

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

III. BN Aqr, RW Cnc, VZ Dra, RR Gem et V 394 Her

Jacqueline Vandebroere

1. Introduction

Voici l'étude de l'évolution à long terme d'une troisième 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 et 1023), soit pour chaque étoile :

- Renseignements du GCVS et courbe des O-C de la base de données du GEOS.
- Vérification de la cohérence des O-C ; si nécessaire, nouvelle numérotation des maxima et rejet des instants manifestement erronés ou trop peu précis.
- 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.
- Si le graphique de ces O-C est de forme parabolique, calcul d'un terme non linéaire et visualisation des O-C résiduels.
- Conclusions et tentative d'interprétation des phénomènes observés.

2. BN Aqr

- GCVS : RRab, mag. 11.8 à 12.94 (V), sp. F3, JH 37872.390 + 0.46964739 E, pér. var., L. Robinson (1968) : max. $29395.742 + 0.4696410 \times E + 3.3 \times 10^{-10} \times E^2$ (1898 – 1958).
Base de données : 75 maxima s'étendant sur 109 ans. Le graphique des O-C montre clairement que la période augmente.

- Nous avons numéroté correctement les cycles et 2 instants ont dû être écartés.
- La nouvelle régression linéaire, calculée avec 74 maxima, nous donne une période légèrement plus courte que celle du GCVS. Les nouveaux éléments sont :

$$\text{JH } 243782.520 (\pm 0.04) + 0.46964640 (\pm 0.000002) E \quad (2)$$

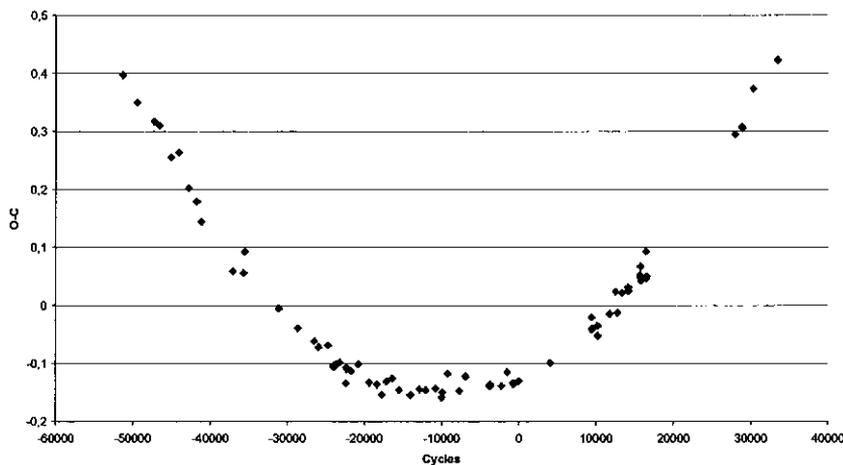


Fig. 1 : Courbe des O-C de BN Aqr avec l'éphéméride (2)

- La courbe des O-C obtenue avec l'éphéméride (2) (voir Fig. 1) a une forme parabolique. Nous avons calculé le terme non linéaire avec un résultat plus précis que celui de Robinson (1968), soit : $3.2041306 \times 10^{-10} \times E^2 + 0.6096317 \times 10^{-5} \times E - 0.1254618$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir Fig. 2) ne montrent plus aucune variation.

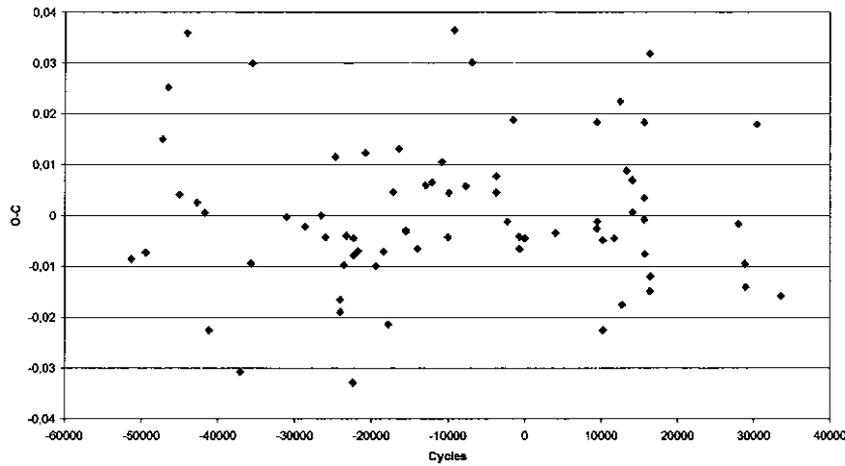


Fig. 2 : Courbe des O-C résiduels de BN Aqr avec les nouveaux éléments (échelle dilaté d'un facteur 8.75 par rapport à la fig. 1)

