

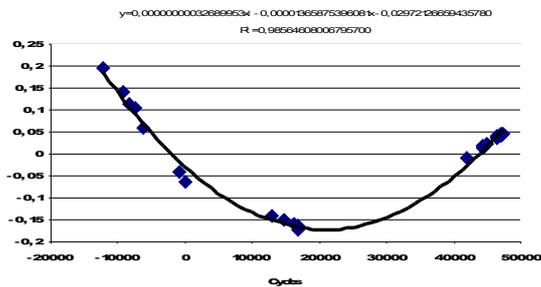


O-C résiduels de V960 Oph

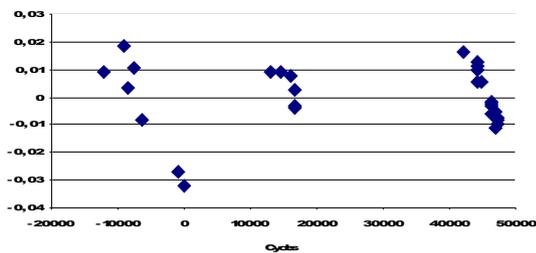


V960 Oph

O-C (2) de RU Scl

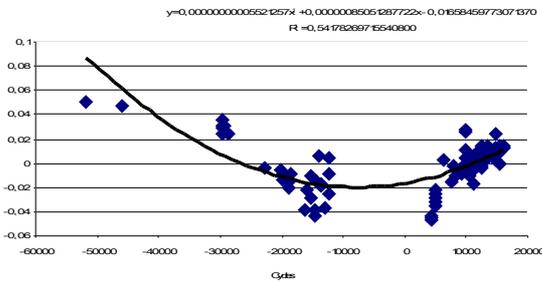


O-C résiduels de RU Scl

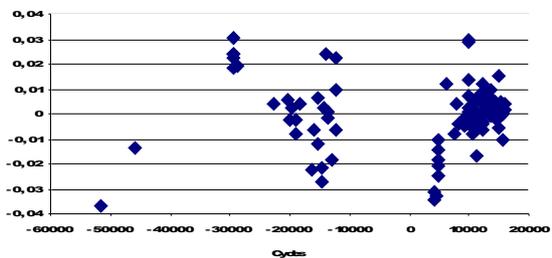


RU Scl

O-C (2) de BN Vul



O-C résiduels de BN Vul



BN Vul

3. R Rab avec période à taux de décroissance constant

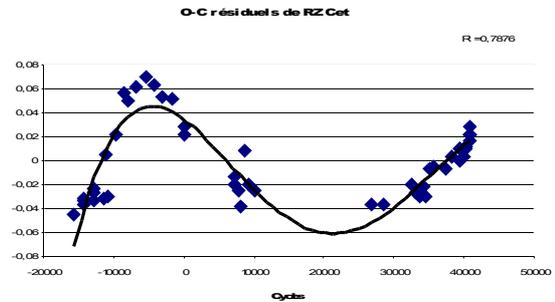
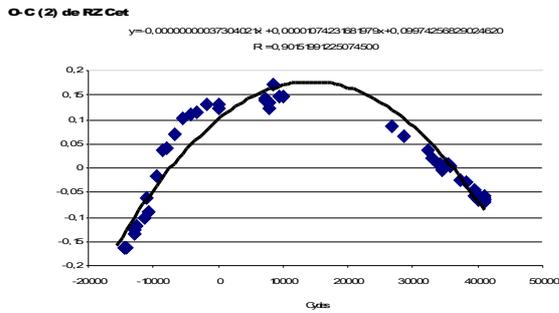
a) Cas spéciaux des étoiles déjà connues avec période décroissante

L'an passé, nous avons 21 R Rab avec période décroissant à un taux constant pendant au moins 50 ans. L'examen de leur courbe des O-C, complétées avec les valeurs des nouveaux maxima disponibles, montre, pour 15 de ces étoiles, une parabole mieux définie avec un coefficient de corrélation R^2 plus grand. Pour 3 de ces étoiles (V394 Her, V1095 Oph et SW Psc) aucun nouveau maximum n'est entré dans la base de données. Pour seulement 3 étoiles, R^2 est devenu plus petit. Examinons-les en détail.

