

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

IV. X Ari, RS Boo, UY Boo, RZ Cep, AV Peg, TZ Aur et TW Her

Jacqueline Vandebroere

1. Introduction

Voici l'étude de l'évolution à long terme d'une quatrième série de RR Lyrae, faite à partir des maxima de la base de données du GEOS (Le Borgne et al., 2000 – 2005). La méthodologie est la même que celle des articles précédents (NC 1021, 1023 et 1030), soit pour chaque étoile :

- 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.

Nous présentons également le graphique des O-C de deux étoiles (TZ Aur et TW Her), dont la période est stable.

2. X Ari

- a) GCVS : RRab, mag. 8.97 à 9.95 (V), sp. A8 – F4, JH 37583.570 + 0.6511426 E, pér. var.
Base de données : 73 maxima s'étendant sur 90 ans. Le graphique des O-C montre clairement que la période augmente.
- b) 3 instants ont dû être écartés.
- c) La nouvelle régression linéaire, calculée avec 70 maxima, nous donne une période légèrement plus longue que celle du GCVS. Les éléments de la période obtenus sont :

$$\text{JH } 2437583.667 (\pm 0.02) + 0.65114386 (\pm 0.0000015) E \quad (2)$$

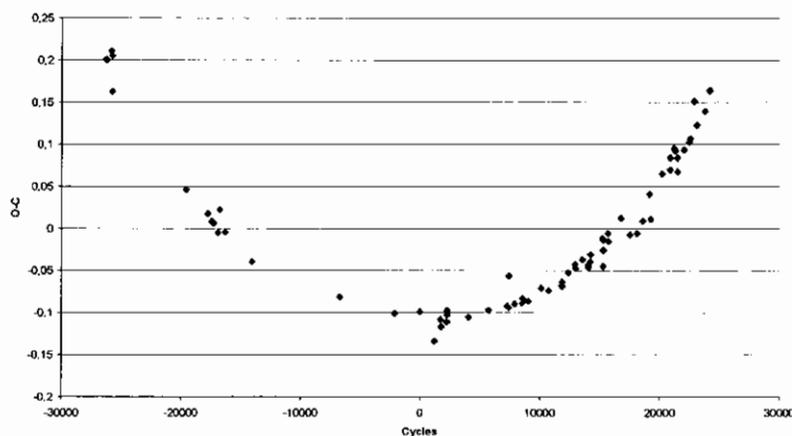


Fig. 1 : Courbe des O-C de X Ari avec l'éphéméride (2)

- d) La courbe des O-C obtenue avec l'éphéméride (2) (voir Fig. 1) a une forme parabolique montrant que la période augmente. Nous avons donc calculé le terme non linéaire qui correspond à cette croissance, soit : $4.5022125 \times 10^{-10} E^2 - 0.0149402 \times 10^{-5} E - 0.1185192$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir Fig. 2) ne montrent plus de variation significative.

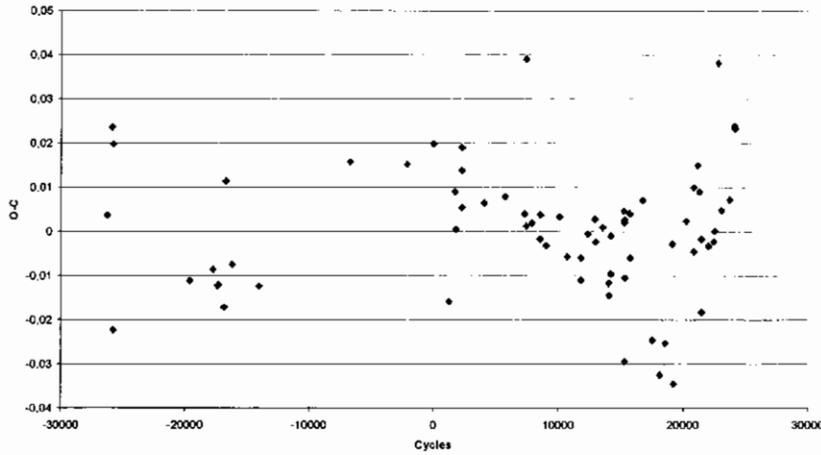


Fig. 2 : O-C résiduels de X Ari avec les nouveaux éléments (échelle dilatée d'un facteur 5 par rapport à la fig. 1)

e) Conclusions : Plutôt que de considérer que la période de X Ari a varié au moins une fois comme suggéré dans le GCVS, nous avons découvert que celle-ci croît à un taux constant relativement grand. L'éphéméride quadratique de X Ari est :

$$JH 2437583.548 + 0.65114371 E + 4.50 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 90 ans, le taux de croissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{4.5022125 \times 10^{-10}}{0.65114386} = 1.38 \times 10^{-9} \text{ j/j}$$

et la période a augmenté de 3.93 s.

