

EVOLUTION A LONG TERME DE RR LYRAE A PARTIR DES MAXIMA DE LA BASE DE DONNEES DU GEOS

XI. AT And, BO Aqr, BR Aqr, CP Aqr, AA Aql, CS Boo, RV Cap, RR Cet, RW Lyn, AA Aqr, SS Cnc, RX CVn, ST Com, V 759 Cyg, CZ Lac, KX Lyr, RV Oct, V 413 Oph, AR Ser et BN Vul

1. Introduction

Voici l'étude de l'évolution à long terme d'une onzième série de RR Lyrae, faite à partir des maxima de la base de données du GEOS (Le Borgne et al., 2000 – 2006). La méthodologie est la même que celle des articles précédents pour AT And, BO Aqr, BR Aqr, CP Aqr, AA Aql, CS Boo, RV Cap, RR Cet et RW Lyn, soit pour chacune de ces étoiles :

- a) Renseignements du GCVS et courbe des O-C de la base de données du GEOS.
- b) Vérification de la cohérence des O-C ; si nécessaire, nouvelle numérotation des maxima et rejet des instants manifestement erronés ou trop peu précis.
- c) Calcul des éléments de la période, avec tous les maxima conservés, à l'aide d'une éphéméride linéaire unique et examen de la courbe des nouveaux O-C.
- d) Si le graphique de ces O-C est de forme parabolique, calcul d'un terme non linéaire et visualisation des O-C résiduels.
- e) Conclusions et tentative d'interprétation des phénomènes observés.

L'étude des autres étoiles est expliquée plus brièvement.

2. AT And

- a) GCVS : RRab, mag. 10.42 à 10.92 (V), sp. F0 – F7, JJD 2442343.4205 + 0.61691475 E.
Base de données : 70 maxima s'étendant sur 99 ans. Le graphique des O-C montre qu'il y a un problème avec certains maxima.
- b) Nous avons dû éliminer 20 instants, dont un qui était repris deux fois. Plusieurs maxima rejetés se situaient à la phase 0.4, c'est-à-dire à l'endroit du sursaut avant le minimum.
- c) Nous avons calculé une nouvelle régression linéaire avec les 50 maxima conservés et nous avons obtenu :

$$\text{JJD } 2442343.4208 (\pm 0.005) + 0.61691444 (\pm 0.0000004) E \quad (2)$$

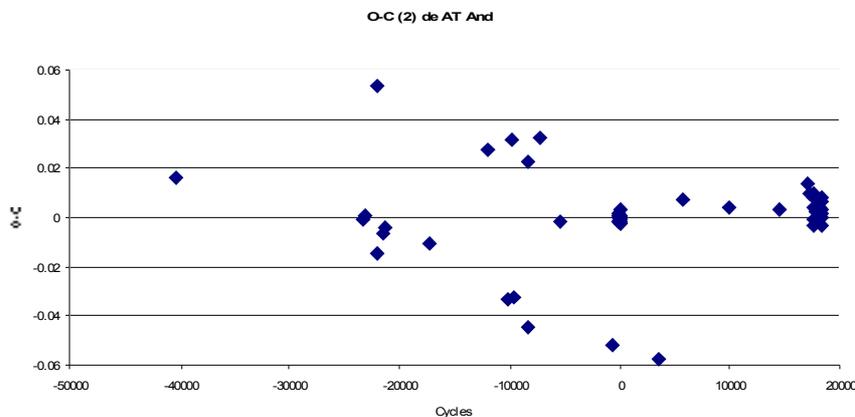


Fig. 1 : Courbe des O-C (2) de AT And

Le graphique des O-C de la fig. 1 ne montre pas de changement de période, mais il n'y a que les maxima les plus récents qui ne sont pas fort dispersés. Peña et Peniche (2004) arrivent aussi à la conclusion que la période de cette RR n'a pas changé.

3. BO Aqr

- a) GCVS : RRab, mag. 11.56 à 12.61 (V), sp. A8 – F1, pér. var. ?, JJD 2441621.252 + 0.6940186 E.
Base de données : 68 maxima s'étendant sur 107 ans ; malheureusement, il y a seulement 2 instants récents après 32 ans sans données. Le graphique des O-C montre que la période est plus longue.
- b) Nous avons éliminé 3 maxima qui s'écartaient trop de la série ainsi que l'époque du GCVS qui n'est pas un instant observé.

- c) La nouvelle régression linéaire, que nous avons faite avec les 64 maxima conservés, nous donne l'éphéméride qui suit :

$$\text{JJH } 2441621.2264 (\pm 0.007) + 0.69402108 (\pm 0.0000006) E \quad (2)$$

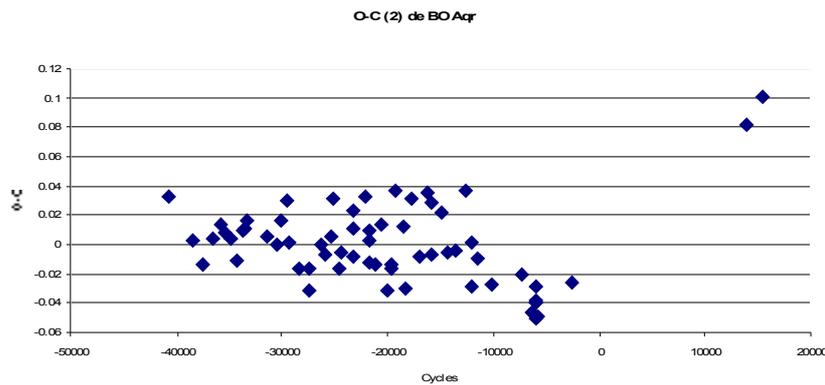


Fig. 2 : Courbe des O-C (2) de BO Aqr

Les O-C de la fig. 2 semblent indiquer un changement de période vers le cycle zéro.

- d) Conclusion : nous devons essayer d'obtenir des mesures précises de cette R Rab pour en savoir plus à son sujet.