e) Conclusions : Nous pouvons confirmer que les éléments de la période de BN Aqr comportent un terme non linéaire. La période croît à un taux constant relativement grand. L'éphéméride quadratique de BN Aqr est :

$$JJH\ 2437872.3946 + 0.46965250\ E + 3.20 \times 10^{-10} \times E^2$$

et, depuis 109 ans, le taux de croissance constant est de :

$$dP/dt = \frac{2 \times 3.204131 \times 10^{-10}}{0.4696464} = 1.36 \times 10^{-9}\ j./j.$$

et la période a augmenté de 4.68 s.

3. RW Cnc

a) GCVS : RRab, mag. 10.7 à 12.6 (p), sp. A5, JJH 39556.314 + 0.547199 E, pér. var. avec un terme quadratique et un terme périodique, max. varie de mag. 10.7 à 11.8 et min., de 12.3 à 12.6. Base de données : 89 maxima s'étendant sur 88 ans. Le graphique des O-C montre clairement que la période est plus longue.

b) Nous avons rejeté l'époque de l'éphéméride du GCVS qui ne correspond pas à un maximum observé.

c) Avec les 88 maxima, nous avons calculé une nouvelle régression linéaire et obtenu les nouveaux éléments qui suivent

$$JJH\ 2439556.3287 (\pm 0.014) + 0.54720444 (\pm 0.00000064)\ E \tag{2}$$

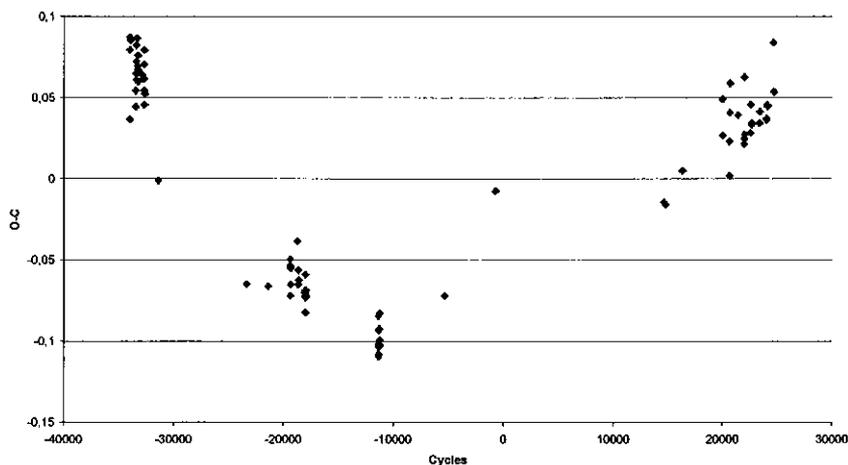


Fig. 3 : Courbe des O-C de RW Cnc avec l'éphéméride (2)

- d) La courbe des O-C obtenue avec l'éphéméride (2) (voir Fig. 3) montre très bien la dispersion des O-C due à ce qu'on peut appeler un fort effet Blazhko (2 oscillations et variations de la courbe de lumière mentionnées dans le GCVS). Elle est probablement de forme parabolique ; une certaine incertitude à ce sujet persiste du fait de la mauvaise répartition des observations, ainsi que de l'existence d'un point isolé correspondant à un maximum photoélectrique (cycle 739) qui s'écarte de l'allure générale du graphique. Nonobstant, nous avons calculé un terme non linéaire et avons obtenu la formule suivante : $1.9593976 \times 10^{-10} \times E^2 + 0.172166 \times 10^{-5} \times E - 0.0965666$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir Fig. 4) ne montrent plus qu'un seul point discordant qui correspond au maximum mentionné plus haut.

