

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

I. SW And, XX And, SW Boo et Z CVn

Jacqueline Vandebroere

1. Introduction

Au départ, nous avons choisi 15 RR Lyrae au hasard parmi celles que nous observons et qui ont de grands O-C. L'étude de l'évolution de leur période à long terme a fait l'objet d'un exposé à la réunion du GEOS qui s'est tenue à Toulouse les 28 et 29 mai derniers. Les résultats s'étant avérés intéressants dans beaucoup de cas, nous avons amélioré notre recherche avec les conseils reçus et nous la présentons ici pour quatre étoiles : SW And, XX And, SW Boo et Z CVn.

La méthodologie a été la même pour chaque étoile :

- a) Renseignements du GCVS et courbe des O-C de la base de données du GEOS (LE Borgne et al., 2000 – 2005)
- 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 du terme non linéaire et visualisation de la courbe des O-C résiduels.
- e) Conclusions et tentative d'interprétation des phénomènes observés.

2. SW And

- a) GCVS : RRab, mag. 10.08 à 11.13 (V), sp. A8-F6, JJD 18132.7913 + 0.442279456 E, pér. var., effet Blazhko de 36.921 j., possibles variations séculaires et cycliques des O-C.
Base de données : 388 maxima s'étendant régulièrement sur 110 ans. Le graphique des O-C montre clairement deux sauts de cycle.
- b) Il n'a pas été difficile de numéroter correctement les maxima. La courbe des O-C obtenue avec l'éphéméride du GCVS (voir fig. 1) est descendante, très homogène et elle montre que la période de SW And décroît. 20 instants, presque tous indiqués comme suspects, plus l'instant de l'époque de l'éphéméride du GCVS ne correspondant pas à un maximum observé, ont été écartés.

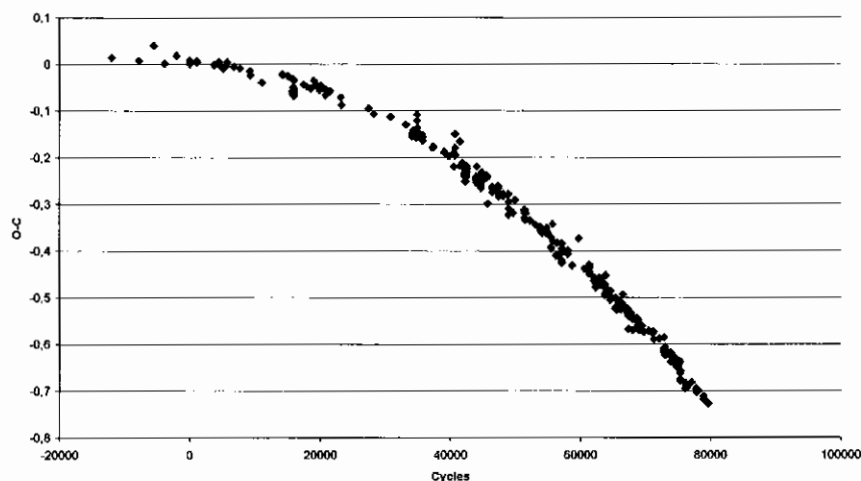


Fig. 1 : Courbe des O-C de SW And avec l'éphéméride du GCVS

Après calcul du terme non linéaire mentionné dans le GCVS ($-1.229j. \times 10^{-10} \times E^2$, 1959) et sa soustraction de chaque O-C, nous obtenons la courbe des O-C résiduels de la fig. 2. On peut voir que le terme non linéaire a été légèrement surévalué.