3. RS Boo

a) GCVS : RRab, mag. 9.69 à 10.84 (V), sp. A7 – F5, JH 41770.490 + 0.37733896 E, pér. var., changements dans la hauteur des maxima avec une période de 533 j.

Base de données : 310 maxima s'étendant sur 105 ans. Les deux graphiques des O-C, le premier utilisant une éphéméride de Kanyo (1986), montrent que la période de RS Boo croît ou a augmenté à un certain moment.

b) 5 instants ont dû être écartés.

c) La nouvelle régression linéaire, calculée avec 305 maxima, nous donne une période très légèrement plus courte que celle du GCVS. Les éléments de la période obtenus sont :

$$JH 2441770.5033 (\pm 0.0025) + 0.37733800 (\pm 0.00000009) E \tag{2}$$

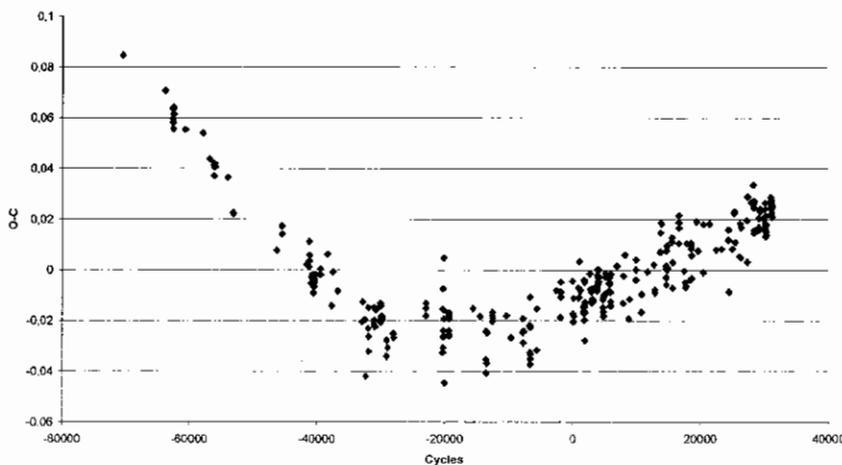


Fig. 3 : Courbe des O-C de RS Boo avec l'éphéméride (2)

La courbe des O-C obtenue avec l'éphéméride (2) (voir fig. 3), montre un changement vers JJ 33000 plutôt qu'une croissance continue de la période.

- d) Conclusion : La période de RS Boo a augmenté de façon assez brusque vers JJ 33000 ou 35000 comme l'indique les deux éphémérides différentes mentionnées dans le GCVS.

4. UY Boo

- a) GCVS : RRab, mag. 10.25 à 11.35 (p), sp. A8 – F0, JH 41835.694 + 0.6508365 E, pér. var.
Base de données : 157 maxima s'étendant sur 115 ans. Les deux graphiques des O-C montrent de multiples sauts de cycles.
- b) L'étoile ayant été suivie régulièrement, il a été assez facile de numéroter correctement les maxima, et seulement deux instants ont dû être rejetés.
- c) Nous avons calculé les éléments de la période de UY Boo ci-dessous à l'aide d'une régression linéaire basée sur 155 maxima :

$$\text{JH } 2441835.889 (\pm 0.03) + 0.65084132 (\pm 0.000002) \text{ E} \quad (2)$$

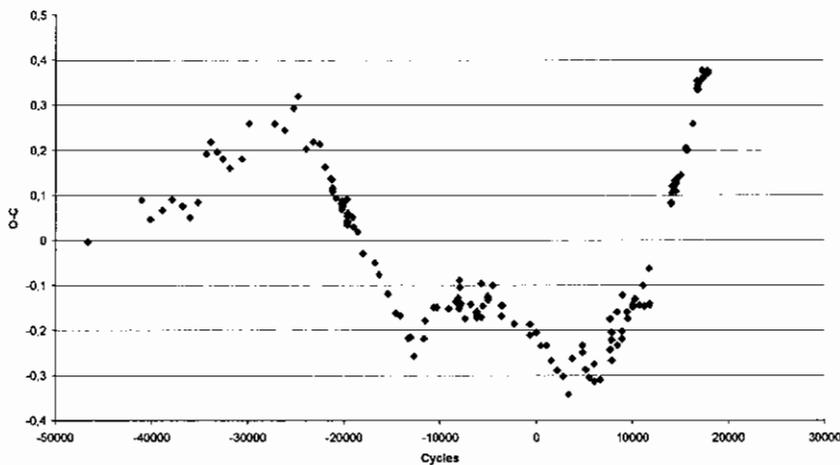


Fig. 4 : Courbe des O-C de UY Boo avec l'éphéméride (2)