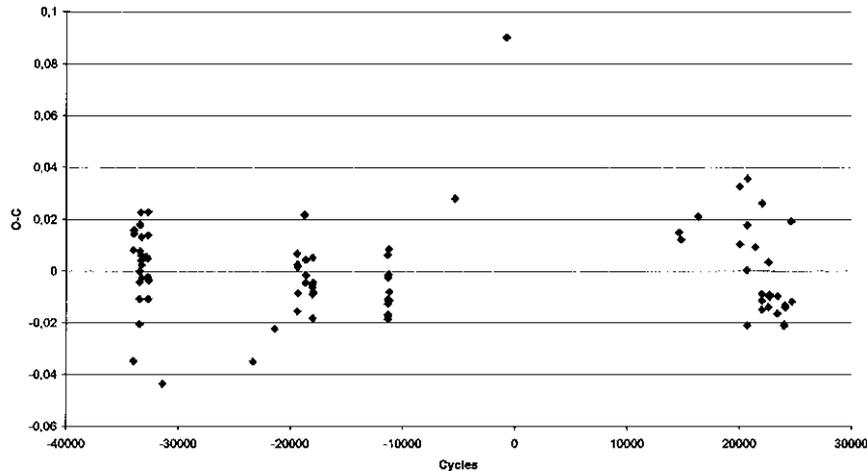


Fig. 4 : Courbe des O-C résiduels de RW Cnc avec les nouveaux éléments

- e) Conclusions : Les O-C des maxima de RW Cnc fluctuent certainement à cause de l'effet Blazhko, mais, à long terme, la période de cette étoile croît très probablement à un taux assez constant et l'éphéméride quadratique qui prend en compte ce phénomène est :

$$\text{JJH } 2439556.2321 + 0.54720616 E + 1.96 \times 10^{-10} \times E^2$$

et, depuis 88 ans, le taux de croissance est de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{1.9593976 \times 10^{-10}}{0.54720444} = 7.16 \times 10^{-10} \text{ j./j.}$$

et la période a augmenté de 1.99 s.

4. VZ Dra

- a) GCVS : RRc, mag. 11.4 à 12.2 (p), sp. A, JJH 43361.3979 + 0.3210308 E
Base de données : 288 maxima s'étendant sur 43 ans et 2 courbes des O-C ; la 1^{ère} montre que la période du GCVS est assez bonne, sauf pour les maxima les plus récents ; la 2^{ème} est basée sur les éléments de la GEOS Circular RR9, dont la période est trop courte.
- b) Quelques instants sont manifestement erronés. Nous en avons éliminés 4, plus 2 doubles entrées, plus l'époque du GCVS qui ne correspond pas à un maximum observé.
- c) Nous avons établi une nouvelle éphéméride linéaire avec les maxima restants et obtenu :
- $$\text{JJH } 2443361.3888 (\pm 0.002) + 0.32102752 (\pm 0.0000003) E \quad (2)$$
- Le graphique des O-C (2) obtenus avec ces nouveaux éléments (voir Fig. 5) montre que la période de VZ Dra a changé vers JJ 48600. Il est à noter que les maxima visuels (tous ceux avant le cycle 10000 le sont) n'ont pas une grande précision, car il s'agit d'une RRc au maximum arrondi. Les maxima CCD sont déjà nettement moins dispersés (de + 0.020 j. à - 0.019 j. entre 2 instants séparés de 16 cycles).
- d) Conclusions : La période de VZ Dra a décréu assez brusquement vers JJ 48600. Pour se faire une idée plus précise de l'évolution de la période de cette étoile, il faudra un suivi régulier avec des mesures de grande précision.

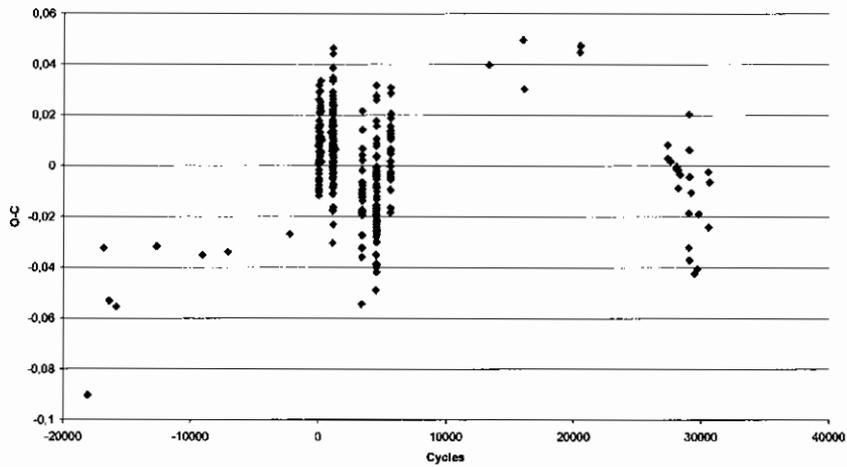


Fig. 5 : Courbe des O-C de VZ Dra avec l'éphéméride (2)

5. RR Gem

a) GCVS : RRab, mag. 10.62 à 11.99 (V), sp. A9 – F6, JH 41357.205 + 0.3973106 E, pér. var., effet Blazhko.