4. BR Aqr

- a) GCVS : R Rab, mag. 10.77 à 11.92 (V), sp. A8 – F6, pér. var. ?, JJH 2437636.219 + 0.4818785 E.
Base de données : 65 maxima s'étendant sur 103 ans.

- b) Le cycle de 4 des premiers instants rectifié, nous avons éliminé 3 maxima peu précis.

- c) La nouvelle régression linéaire, effectuée avec 62 maxima, nous donne l'éphéméride qui suit :

$$\text{JJH } 2437636.1930 (\pm 0.01) + 0.48187816 (\pm 0.0000006) E \quad (2)$$

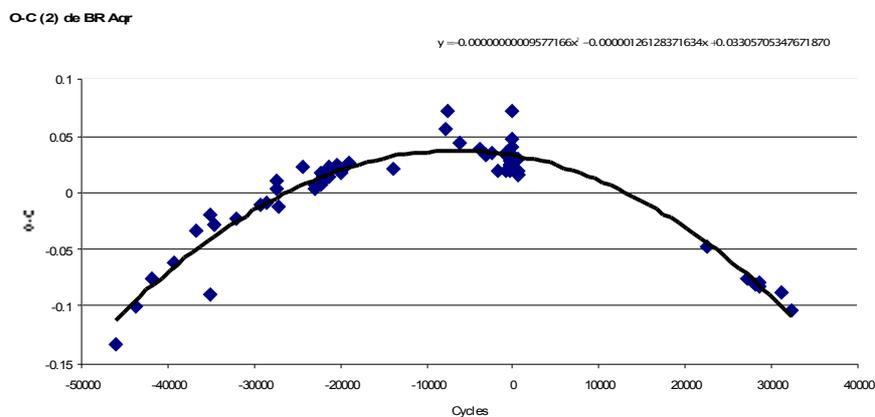


Fig. 3 : Courbe des O-C (2) de BR Aqr

Nous voyons clairement sur la fig. 3 que les O-C, dont la précision n'est pas homogène, suivent une courbe parabolique signifiant une décroissance de la période de BR Aqr.

- d) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant cette décroissance à taux constant et nous avons obtenu : $- 0.9577166 \times 10^{-10} E^2 - 0.1261284 \times 10^{-5} E + 0.0330571 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 4) ne montrent plus de variation et les derniers O-C CCD précis sont très petits.

- e) Conclusion : la période de BR Aqr décroît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

$$\text{JJH } 2437636.2261 + 0.48187690 E - 0.9577 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 103 ans, le taux de décroissance constant est de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{-0.9577166 \times 10^{-10}}{0.48187816} = - 3.975 \times 10^{-10} j/j$$

et la période a diminué de 1.3 s. Un taux moins grand de $- 1.7 \times 10^{-10} j/j$ avait été calculé par Soo-Chang Rey et Young-Wook Lee (1994).

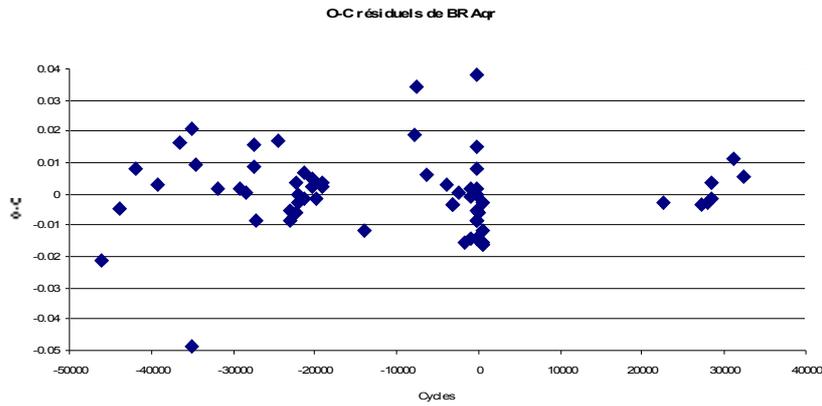


Fig. 4 : O-C résiduels de BR Aqr avec les nouveaux éléments

5. CP Aqr

- a) GCVS : RRab, mag. 11.19 à 12.10 (V), sp. A7 – F5, JJD 2437884.429 + 0.463407 E.
Base de données : 74 maxima s'étendant sur 93 ans.
- b) Nous avons éliminé 3 instants.
- c) La nouvelle régression linéaire, effectuée avec 71 maxima, nous donne l'éphéméride qui suit :

$$\text{JJD } 2437884.4135 (\pm 0.005) + 0.46340555 (\pm 0.0000003) E \tag{2}$$

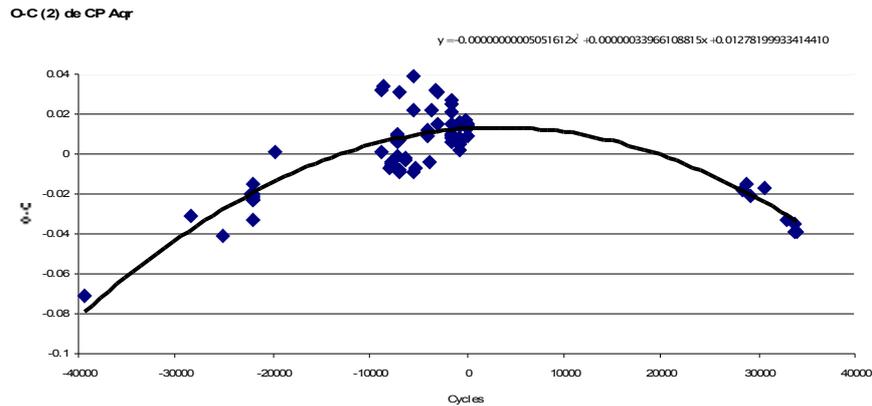


Fig. 5 : Courbe des O-C (2) de CP And

Malgré le manque d'observation pendant 36 ans, nous voyons sur la fig. 5 que les O-C suivent une courbe parabolique signifiant une décroissance de la période de CP Aqr.