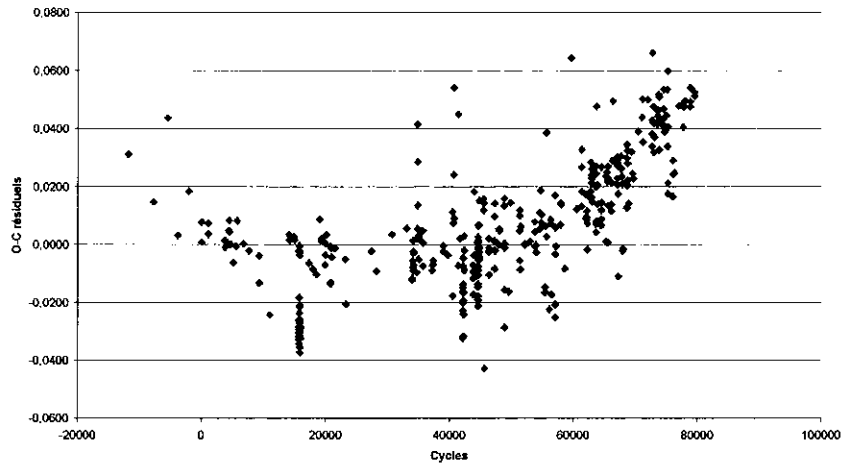


Fig. 2 : Courbe des O-C résiduels de SW And avec les éléments du GCVS

- c) Avec les 368 maxima conservés, on peut recalculer la période moyenne de SW And. On obtient : $JJH 2418132.9167 (\pm 0.005) + 0.442269980 (\pm 0.0000002) E$ (2) voir fig. 3

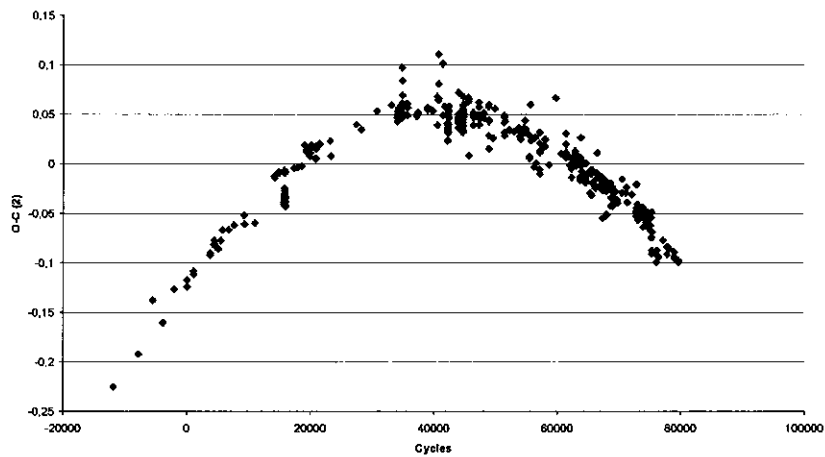


Fig. 3 : Courbe des O-C de SW And avec l'éphéméride (2)

- d) La courbe des O-C (2) ayant une allure parabolique comme on pouvait s'y attendre, nous avons recalculé le terme non linéaire et obtenu le résultat suivant : $-1.0299835 \times 10^{-10} \times E^2 + 0.8483843 \times 10^{-5} \times E - 0.1237498$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir Fig. 4) montrent encore une fluctuation qui pourrait être répétitive, avec une période de l'ordre de 40000 cycles (48 ans), pour 110 ans d'observations. Soit ce résidu est dû à une binarité du système, soit elle fait partie de la variation intrinsèque.
- e) Conclusions : Nous pouvons confirmer que SW And est une R Rab, dont la période décroît à un taux constant. Ce taux est un peu moins grand que précédemment calculé. L'éphéméride quadratique de SW And est :

$$JJH 2418132.7930 + 0.44227846 E - 1.03 \times 10^{-10} \times E^2$$

et, depuis 110 ans, le taux de décroissance constant est de :

$$dP/dt = -2 \times \frac{1.029984 \text{ j} \times 10^{-10}}{0.44226998} = -4.65 \times 10^{-10} \text{ j./j.}$$

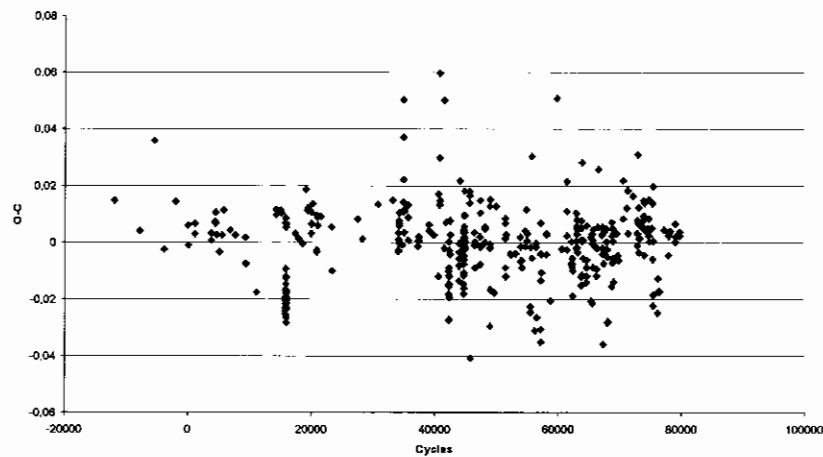


Fig. 4 : Courbe des O-C résiduels de SW And avec les nouveaux éléments

et la période a diminué de 1.62 s. La dispersion des O-C (2) résiduels est de + ou - 0.055 jour. Elle est sans doute due à une fluctuation de période longue, mais aussi à l'imprécision des observations (différences de ≤ 0.03 j. pour un même maximum) et à l'effet Blazhko. Il sera intéressant de rechercher des valeurs de vitesse radiale de SW And dans la littérature.