Base de données : 214 maxima s'étendant sur 105 ans. La courbe des O-C montre plusieurs changements de période.

b) Deux maxima , manifestement incorrects, ont été rejetés et les instants récents ont été numérotés exactement.

c) Nous avons fait une nouvelle régression linéaire avec les 212 maxima restants et obtenu la formule suivante :

$$JH\ 2441357.2229 (\pm 0.046) + 0.39729213 (\pm 0.0000015) E \tag{2}$$

La nouvelle période est légèrement plus courte que celle du GCVS et l'on remarque sur le graphique des O-C (2) (voir Fig. 6) que RR Gem a eu trois brusques changements de période depuis le début des observations disponibles.

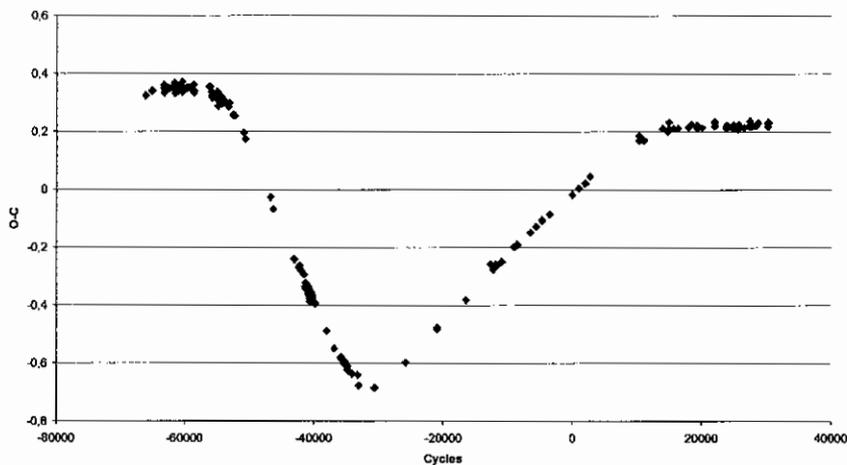


Fig. 6 : Courbe des O-C (2) de RR Gem

d) Conclusions : RR Gem est une étoile bien suivie, ayant une période sans fluctuations de courte durée importantes. Par contre, sa période a été plus courte pendant environ 23 ans, puis nettement plus longue pendant quelque 53 ans, pour retrouver une valeur qui pourrait être proche de celle précédant les changements observés. Ceci pourrait correspondre à un réajustement de certains paramètres de pulsation de la variable.

6. V 394 Her

a) GCVS : RRab, mag. 12.2 à 13.3 (p), JJH 29747.504 + 0.4360573 E, pér. var. ?
 Base de données : 104 maxima photographiques et visuels s'étendant sur 72 ans. La courbe des O-C montre que la période décroît.

b) Nous avons éliminé 2 instants erronés, ainsi que l'époque de l'éphéméride du GCVS.

c) Nous avons ensuite calculé les éléments linéaires de V 394 Her qui sont :

$$JJH\ 2429747.5245 (\pm 0.006) + 0.43605566 (\pm 0.0000003) E \tag{2}$$

La courbe des nouveaux O-C obtenus (voir Fig. 7) est de forme parabolique et montre que la période décroît à un taux constant.