- d) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant cette décroissance à taux constant et nous avons obtenu : $- 0.5051612 \times 10^{-10} E^2 + 0.0339661 \times 10^{-5} E + 0.0127820 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 6) ne montrent plus de variation et reflètent, au moins principalement, la précision des instants.
- e) Conclusion : la période de CP Aqr décroît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

$$\text{JJD } 2437884.4263 + 0.46340589 E - 0.5052 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 93 ans, le taux de décroissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{- 0.5051612 \times 10^{-10}}{0.46340555} = - 2.18 \times 10^{-10} \text{ j/j}$$

et la période a diminué de 0.64 s. Un taux de $- 0.8 \times 10^{-10} \text{ j/j}$ avait été calculé par Soo-Chang Rey et Young-Wook Lee (1994).

6. AA Aql

- a) GCVS : RRab, mag. 11.00 à 12.34 (V), sp. A5 – F5, JJD 2424347.3966 + 0.36178688 E.

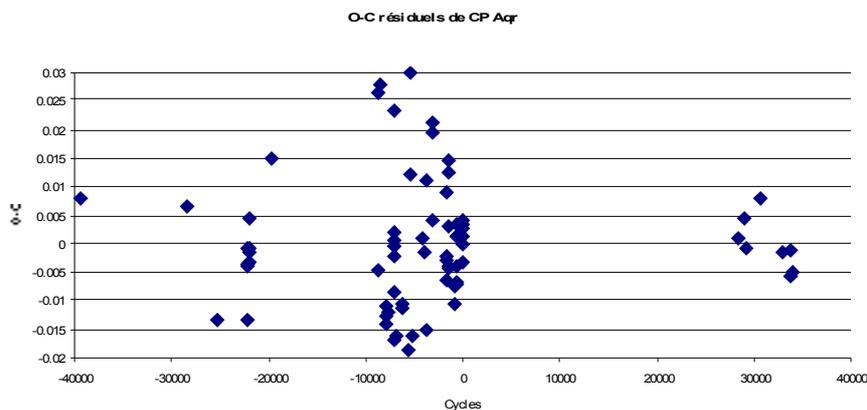


Fig. 6 : O-C résiduels de CP Aqr avec les nouveaux éléments

Base de données : 160 maxima s'étendant sur 93 ans. Le graphique des O-C montre que certains instants sont manifestement erronés et que la période a plutôt tendance à augmenter.

- b) Nous avons rejeté 11 maxima ainsi que l'époque du GCVS qui n'est pas un instant observé.
- c) La nouvelle régression linéaire, effectuée avec 148 maxima, donne l'éphéméride suivante :

$$JJH\ 2424347.3889 (\pm 0.001) + 0.36178731 (\pm 0.00000005) E \tag{2}$$

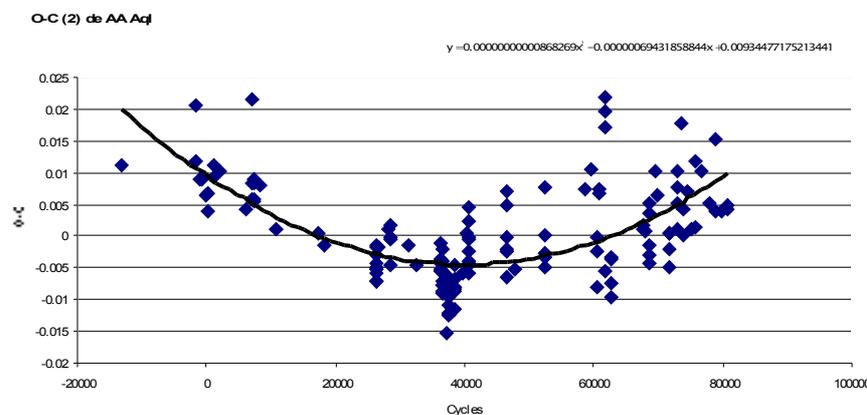


Fig. 7 : Courbe des O-C (2) de AA Aql

Les O-C de la fig. 7 sont fort dispersés, mais malgré cela, nous voyons qu'ils suivent mieux une courbe parabolique qu'une ligne droite.

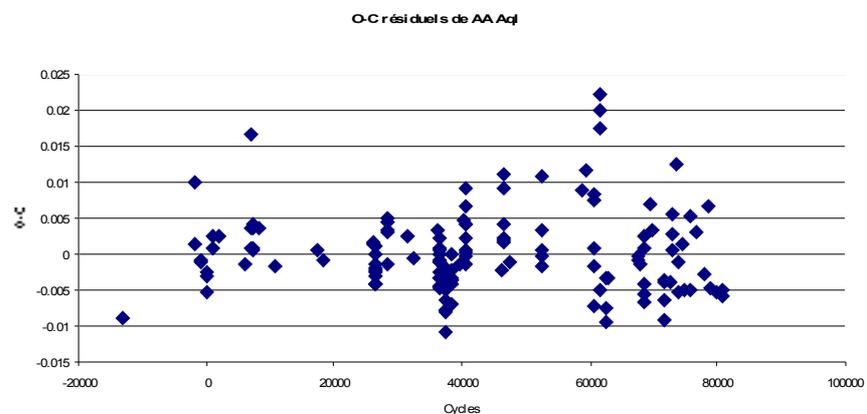


Fig. 8 : O-C résiduels de AA Aql avec les nouveaux éléments

d) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant de la période de AA Aql et nous avons obtenu : $0.0868269 \times 10^{-10} E^2 - 0.0694319 \times 10^{-5} E + 0.0093448 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 8) suivent en général une ligne droite. Ceux qui s'écartent le plus du zéro proviennent de maxima visuels peu précis, tandis que les 10 instants CCD très précis, situés après le cycle 71830, ont des O-C résiduels allant de - 0.0057 à +0.0027 j. ce qui est un peu plus grand que leur précision. Comme ils sont presque tous un peu trop négatifs, il est possible que la croissance de la période soit légèrement surévaluée.

e) Conclusion : nous avons découvert que la période de AA Aql croît à un taux constant. L'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

$$JJH 2424347.3982 + 0.36178662 E + 0.0868 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 93 ans, le taux de croissance constant n'a pas été plus grand que :

$$dP/dt = 2 \times \frac{0.0868269 \times 10^{-10}}{0.36178731} = 4.8 \times 10^{-11} j/j$$

et la période a augmenté d'environ 0.14 s. Il est évident qu'une croissance aussi lente devra être confirmée et précisée par de nouveaux maxima de qualité.