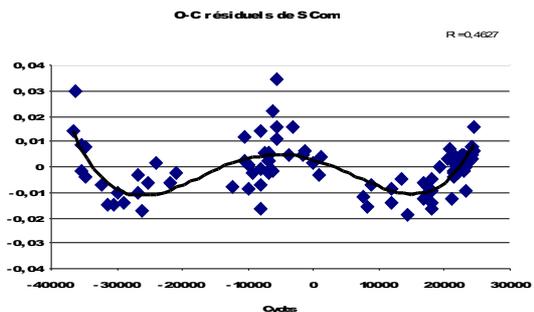
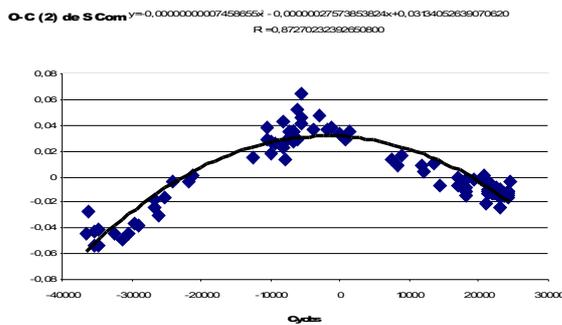
La période de RZ Cet est bien décroissante et la courbe de ses O-C peut être représentée par une parabole au coefficient de corrélation $R^2 = 0.9015$ avec 51 maxima sur 79 ans. Toutefois, après soustraction des valeurs de la parabole, les O-C résiduels (voir fig. 3) montrent une oscillation de + ou - 0.04 j. et un changement brusque de la période ne peut être totalement exclu. Il est à noter que toute la première série de maxima provient d'observations photographiques ou visuelles peu précises. Nous conseillons donc fortement l'observation de RZ Cet afin de mieux cerner l'évolution de sa période.

Pour S Com, nous avons maintenant $R^2 = 0.8727$ avec 109 maxima sur 98 ans. Les mesures TAROT semblent indiquer un effet Blazhko et une oscillation est visible sur les O-C résiduels (voir fig. 3), mais son amplitude n'est que de + ou - 0.01 j. Enfin, en ce qui concerne BH Peg, $R^2 = 0.8885$ et la dispersion des O-C le long de la parabole peut en grande partie s'expliquer par le fort effet Blazhko présent chez cette RRab (voir fig. 3).

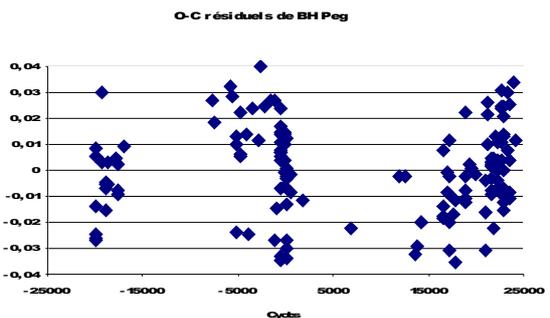
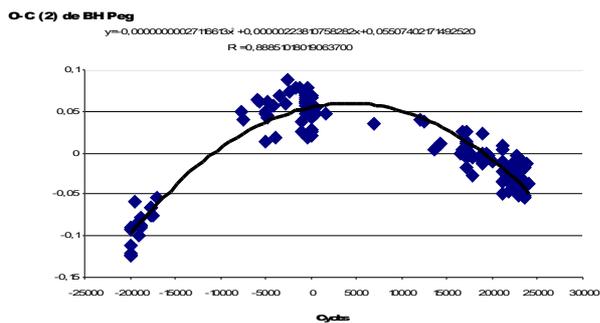
Fig. 3 : Graphiques des O-C linéaires et quadratiques de RZ Cet, S Com et BH Peg



RZ Cet



S Com



BH Peg

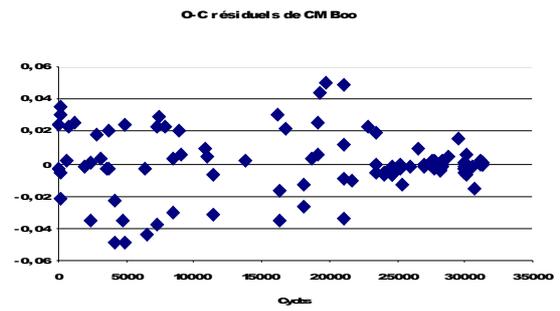
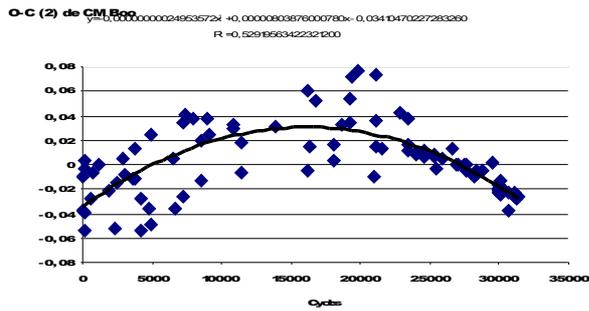
b) Nouvelles RRab avec période à taux de décroissance constant

Il est à noter que la période de CX Lyr a le taux de décroissance le plus grand obtenu pendant un laps de temps de plus de 50 ans.