3. XX And

- a) GCVS : RRab, mag. 10.08 à 11.13 (V), sp. A8 – F6, JH 39087.436 + 0.722747189 E., pér. var., effet Blazhko de 36 j.
Base de données : 163 maxima s'étendant sur 102 ans. Le graphique des O-C montre que la période est plus longue.
- b) Rejet de 4 instants et de l'époque du GCVS.
- c) Une nouvelle régression linéaire avec les 158 maxima conservés donne l'éphéméride suivante :

$$\text{JH } 2439087.480 (\pm 0.005) + 0.7227535189 (\pm 0.0000004) E \quad (2)$$
 Le graphique des O-C obtenus avec ces nouveaux éléments (voir fig. 5) montre qu'il y a probablement eu un changement brusque de période vers JJ 2441500.

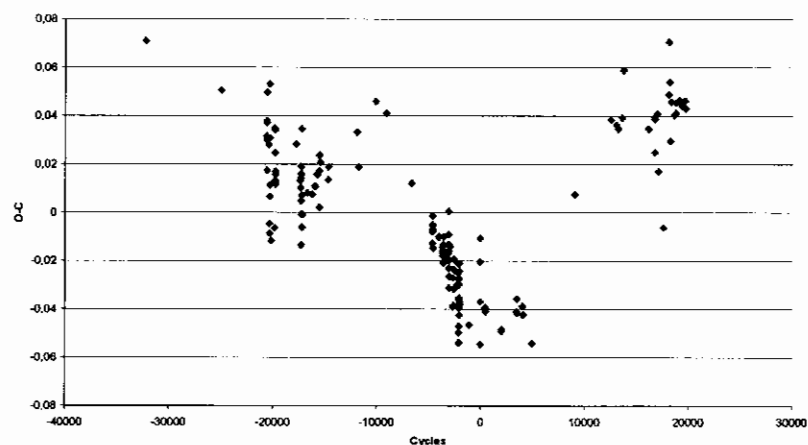


Fig. 5 : Courbe des O-C (2) de XX And

- d) Conclusion : La dispersion des O-C peut être attribuée à l'effet Blazhko, à l'imprécision des observations ou à d'autres irrégularités réelles. Un changement de période brusque n'est pas exceptionnel chez les RR Lyrae, mais une explication satisfaisante de ce phénomène n'a pas encore été trouvée.

4. SW Boo

- a) GCVS : RRab, mag. 11.76 à 12.88 (V), sp. F6, JH 42570.760 + 0.5135281 E., pér. var., 2^{ème} oscillation (effet Blazhko) de pér. 12.997 j., maxima de 10.5 à 11.6.
Base de données : 33 maxima sur 85 ans, mal répartis dans le temps et avec un saut de cycle très probable.
- b) Nous avons pu numéroter les maxima en nous aidant des différentes éphémérides du GCVS et obtenir ainsi une suite d'O-C logique.
- c) Nous avons recalculé une éphéméride linéaire, soit :

$$JJH\ 2442570.8161 (\pm 0.05) + 0.5135187 (\pm 0.000003) E \quad (2)$$
 avec laquelle nous obtenons les O-C de la fig. 6

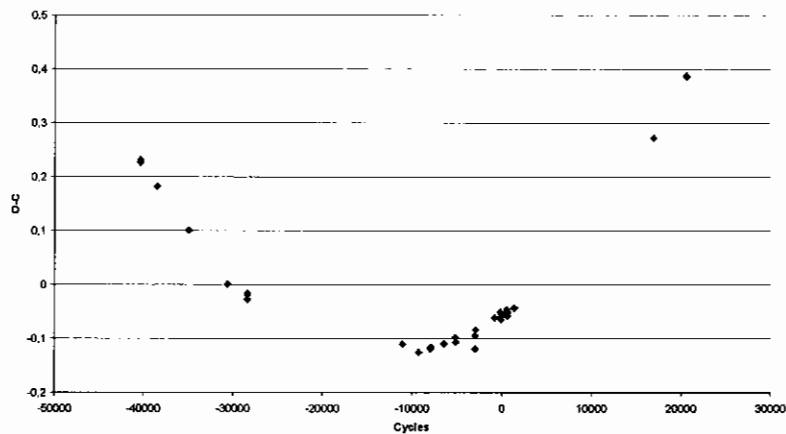


Fig. 6 : Courbe des O-C (2) de SW Boo

Le graphique de la fig. 6 est de forme parabolique et représente une période ayant un taux de croissance constant.