- d) Conclusion : Sur la fig. 4, nous remarquons que la période de UY Boo s'est modifiée assez fortement et de façon variée à plusieurs reprises, sans qu'aucune tendance générale ne puisse être discernée jusqu'à présent.

5. RZ Cep

- a) GCVS : RRc, mag. 9.11 à 9.75 (V), sp. A0 – F2, JH 42635.374 + 0.3086853 E, pér. var., effet Blazhko avec variation de la forme et de l'amplitude de la courbe de lumière.
Base de données : 360 maxima s'étendant sur 114 ans. Le graphique des O-C n'a plus de signification tant il y a de sauts de cycles.
- b) L'étoile ayant été suivie régulièrement et le GCVS donnant de nombreuses périodes successives, il a été possible de numéroter les instants et 8 maxima trop discordants ont été rejetés.
- c) Une régression linéaire, faite avec 352 maxima, donne les nouveaux éléments qui suivent :

$$\text{JH } 244263.522 (\pm 0.017) + 0.30866512 (\pm 0.0000005) \text{ E} \quad (2)$$

La courbe des O-C que nous obtenons (voir fig. 5) montre une période ayant quelque peu fluctué avant de croître brusquement pour conserver une période stable pendant 26 ans avant de se reconvertir rapidement à une valeur inférieure pendant 24 ans et répéter la courte période de fluctuation avant d'opter à nouveau pour une période plus longue, mais légèrement inférieure à celle qui a duré 26 ans.

- d) Conclusion : RZ Cep est une RRc avec un fort effet Blazhko et de grands changements de période. Il ne doit pas y avoir beaucoup de RRc proches montrant de telles caractéristiques, ce qui en fait un sujet d'étude particulièrement intéressant.

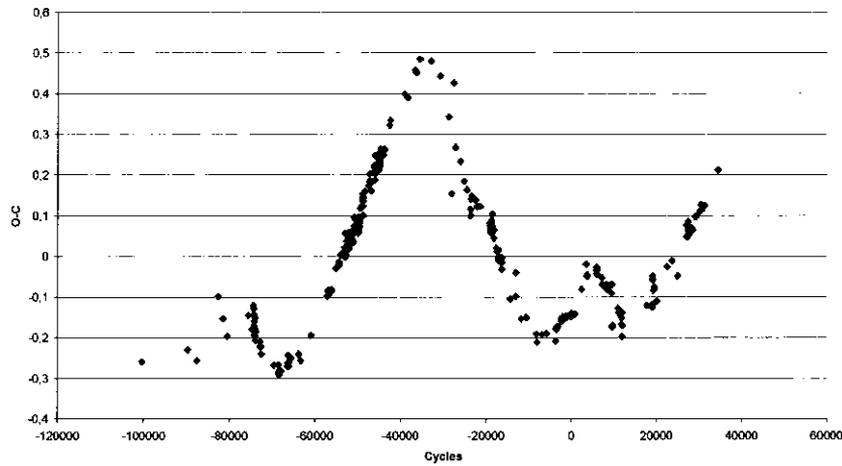


Fig. 5 : Courbe des O-C de RZ Cep avec l'éphéméride (2)

6. AV Peg

- a) GCVS : RRab, mag. 9.88 à 10.92 (V), sp. A7 – F6, JH 43790.316 + 0.3903747 E, pér. var.
Base de données : 444 maxima s'étendant sur 102 ans. Les deux graphiques des O-C (le 2^{ème} basé sur une éphéméride de Szeidl {1966}) montrent que la période de AV Peg croît ou du moins a augmenté à un certain moment. Quelques instants sont manifestement erronés et plusieurs autres, très imprécis.
- b) 23 maxima ont dû être rejetés, notamment 8 instants de Huth (1966) et 3 de Grigorev (1975). Les mesures du satellite Hipparcos montrent que la courbe de lumière de AV Peg est stable. Une différence de plus de 45 minutes entre deux maxima proches est donc impossible et ne peut être attribuée qu'à une erreur ou une imprécision d'au moins une des observations.
- c) Nous avons fait une régression linéaire avec 421 maxima et elle donne les éléments de la période suivants :