7. CS Boo

a) GCVS : RRab, mag. 12: , amp. 1.30 (V), JJH 2445820.400 + 0.553386 E.

Base de données : 66 maxima s'étendant sur 48 ans.

b) Nous avons éliminé 8 instants.

c) La nouvelle régression linéaire, faite avec 58 maxima, donne l'éphéméride suivante :

$$JJH 2445820.4249 (\pm 0.006) + 0.55338293 (\pm 0.0000005) E \tag{2}$$

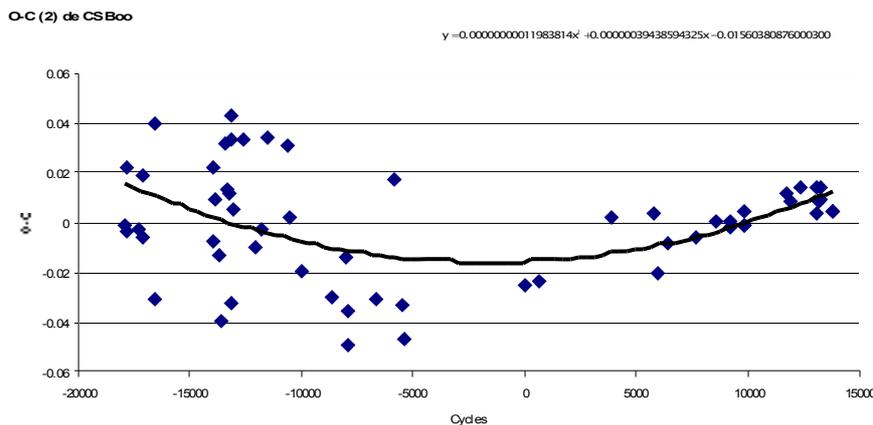


Fig. 9 : Courbe des O-C (2) de CS Boo

Les derniers O-C de la fig. 9 sont tous CCD ou photoélectriques et ils suggèrent que la période de CS Boo augmente, ce que les maxima photographiques ne démentent ni confirment.

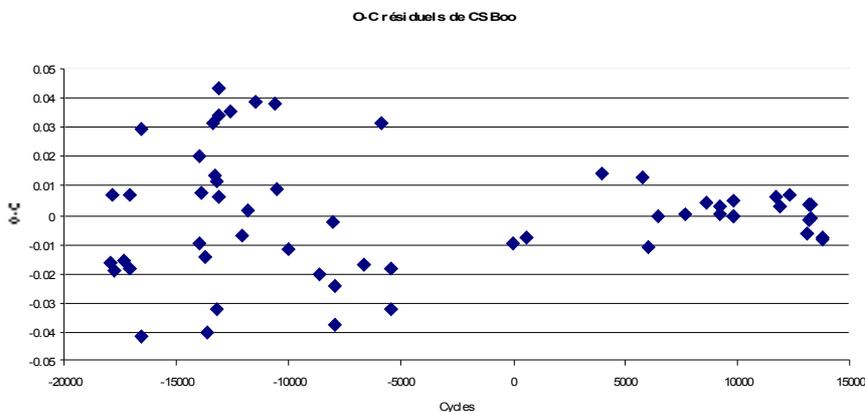


Fig. 10 : O-C résiduels de CS Boo avec les nouveaux éléments

- d) Afin de tester cette possibilité, nous avons calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant et nous avons obtenu : $1.1983814 \times 10^{-10} E^2 + 0.0394386 \times 10^{-5} E - 0.0156038 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne sont pas moins dispersés, mais bien répartis de part et d'autre du zéro.
- e) Conclusion : il est probable que la période de CS Boo croisse à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période serait alors :

$$JJH 2445820.4093 + 0.55338332 E + 1.1984 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 48 ans, le taux de croissance aurait été de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{1.1983814 \times 10^{-10}}{0.55338293} = 4.331 \times 10^{-10} j/j$$

et la période aurait augmenté de 0.18 s. Il est évident qu'il faudra de nouveaux maxima précis et une plus longue plage de données pour confirmer ou infirmer ce résultat.

8. RV Cap

- a) GCVS : RRab, mag. 10.22 à 11.57 (V), sp. A7 – F4, pér. var., effet Blazhko avec déviation des maxima de + ou - < 0.032 j. et variation de l'amplitude, JJH 2433883.262 + 0.44774401 E.
Base de données : 262 maxima s'étendant sur 95 ans. On voit sur le graphique des O-C que la période ne convient pas à tous les maxima.
- b) Nous avons rejeté 4 instants.
- c) La nouvelle régression linéaire, effectuée avec 258 maxima, nous donne l'éphéméride suivante :

