

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

VI. RV CrB, SU Dra, SW Dra, XZ Dra, AR Her, RZ Lyr, RV UMa et SX UMa

Jacqueline Vandebroere

1. Introduction

Voici l'étude de l'évolution à long terme d'une sixième 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 (NC 1021, 1023, 1030, 1034 et 1036), 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. RV CrB

- a) GCVS : RRc, mag. 11.14 à 11.70 (V), sp. A9, pér. var., effet Blazhko ?, JH 2 442 926.334 + 0.331565 E.

Base de données : 259 maxima s'étendant sur 98 ans. Malgré une numérotation approximative des maxima, de très grands changements de période sont visibles sur le graphique des O-C.

- b) Nous avons numéroté convenablement les maxima et nous avons éliminé 6 instants erronés.
 c) La nouvelle régression linéaire, calculée avec les 253 maxima conservés, nous donne les éléments de la période qui suivent :

$$\text{JH } 2442925.8835 (\pm 0.05) + 0.33162974 (\pm 0.000002) E \quad (2)$$

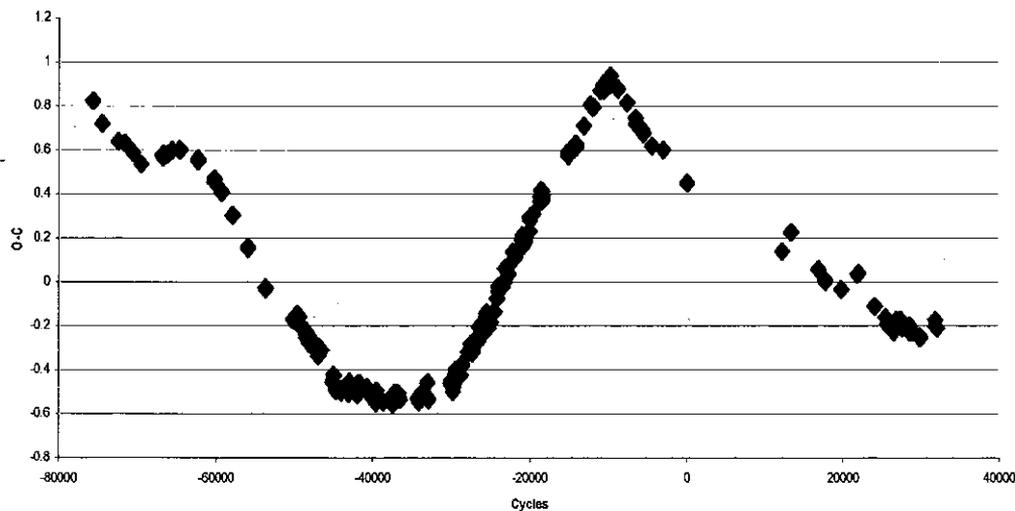


Fig. 1 : Courbe des O-C de RV CrB avec l'éphéméride (2)

La fig. 1 montre un petit sursaut de la période vers JJ 20770, une augmentation lente, mais importante entre JJ 28300 et 33030, et une très brutale diminution vers JJ 39680 ; tout cela sans qu'aucune tendance générale ne puisse être discernée.

- d) Conclusion : Comme pour beaucoup de RRc, la période de RV CrB est fortement et irrégulièrement variable.

3. SU Dra

- a) GCVS : RRab, mag. 9.18 à 10.27 (V), sp. F2 – F7, pér. var., JH 2 443 902.0467 + 0.66042001 E.
Base de données : 188 maxima s'étendant sur 102 ans. Le graphique des O-C ne montre pas de grands changements de période.
- b) 11 maxima ont dû être rejetés.
- c) Nous avons fait une nouvelle régression linéaire avec les 177 instants conservés et nous avons obtenu les éléments qui suivent :

$$\text{JH } 2443902.0556 (\pm 0.003) + 0.66041987 (\pm 0.0000002) \text{ E} \quad (2)$$