- d) Nous avons calculé le terme non linéaire des éléments de la période qui est de : $+4.6729379\ j. \times 10^{-10} \times E^2 + 1.1857448\ j. \times 10^{-5} \times E - 0.0575553\ j.$ Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels sont peu dispersés et proches de zéro (voir fig. 7).

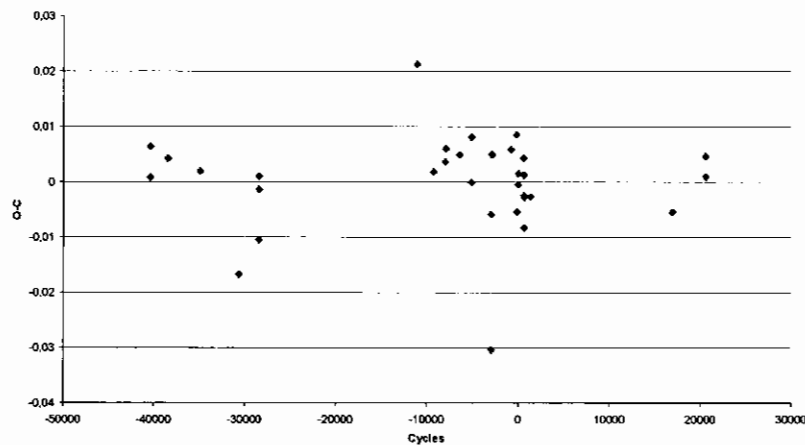


Fig. 7 : Courbe des O-C résiduels de SW Boo avec les nouveaux éléments

- e) Nous venons donc de découvrir que SW Boo est une RRab, dont la période croît à un taux constant. Depuis 85 ans, son éphéméride quadratique est :
- $$JJH\ 2442570.7585 + 0.513530557 E + 4.67 \times 10^{-10} \times E^2,$$
- le taux de croissance constant est de $dP/dt = 2 \times \frac{4.6729379 \text{ j.} \times 10^{-10}}{0.513530557} = 1.820 \times 10^{-9} \text{ j./j.}$
- et la période a augmenté de 5.36 s. Ceci est un résultat assez courant pour une RRab et c'est en accord avec les modèles de prédictions de l'évolution pour les étoiles se trouvant dans la dernière phase vers le rouge de la branche horizontale (Jurcsik et al., 2001).

5. Z CVn

- a) GCVS : RRab, mag. 11.46 à 12.36 (V), sp. A8 – F5, JJH 38931.371 + 0.653819 E., pér. var., effet Blazhko avec déviation des maxima jusqu'à 0.02 j. et ampl. var. de 0.5 mag. avec pér. de 22.75 j. Base de données : 65 maxima sur 92 ans avec un graphique des O-C montrant de multiples sauts de cycle.
- b) Ne disposant que d'un seul instant de maximum entre 1969 et 1999, il est impossible de savoir avec certitude combien de cycles se sont écoulés pendant ce laps de temps. Il y a deux possibilités qui ont chacune été examinées. Deux instants, bien antérieurs à 1969, ont dû être rejetés.
- c) Avec une première numérotation logique des maxima, nous obtenons une éphéméride linéaire, dont la période est très légèrement plus courte que celle de GCVS, soit :
- $$JJH\ 2438931.241 (\pm 0.06) + 0.653850 (\pm 0.000004) E \quad (2)$$
- La courbe des O-C de Z CVn montre alors deux changements brusques de période (voir fig. 8).