$$JJH 2433883.2271 (\pm 0.005) + 0.44774772 (\pm 0.0000004) E \tag{2}$$

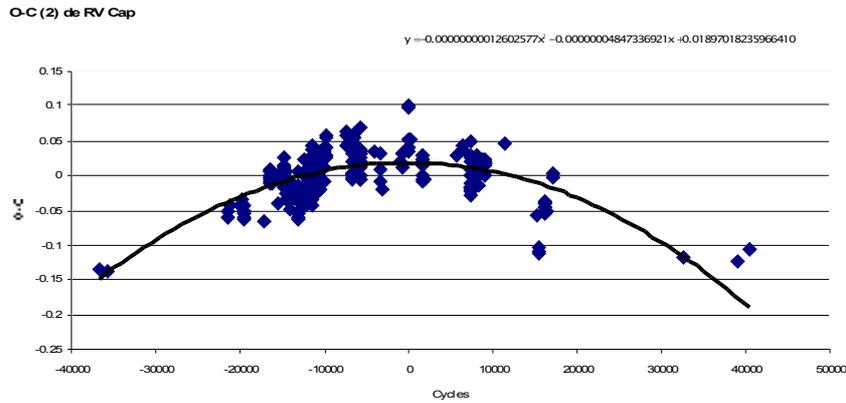


Fig. 11 : Courbe des O-C (2) de RV Cap

Sur le graphique de la fig. 11, nous remarquons la modulation des O-C par l'effet Blazhko ainsi que leur tendance générale à suivre une courbe parabolique, à l'exception de 3 maxima photoélectriques très discordants.

- d) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant l'évolution générale de la période de RV Cap qui tend à décroître à un taux constant et nous avons obtenu : $- 1.2602577 \times 10^{-10} E^2 - 0.0048473 \times 10^{-5} E + 0.0189702 j$.

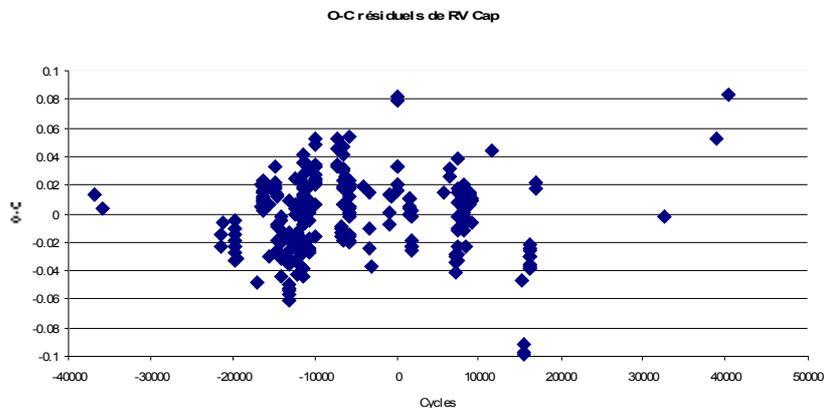


Fig. 12 : O-C résiduels de RV Cap avec les nouveaux éléments

Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 12) ne sont pas parfaitement répartis le long d'une droite. Plusieurs hypothèses sont possibles : quelques maxima peuvent être erronés, l'effet Blazhko peut induire des variations d'O-C complexes ou la période principale peut avoir diminué plus ou moins brutalement un peu avant le cycle zéro.

- e) Conclusion : comme la possibilité d'une décroissance à taux constant ne peut être rejetée actuellement, voici l'éphéméride quadratique qui pourrait représenter les éléments de la période de RV Cap :

$$JJH\ 2433883.2461 + 0.44774767\ E - 1.2603 \times 10^{-10}\ E^2$$

et, depuis 95 ans, le taux de décroissance constant pourrait avoir été de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{-1.2602577 \times 10^{-10}}{0.44774772} = -5.629 \times 10^{-10}\ j/j$$

et la période avoir diminué de 1.68 s. RV Cap devrait à nouveau être observée intensément, car sans nombreux maxima il est particulièrement difficile de repérer l'évolution à long terme d'une RRab ayant un effet Blazhko aussi fort.

9. RR Cet

- a) GCVS : RRab, mag. 9.10 à 10.10 (V), sp. A7 – F5, pér. var., le graphique des O-C est ± sinusoïdal avec $\Pi = 2600\ j$ et amp. $0.025\ j.$, $JJH\ 2433181.404 + 0.55302814\ E.$

Base de données : 103 maxima s'étendant sur 99 ans. Le graphique des O-C montre que la période a augmenté.

- b) Nous avons rejeté 3 maxima, dont l'époque du GCVS qui n'est pas un instant observé.

- c) La nouvelle régression linéaire, faite avec les 100 maxima conservés, donne l'éphéméride suivante :

$$JJH\ 2433181.4107 (\pm 0.002) + 0.55302773 (\pm 0.0000001)\ E \tag{2}$$

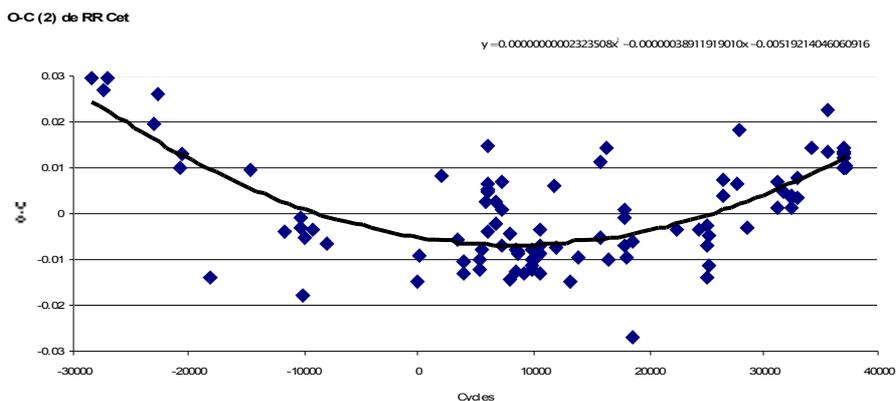


Fig. 13 : Courbe des O-C (2) de RR Cet

Le graphique de la fig. 13 nous montre, grâce à des données assez précises, que les O-C suivent une courbe parabolique.