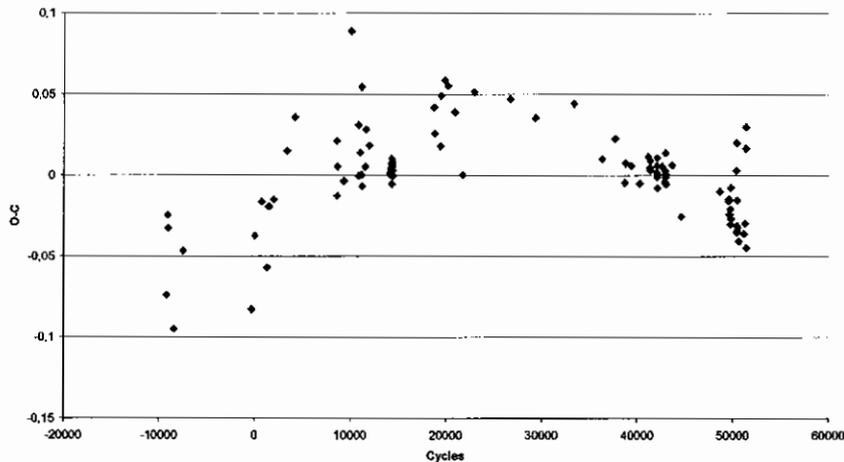


Fig. 7 : Courbe des O-C (2) de V 394 Her

d) Nous avons calculé un terme non linéaire et obtenu le résultat suivant : $- 0.7376353 \times 10^{-10} \times E^2 + 0.3762079 \times 10^{-5} \times E - 0.0220988$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir Fig. 8) ne montrent plus de variation dépassant la précision des observations.

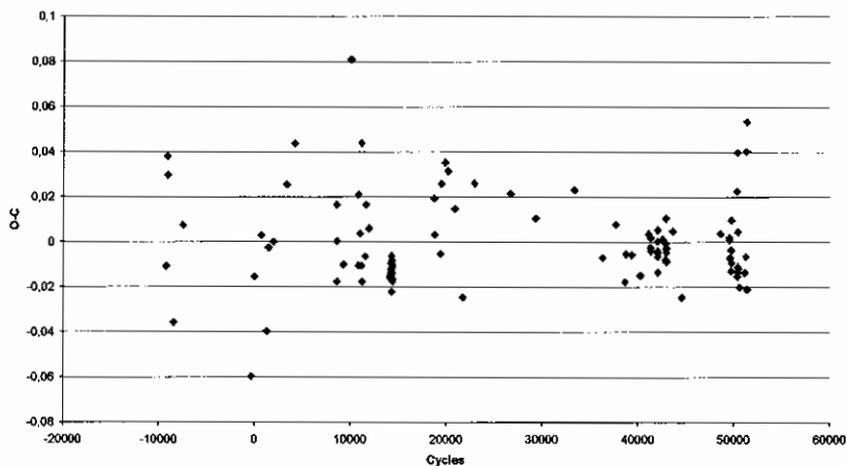


Fig. 8 : Courbe des O-C résiduels de V 394 Her

d) Conclusions : Nous venons de découvrir que V 394 Her est une RRab, dont la période décroît à un taux constant. Son éphéméride quadratique est :

$$JJH\ 2429747.5024 + 0.43605942 E - 0.74 \times 10^{-10} \times E^2$$

et, depuis 72 ans, le taux de décroissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = -2 \times \frac{0.7376353 \times 10^{-10}}{0.43605566} = - 3.38 \times 10^{-10} \text{ j./j.}$$

et la période a diminué de 0.77 s. L'imprécision des observations photographiques et visuelles ne permet malheureusement pas de trouver d'autres résultats concernant l'évolution de la période de V 394 Her et l'existence d'un éventuel effet Blazhko.

7. Conclusions générales

Au terme de ce troisième article sur l'évolution à long terme de RR Lyrae de la base de données du GEOS, nous avons répertorié trois étoiles de période croissant à un taux constant (SW Boo, BN Aqr et RW Cnc), deux étoiles de période décroissant à un taux constant (SW And et V 394 Her), sept étoiles avec un ou plusieurs brusques changements de période (XX And, Z CVn, RU CVn, S Com, RW Dra, VZ Dra et RR Gem) et une étoile avec une courbe des O-C plus ou moins sinusoïdale qui pourrait refléter l'effet d'un compagnon lié gravitationnellement : EZ Lyr.

Nous comptons encore poursuivre notre travail avec d'autres RR Lyrae avant de rechercher d'éventuelles similitudes entre les étoiles ayant des périodes avec le même type d'évolution et tâcher d'expliquer les phénomènes observés.

8. Bibliographie

- Berthold T. et Ralincourt P., 1985, GEOS Circular on RR Lyr type variables GEOS RR9
- Kholopow P.N., 1985, General Catalogue of Variable Stars
- Le Borgne J.F., Paschke A., Vandenbroere J., Acerbi F., Martignoni M., 2000 – 2005, the GEOS RR Lyrae stars database, <http://webast.ast.obs-mip.fr/people/leborgne/dbRR/>
- Robinson L., 1968, Perenonieswiesdi, n° 3, 331
- Vandenbroere J., 2005, Notes Circulaires GEOS n° 1021 et 1023