$$\text{JH } 2443790.330 (\pm 0.004) + 0.39037526 (\pm 0.0000002) E \quad (2)$$

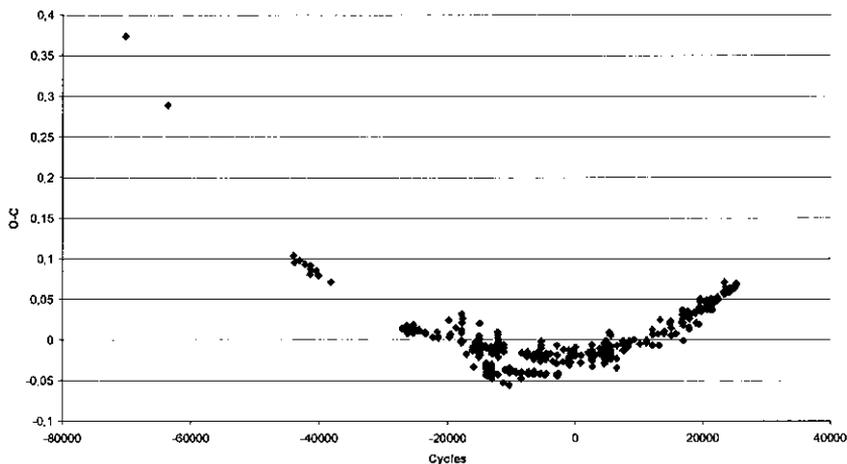


Fig. 6 : Courbe des O-C de AV Peg avec l'éphéméride (2)

- d) La courbe des O-C de la fig. 6 montre une forme parabolique plutôt qu'un changement brusque de période. Nous avons donc calculé un terme non linéaire et obtenu la formule suivante : $0.9442329 \times 10^{-10} E^2 + 0.109911 \times 10^{-5} E - 0.0219463$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 7) ne montrent plus de variation bien que la dispersion des maxima reste assez grande (+ ou - 0.04 mag.). Ceci est probablement dû au manque de bonnes étoiles de comparaison dans le champ.
- e) Conclusions : La période de AV Peg est bien variable et nous avons mis en évidence qu'elle croît à un taux constant depuis une centaine d'années. L'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

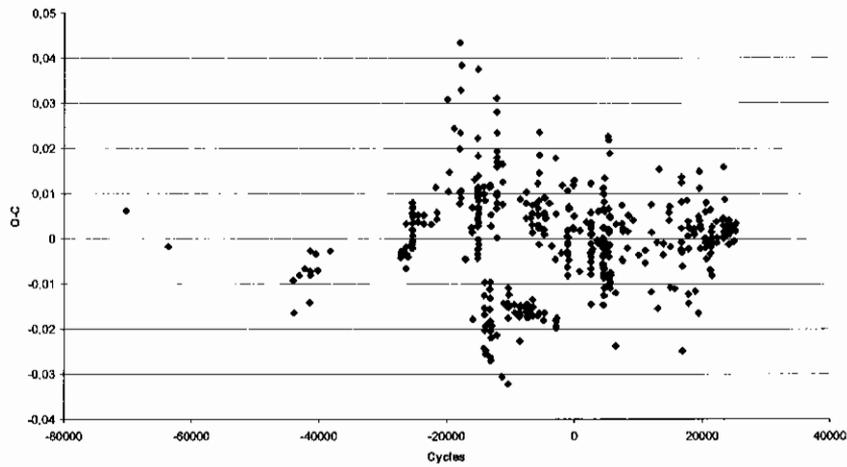


Fig. 7 : Courbe des O-C résiduels de AV Peg avec les nouveaux éléments (échelle dilatée d'un facteur 5.6 par rapport à la fig. 6)

$$JH 2443790.3081 + 0.39037636 E + 0.944 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 102 ans, le taux de croissance constant est de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{0.9442329 \times 10^{-10}}{0.39037526} = 4.84 \times 10^{-10} \text{ j/j}$$

et la période a augmenté de 1.56 s.

Il serait utile de rechercher d'autres anciens maxima de AV Peg afin de mieux couvrir toute la courbe des O-C.

7. TZ Aur et TW Her

Afin d'obtenir un meilleur aperçu des différentes courbes d'O-C de RR Lyrae, nous voulions présenter les graphiques de quatre étoiles ayant conservé une même période pendant une centaine d'années. Il est apparu alors que ces cas sont loin d'être fréquents. Il est aussi possible que de telles étoiles aient été considérées comme moins intéressantes et donc moins soigneusement et moins souvent observées. Nonobstant, nous pouvons déjà montrer les graphiques des O-C (voir fig. 8) de deux étoiles, TZ Aur et TW Her, ne présentant pas de changement de période.