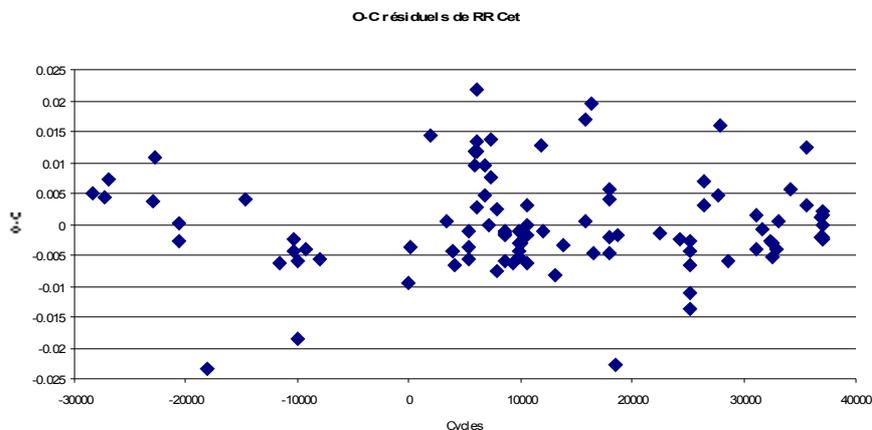


Fig. 14 : O-C résiduels de RR Cet avec les nouveaux éléments

- d) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant de la période de RR Cet et nous avons obtenu : $0.2323505 \times 10^{-10} E^2 - 0.0389119 \times 10^{-5} E - 0.0051921 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 14) ne montrent plus de variation et tous les 8 derniers O-C de maxima de précision $\leq 0.005 j$. sont très petits et situés de part de d'autre de la ligne du zéro. Il est à noter que nous ne retrouvons pas la variation sinusoïdale (pér. 2600 j.) mentionnée dans le GCVS.
- e) Conclusion : la période de RR Cet croît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

$$JJH 2433181.4055 + 0.5530273 E + 0.2324 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 99 ans, le taux de croissance constant est de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{0.2323505 \times 10^{-10}}{0.55302773} = 8.403 \times 10^{-11} j/j$$

et la période a augmenté de 0.26 s. Une croissance aussi lente n'a pu être mise en évidence que par des observations régulières pendant presque un siècle, des maxima photographiques plus précis qu'habituellement, ainsi que des dernières mesures CCD de qualité.

10. RW Lyn

- a) GCVS : RRab, mag. 12.18 à 13.60 (B), sp. F4.6 – F5.4, JJH 2425981.503 +0.498567 E. Base de données : 76 maxima s'étendant sur 74 ans. Le graphique des O-C montre que la période est plus courte.
- b) Nous avons rejeté 2 instants.
- c) La nouvelle régression linéaire, faite avec 74 maxima, donne l'éphéméride suivante :

$$JJH 2425981.5373 (\pm 0.007) + 0.49856476 (\pm 0.0000005) E \tag{2}$$

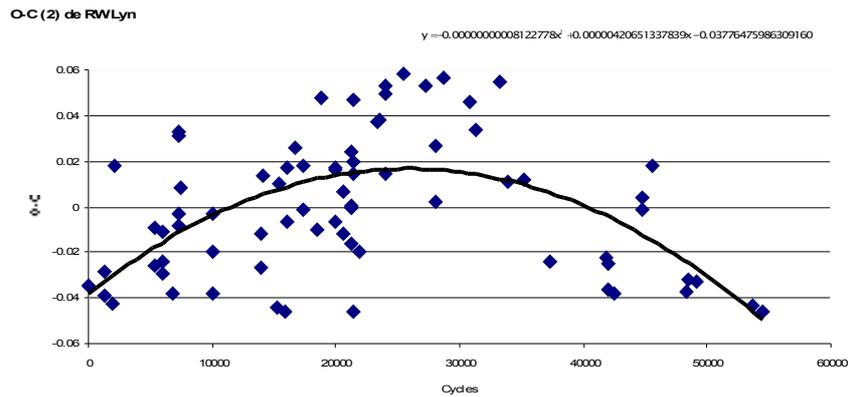


Fig. 15 : Courbe des O-C (2) de RW Lyn

Sur la fig. 15, nous voyons que la précision des maxima est faible ; il est possible que les O-C suivent une courbe parabolique. Une diminution de la période plus ou moins brutale est aussi possible.

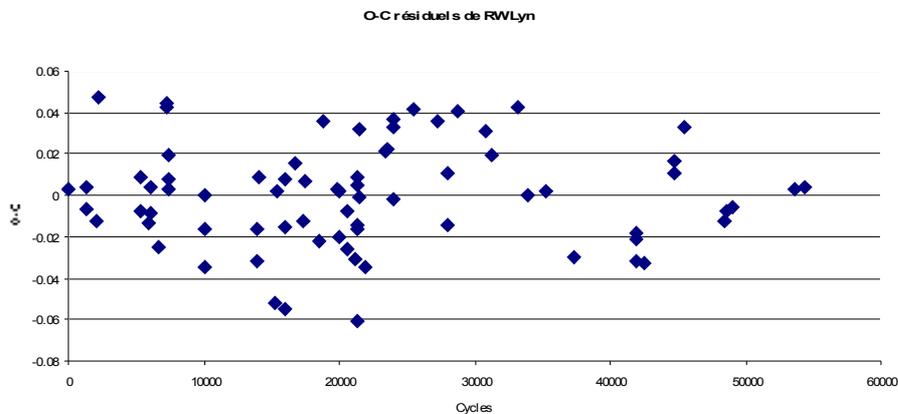


Fig. 16 : O-C résiduels de RW Lyn avec les nouveaux éléments

- d) Afin de tester la possibilité d'une décroissance à taux constant de la période de RW Lyn, nous avons calculé un terme non linéaire pouvant la représenter et nous avons obtenu : $-0.8122778 \times 10^{-10} E^2 + 0.4216513 \times 10^{-5} E - 0.0377648 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 16) ne montrent plus de variation, mais la dispersion reste évidemment grande.
- e) Conclusion : il est probable que la période de RW Lyn décroisse à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période serait alors de :

$$JJH 2425981.4995 + 0.49856897 E - 0.8123 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 74 ans, le taux de décroissance constant serait d'environ :

$$dP/dt = 2 \times \frac{-0.8122778 \times 10^{-10}}{0.49856476} = -3.258 \times 10^{-10} j/j$$

et la période aurait diminué de 0.76 s. Ce taux devra être précisé et sa constance confirmée par de nouvelles mesures.