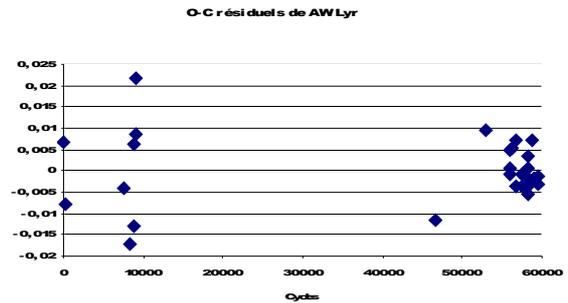
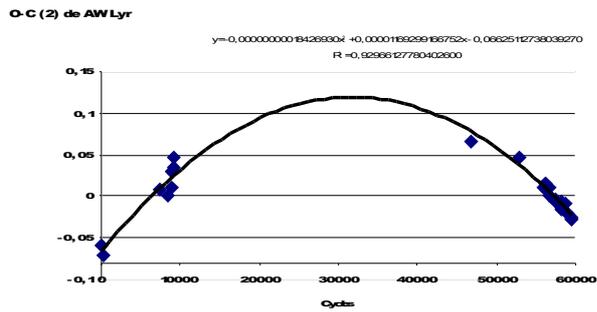
Table 2 : Eléments de la période des nouvelles étoiles à taux de décroissance constant

Etoile	N max	Temps (ans)	Epoque (JJH +2400000)	Période (jours)	T. quad. (10^{-10} j/j)	R ²	dP/dt (10^{-10} j/j)
CM Boo	103	52	35901.5450	0.60908415	- 2.495	0.5292	- 8.19
AW Lyr	29	81	25331.6291	0.49744953	- 1.843	0.9297	- 7.41
CX Lyr	58	108	33069.3581	0.61664951	- 8.340	0.9853	- 27.05
AB UMa	85	84	36227.6361	0.59958580	- 1.642	0.7048	- 5.48

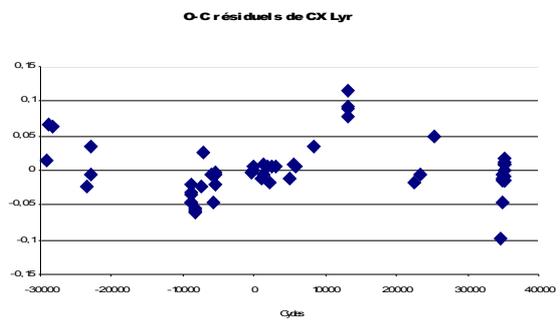
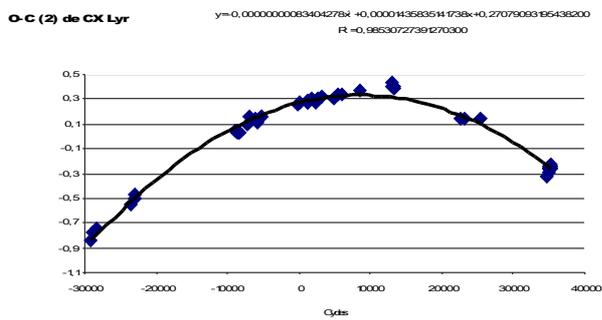
Fig. 4 : Graphiques des O-C linéaires et quadratiques des RRab de la Table 2



CM Boo

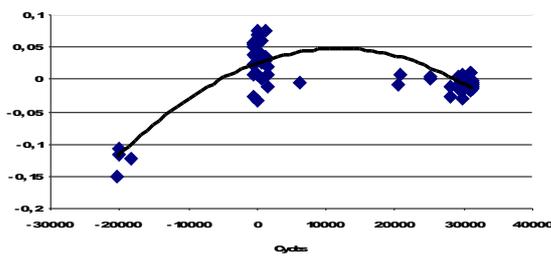


AW Lyr

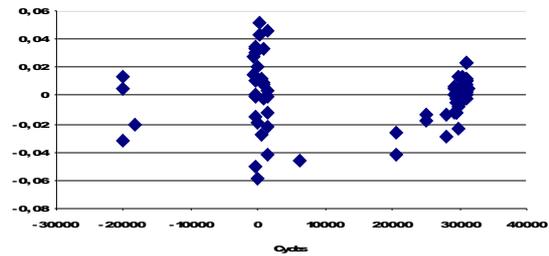


CX Lyr

O-C (2) de AB UMa $y = -0,0000000016423169x^2 + 0,00000385980796163x + 0,02501240985420340$
 $R^2 = 0,70478414168753800$