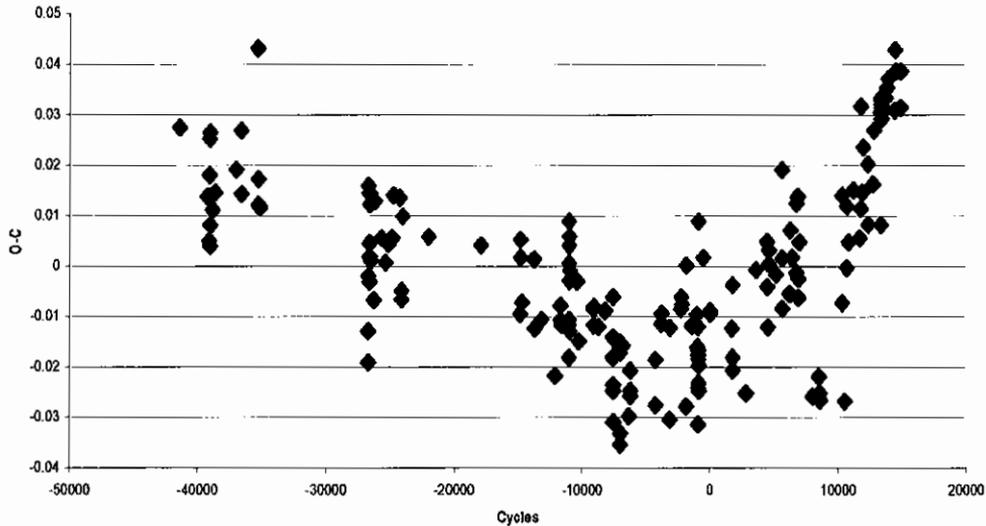


Fig. 2 : Courbe des O-C de SU Dra avec l'éphéméride (2)

La fig. 2 nous montre maintenant clairement que la période de SU Dra a légèrement augmenté. Il semble qu'un changement brusque se soit produit vers JJ 43900, mais les observations n'étant pas très précises, il est aussi possible que l'accroissement de la période ait été progressif.

- d) Conclusion : La période de SU Dra a tendance à croître ; des mesures plus précises sont souhaitables.

4. SW Dra

- a) GCVS : RRab, mag. 9.94 à 10.94 (V), sp. A7 – F8, JH 2 426 224.5876 + 0.56966993 E.

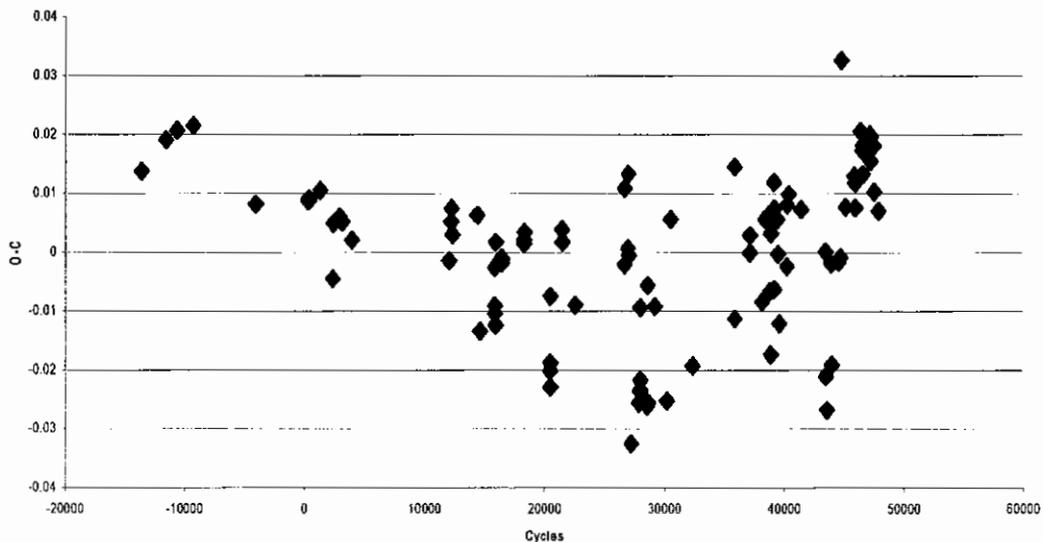


Fig. 3 : Courbe des O-C de SW Dra avec l'éphéméride (2)

Base de données : 104 maxima s'étendant sur 96 ans. Le graphique des O-C montre que la période augmente.