11. AA Aqr, SS Cnc, RX CVn, ST Com, V 759 Cyg, CZ Lac, KX Lyr, RV Oct, V 413 Oph, AR Ser et BN Vul

Voici un résumé des résultats obtenus avec 11 RR Lyrae, dont la période n'a pas varié ou l'a fait de façon irrégulière. Nous n'avons pas montré les graphiques de toutes ces étoiles pour ne pas alourdir le fichier, mais nous pouvons les procurer à ceux qui nous en feront la demande.

- a) AA Aqr : GCVS : RRab, mag. 11.4 à 13.0 (p), JJH 2420748.585 + 0.6088901 E.
Base de données : 68 maxima s'étendant sur 105 ans. Nous avons conservé 63 instants avec lesquels nous avons effectué une régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :
JJH 2420748.902 (± 0.006) + 0.60888933 (± 0.00000004) E (2)
Les O-C (2) sont fort dispersés et le seul maximum précis ($\pm 0.005 j$) dont nous disposons a un O-C de près de $-0.04 j$. Il est donc possible que la période soit encore un peu plus courte ou qu'un changement soit intervenu il y a quelques dizaines d'années. De nouveaux instants précis sont souhaitables.
- b) SS Cnc : GCVS : RRab, mag. 11.49 à 12.72 (V), sp. A4 – F5, pér. var. ?, JJH 2423078.589 + 0.36733792 E.
Base de données : 80 maxima s'étendant sur 105 ans. Nous avons effectué une nouvelle régression linéaire avec 78 instants et elle donne l'éphéméride suivante :
JJH 2423078.5899 (± 0.003) + 0.36733848 (± 0.00000008) E (2)
D'après le graphique des O-C (2), la période de SS Cnc semble avoir augmenté entre JJ 27500 et 34300 où nous n'avons pas de maximum, et il y a encore 26 ans sans observation plus tard, ce qui fait qu'il est impossible de se faire une idée plus précise de l'évolution de la période de cette RR. Heureusement, elle est à nouveau bien suivie.
- c) RX CVn : GCVS : RRab, mag. 12.19 à 12.97 (V), pér. var. ?, JJH 2439566.019 + 0.5400534 E.
Base de données : 60 maxima s'étendant sur 98 ans. Avec les 55 instants conservés, nous avons effectué une régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :
JJH 2439566.0153 (± 0.005) + 0.54002590 (± 0.00000002) E (2)
Malgré 37 ans sans maximum, on peut supputer que la période de RX CVn soit restée stable. Un fort effet Blazhko est possible, mais avec seulement 2 instants précis, nous ne pouvons l'assurer.
- d) ST Com : GCVS : RRab, mag. 10.91 à 11.84 (V), sp. F2 – F8, JJH 2443224.506 + 0.59892864 E.
Base de données : 62 maxima s'étendant sur 89 ans. Avec 53 instants conservés, nous avons fait une régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :
JJH 2443224.4964 (± 0.005) + 0.59892815 (± 0.00000003) E (2)
Nous déduisons du graphique des O-C (2) que la période de ST Com est restée stable ou qu'elle a légèrement diminué.
- e) V 759 Cyg : GCVS : RRab, mag. 12.1 à 13.8 (p), pér. var., effet Blazhko, JJH 2437522.398 + 0.3600548.
Base de données : 69 maxima s'étendant sur 106 ans. La nouvelle régression linéaire, faite avec les 68 instants conservés, donne l'éphéméride suivante :
JJH 2435363.6658 (± 0.06) + 0.36003004 (± 0.0000003) E (2)
Le graphique des O-C (2) montre une brusque et assez forte augmentation de la période vers JJ 34950.
- f) CZ Lac : GCVS : RRab, mag. 10.77 à 11.26 (V), sp. A8 – F5, pér. var., JJH 2445178.328 + 0.432205 E.
Base de données : 69 maxima s'étendant sur 67 ans. La nouvelle régression linéaire, faite avec 64 instants, donne l'éphéméride suivante :
JJH 2445178.3367 (± 0.01) + 0.43219936 (± 0.00000008) E (2)

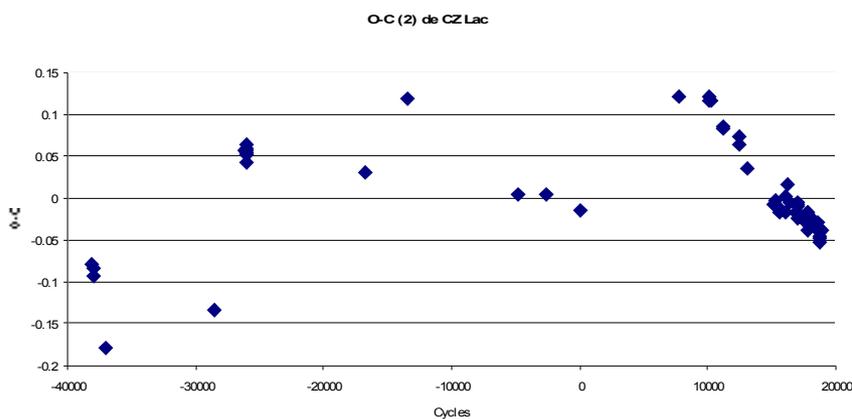


Fig. 17 : Courbe des O-C (2) de CZ Lac

Que pouvons-nous déduire des O-C (2) de la fig. 17 ? Que la période de CZ Lac a diminué et que les mesures récentes précises semblent indiquer un effet Blazhko ou une autre fluctuation à court terme.