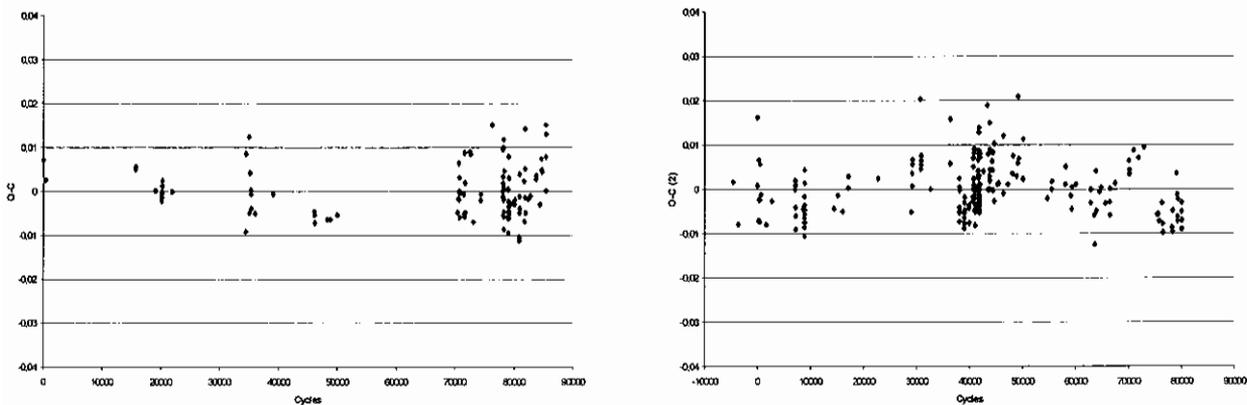


Fig. 8 : O-C (2) de TZ Aur (à gauche) et de TW Her (à droite) obtenus avec les nouvelles éphémérides ci-dessous

TZ Aur : GCVS : RRab, JH 19902.4324 + 0.391674615 E

Ephéméride (2) obtenue avec 109 des 110 maxima de la base de données (92 ans d'observations) : JH 2419902.4269 (± 0.001) + 0.391674809 (± 0.00000005) E.

TW Her : GCVS : RRab, JH 21545.234 + 0.399600104 E.

Ephéméride (2) obtenue avec 215 des 218 maxima de la base de données (93 ans d'observations) : JH 2421545.2368 (± 0.0008) + 0.399600043 (± 0.00000004) E.

8. Conclusions générales

Au terme de ce quatrième article sur l'évolution à long terme de RR Lyrae de la base de données du GEOS, nous avons répertorié cinq étoiles de période croissant à un taux constant (BN Aqr, X Ari, SW Boo, RW Cnc et AV Peg), deux étoiles de période décroissant à un taux constant (SW And et V 394 Her), 10 étoiles avec un ou plusieurs brusques changements de période, une étoile avec une courbe des O-C plus ou moins sinusoïdale qui pourrait refléter l'effet d'un compagnon lié gravitationnellement (EZ Lyr) et deux étoiles sans variation de période détectable (TZ Aur et TW Her).

Nous comptons poursuivre notre travail avec une ou deux séries d'étoiles de manière à avoir systématiquement étudié les RR Lyrae avec au moins 100 maxima disponibles, pourvu que les observations soient suffisamment précises et bien réparties sur une longue période.

D'ores et déjà, nous commençons l'étude plus approfondie des cinq étoiles à taux de croissance constant mentionnées plus haut, auxquelles nous ajouterons UZ CVn (Vandenbroere et Berthold, 2001) et les autres étoiles similaires que nous pourrions découvrir.

9. Bibliographie

- Grigoriev P., 1975, VS Supp. 2, 291
- Huth H. and Szeidl B., 1966, MVS 3, 6, 167
- Kanyo S., 1986, Com. Konkoly Obs., 87
- Kholopov P.N., 1985, General Catalogue of Variable Stars
- Le Borgne F.J., Paschke A., Vandenbroere J., Acerbi F., Martignoni M., 2000 – 2005, the GEOS RR Lyrae stars database, <http://dbRR.ast.obs-mip.fr>
- Vandenbroere J. et Berthold T., 2001, IBVS 5170
- Vandenbroere J., 2005, Notes Circulaires GEOS n° 1021, 1023 et 1030