- b) L'époque du GCVS ainsi que 5 instants trop peu précis ont été écartés.
 c) Une nouvelle régression linéaire a été effectuée avec les 98 maxima conservés. Elle donne les éléments suivants :

$$\text{JJH } 2426224.579 (\pm 0.003) + 0.56967092 (\pm 0.0000002) E \quad (2)$$

Nous voyons bien sur la fig. 3 que la période de SW Dra a crû légèrement, mais la faible précision des observations ne nous permet guère de visualiser les détails de l'évolution.

- d) L'allure générale des O-C de SW Dra (voir fig. 3) peut toutefois être représentée par une parabole. Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant l'évolution moyenne de la période, soit : $0.2816358 \times 10^{-10} E^2 - 0.1256246 \times 10^{-5} E + 0.0059494$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 4) ne montrent plus de variation, mais une dispersion de plus en plus grande des maxima.

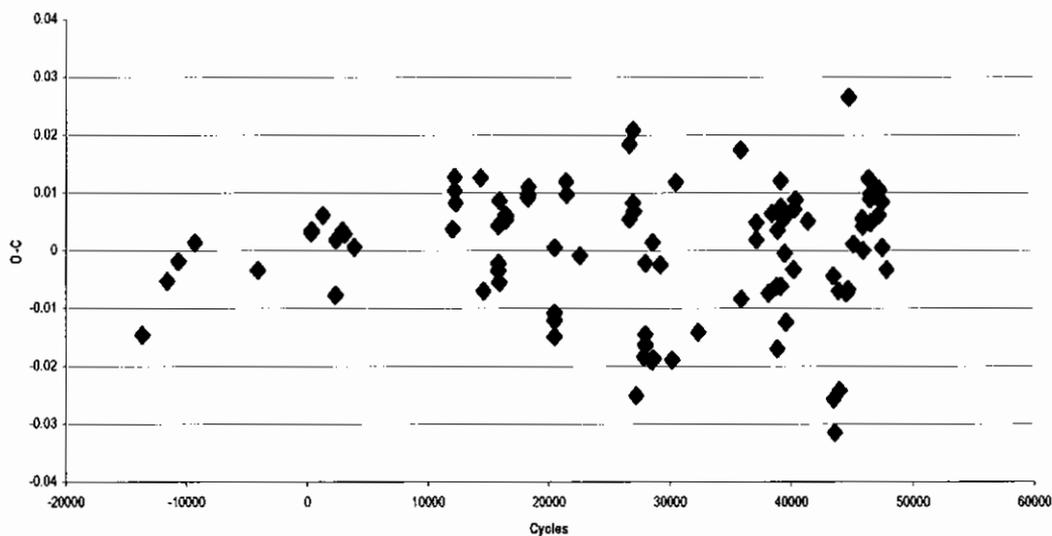


Fig. 4 : O-C résiduels de SW Dra avec les nouveaux éléments

- e) Il est donc possible que SW Dra croisse à un taux constant. L'éphéméride quadratique qui peut représenter les éléments de sa période est :

$$\text{JJH } 2426224.585 + 0.56966966 E + 0.282 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 104 ans, le taux de croissance constant pourrait être de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{0.2816358 \times 10^{-10}}{0.56967092} = 0.99 \times 10^{-10} \text{ j/j}$$

et la période a augmenté de 0.30 s.

Une croissance aussi lente ne pourra être confirmée que par des observations plus précises réparties sur un plus grand laps de temps.