- g) KX Lyr : GCVS : RRab, mag. 10.38 à 11.47 (V), sp. A7 – F5, JJD 2439630.8696 + 0.44090446 E.
 Base de données : 65 maxima s'étendant sur 63 ans. La nouvelle régression linéaire, effectuée avec 61 instants, nous donne l'éphéméride suivante :
 $JJD\ 2439630.8684 (\pm 0.005) + 0.44090427 (\pm 0.0000004)\ E$ (2)
 D'après le graphique des O-C (2), la période pourrait être restée stable depuis le début des observations, mais les 5 derniers maxima précis qui viennent après 25 ans sans données, ont des O-C qui diminuent de 0.013 j. en 4.5 ans ce qui pourrait signifier que la période de KX Lyr est un peu plus courte actuellement.
- h) RV Oct : GCVS : RRab, mag. 11.6 à 12.1 (p), JJD 2415116.665 + 0.5711625 E.
 Base de données : 146 maxima s'étendant sur 91 ans. La nouvelle régression linéaire, faite avec 140 instants, donne l'éphéméride qui suit :
 $JJD\ 2415116.6585 (\pm 0.006) + 0.57116265 (\pm 0.0000004)\ E$ (2)
 Il faut remarquer que la période est exactement la même que celle du GCVS, ce qui se comprend quand on sait que le seul maximum récent provient des mesures du satellite Hipparcos. Les O-C ont une dispersion de + à - 0.08 j. et le dernier est de +0.056 j. Des mesures CCD précises de cette RR proche du pôle Sud céleste seraient bien utiles. En attendant, nous concluons que la période de RV Oct n'a pas ou très peu changé depuis 91 ans.
- i) V 413 Oph : GCVS : RRab, mag. 11.9 à 12.8 (p), sp. F6, effet Blazhko?, JJD 2429609.8869 + 0.44900586 E.
 Base de données : 75 maxima s'étendant sur 51 ans. La nouvelle régression linéaire, faite avec 70 instants, donne l'éphéméride qui suit :
 $JJD\ 2429609.8906 (\pm 0.007) + 0.44900568 (\pm 0.0000007)\ E$ (2)
 Le graphique des O-C (2) montre que la période est restée constante pendant 49 ans (le dernier maximum a dû être rejeté, ce qui fait que nous ne disposons plus d'instant utilisable depuis 1960).
- j) AR Ser : GCVS : RRab, mag. 11.43 à 12.33 (V), sp. F3, pér. var., effet Blazhko complexe, amp. var., JJD 2442918.394 + 0.5751416 E.

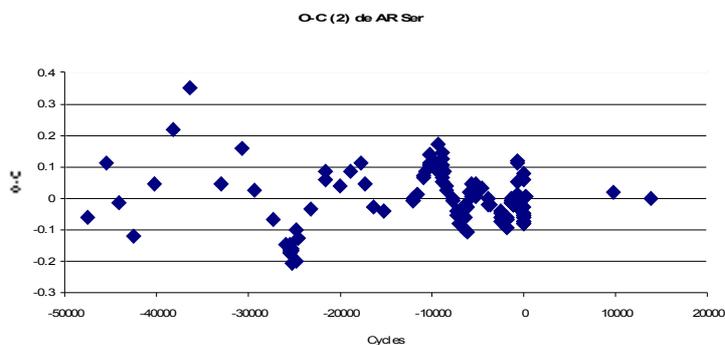


Fig. 18 : Courbe des O-C (2) de AR Ser

Base de données : 133 maxima s'étendant sur 97 ans. La nouvelle régression linéaire, faite avec 128 instants, donne l'éphéméride qui suit :

$$\text{JJH } 2442918.4231 (\pm 0.02) + 0.57513929 (\pm 0.000001) \text{ E} \quad (2)$$

La grosse difficulté a été de relier les 10 premiers maxima en numérotant leur cycle de façon la plus probable. Ces instants proviennent de moyennes photographiques et sont espacés d'environ 3 ans. Nous nous sommes servis des périodes successives publiées dans les notes du GCVS, mais notre solution n'est pas la seule possible. Notre conclusion est que dans son ensemble la période moyenne de AR Ser n'a probablement pas changé et que pour être utiles les maxima de cette étoile doivent être fort rapprochés.

k) BN Vul : GCVS : RRab, mag. 10.63 à 11.40 (V), sp A6 – F4, pér. var., JJH 2445530.395 + 0.5941295 E

Base de données : 80 maxima s'étendant sur 106 ans. La nouvelle régression linéaire, faite avec 78 instants, donne l'éphéméride qui suit :

$$\text{JJH } 2445530.4382 (\pm 0.005) + 0.59412967 (\pm 0.0000003) \text{ E} \quad (2)$$

Les O-C (2), mal répartis sur les 106 ans, montrent que la période a diminué pendant 64 ans et qu'elle est plus longue depuis 15 ans. Les mesures CCD récentes témoignent par leur O-C d'un fort effet Blazhko.

12. Conclusions générales

Après l'étude de l'évolution de la période de ces 20 RR Lyrae, nous espérons pouvoir terminer le travail entrepris dans l'article suivant avec les dernières RR Lyrae, dont les maxima disponibles dans la base de données du GEOS se répartissent suffisamment bien sur au moins 50 ans. Nous y résumerons les résultats obtenus dans les 12 NC.

13. Bibliographie

- Kholopov p.N., 1985, General Catalogue of Variable Stars
- Le Borgne J.F., Paschke A., Vandenbroere J., Acerbi R., Martignoni M., 2000 – 2006, the GEOS RR Lyrae stars database, <http://dbRR.ast.obs-mip.fr>
- Soo-Chang Rey et Young-Wook Lee, 1994, J. Astron. Space Sci. 11(2), 154-164