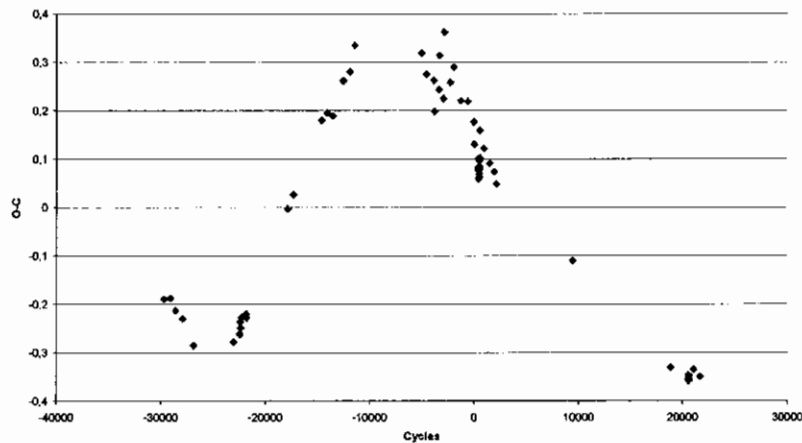


Fig. 8 : Courbe des O-C (2) de Z CVn

Par contre, en intercalant un cycle de moins avant le dernier groupe d'instant observés, nous obtenons une période un peu plus longue :

$$JJH\ 2438931.380 (\pm 0.03) + 0.653861 (\pm 0.000002) E \quad (3)$$

et la courbe des O-C (voir fig.9) montre trois changements brusques de la période.

- d) Conclusion : La période de Z CVn a changé brutalement à deux ou trois reprises au cours des 92 ans d'observation. Dans les deux cas, il me semble exclu de pouvoir attribuer l'allure de la courbe des O-C de Z CVn à la présence d'un compagnon lié gravitationnellement (changement de la durée du trajet de la lumière). Cette possibilité a été étudiée pour TU UMa (Wade et al., 1999) et pour XZ Dra (Jurcsik et al., 2001). L'amplitude des variations liées à cet effet pourrait alors être de l'ordre de 0.045 jour, et pas de 0.7 jour ! De plus, le phénomène devrait se répéter de façon tout à fait périodique.

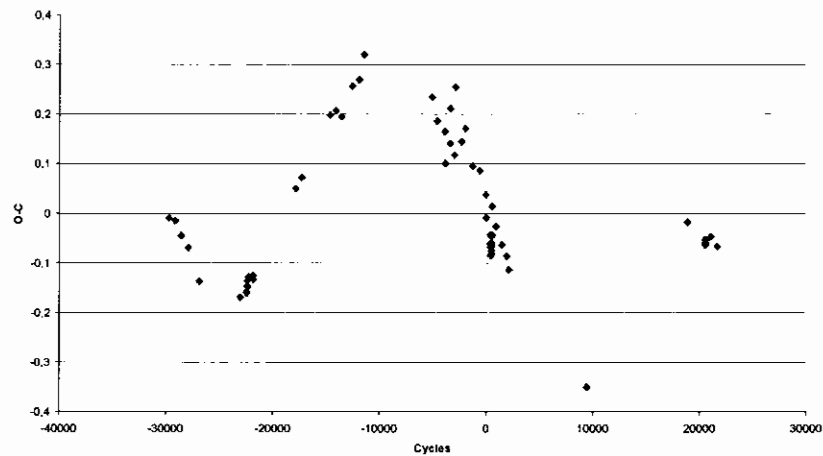


Fig ; 9 : Courbe des O-C (3) de Z CVn

6. Conclusions générales et travaux futurs

A l'aide de la base de données du GEOS, nous avons pu établir la courbe des O-C de 4 RR Lyrae sur des laps de temps de 85 à 110 ans. Nous comptons écrire d'autres NC avec de nouvelles étoiles. Nous voudrions également approfondir l'étude des cas les plus intéressants, peut-être en rassemblant des tendances évolutives similaires. Ce qui est important, c'est d'arriver à pouvoir comparer les observations avec les modèles d'évolution astrophysique. Il serait bon de pouvoir étendre notre collaboration à d'autres personnes afin que toutes les étoiles de la base de données, suffisamment observées, puissent être analysées et que les résultats aient une valeur statistique.

7. Bibliographie

- Jurcsik J. et al., 2001, The Astronomical Journal, 121, 951-973
- Kholopov P.N., 1985, General Catalogue of Variable Stars
- Le Borgne J.F., Paschke A., Vandebroere J., Acerbi F., Martignoni M., 2000 – 2005, the GEOS RR Lyrae stars database, <http://webast.ast.obs-mip.fr/people/leborgne/dbRR/>
- Wade R. et al., 1999, The Astronomical Journal, 1118, 2442-2450