O-C résiduels de AB UMa



AB UMa

4. Discussion et conclusions générales sur l'évolution de la période de toutes les RRab, y compris pour celles qui sont constantes ou irrégulières (NC 1104)

Maintenant, dans le champ de notre Galaxie, nous avons obtenu l'évolution de la période de 202 RRab pendant au moins 50 ans : 98 RRab avec période constante (49%)

51 RRab avec période croissant à taux constant (25%)

25 RRab avec période décroissant à taux constant (12%)

28 RRab avec période irrégulière (14%).

Ce qui est frappant, c'est qu'avec beaucoup plus d'étoiles qu'en 2007, les pourcentages de périodes constantes et croissantes ont augmenté sensiblement. Ceux-ci correspondent mieux à ce qui a été trouvé dans les amas globulaires et reflète sans doute mieux la réalité du champ de notre Galaxie. La base statistique est meilleure, mais il reste sans doute un certain déficit en périodes irrégulières, car il est nettement plus difficile de relier des instants de maximum relativement peu nombreux et pas trop bien répartis dans le temps lorsque la période est imprévisible que quand elle est restée constante. Quant à la proportion relative entre périodes croissantes et décroissantes, elle est actuellement de 67 et 33%, résultat qui n'est plus si loin des 77 et 23% détectés dans l'amas globulaire ω centauri (Jurcsik et al., 2001). Si l'on calcule le taux de corrélation R^2 moyen des deux groupes de périodes à évolution à taux constant, on obtient R^2 moyen = 0.790 pour les RRab avec périodes croissantes et R^2 moyen = 0.825 pour celles à périodes décroissantes. Ces résultats peuvent être considérés comme similaires et donc tout à fait comparables.

D'autre part, de nouvelles possibilités de recherche apparaissent avec les maxima de plus en plus nombreux et précis s'étendant sur des laps de temps de plus en plus longs. En effet, nous commençons à percevoir des changements secondaires se superposant à l'évolution principale de certaines périodes.

Il y a tout d'abord les variations des O-C dues à l'effet Blazhko. Ce phénomène est connu depuis longtemps et fait l'objet de nombreuses études actuellement en cours. Il ne sera pas étudié ici.

Il y a aussi, avec une occurrence qui semble loin d'être négligeable, une oscillation des O-C qui prend souvent une forme plus ou moins sinusoïdale et qui apparaît sur le graphique des O-C de certaines RRab, dont la période peut être considérée comme constante sur le long terme, et sur celui des O-C résiduels, c'est-à-dire après soustraction des valeurs de la parabole, de certaines RRab à période changeant à taux constant pour l'ensemble des données. L'amplitude de ces variations résiduelles est généralement de + ou - 0.2 à 0.4 j. avec une période de quelques dizaines d'années. Dans mes NC précédentes, j'ai eu tendance à attribuer cette oscillation des O-C à l'effet gravitationnel des composants de systèmes doubles. Mais, comme me l'a fait remarquer Ennio lors de la dernière réunion du GEOS, on ne connaît pas de RR Lyrae binaire serrée. De plus, l'amplitude des variations suppose des compagnons fort massifs. Je n'ai encore rien lu dans la littérature à propos de ces mouvements sinusoïdaux des O-C, mais je pense qu'il devrait s'agir d'un changement de la période qui s'adapte aux modifications progressives des caractéristiques de l'étoile (composition, densité, température, épaisseur des différentes couches...) et non d'une deuxième pulsation. Je compte étudier ce point dans une prochaine note.

Quoi qu'il en soit, c'est la signification des résultats obtenus et leur accord ou non avec les modèles existants qui est importante et c'est cela qu'il faudra revoir en détail au cours des années qui viennent.

5. Bibliographie

- J. Jurcsik et al., 2001, AJ 121, 951
- Le Borgne J.F. et al., 2007, A&A 476, n° 1, 307
- Le Borgne J.F. et al., 2000-2009, the GEOS RR Lyrae stars database, http://rr-lyr.ast.obs-mip.fr/dbrr/-V1.0_0.php
- Vandebroere J., 2007-2009, NC 1081, 1084 et 1107