5. XZ Dra

- a) GCVS : RRab, mag. 9.59 à 10.65 (V), sp. A6 – F6, pér. var., effet Blazhko de 78 j de période, JJH $2441928.374 + 0.476497 E$.

Base de données : 494 maxima s'étendant sur 104 ans. Le graphique des O-C montre surtout des fluctuations rapides.

- b) 56 instants ont dû être écartés ainsi que le premier instant trop distant du maximum suivant (numéro de cycle et précision incertains). Ceci réduit l'échelle de temps couverte à 90 ans.

- c) La nouvelle régression linéaire, calculée avec 437 maxima, nous donne les éléments qui suivent :

$$\text{JJH } 2441928.3679 (\pm 0.0016) + 0.47649544 (\pm 0.0000001) E \quad (2)$$

Sur le graphique (voir fig. 5), nous voyons que la période de XZ Dra n'a pas vraiment changé, sauf peut-être tout dernièrement. Par contre, les variations à très courts termes, dues notamment à l'effet Blazhko, sont évidentes.

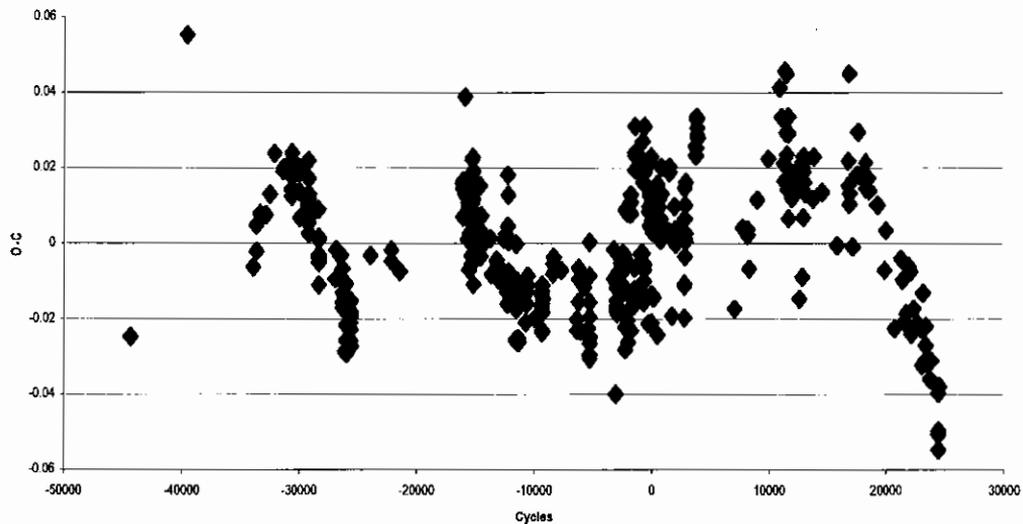


Fig. 5 : Courbe des O-C de XZ Dra avec l'éphéméride (2)

d) Conclusion : La période principale de cette RR ayant un fort effet Blazhko n'a guère changé en 90 ans si ce n'est tout récemment et cela reste à confirmer.

6. AR Her

- a) GCVS : RRab, mag. 10.59 à 11.63 (V), sp. A7 – F3, pér. avec variations complexes, effet Blazhko de pér. 31.5489 j ; ampl. et M-m var., JH 2 441 454.347 + 0.470028 E.
Base de données : 424 maxima s'étendant sur 100 ans. Le graphique des O-C montre au moins 2 sauts de cycle.
- b) Il a fallu numéroter convenablement les maxima. Un problème s'est posé avec les 6 premiers instants et ce sont les éphémérides successives mentionnées dans le GCVS qui ont permis de le résoudre. Seulement 6 maxima ont dû être écartés plus l'époque du GCVS qui n'est pas un instant observé.
- c) Les nouveaux éléments linéaires de la période de AR Her, calculés avec 417 maxima, donnent la formule suivante :

$$JH\ 2441454.3318 (\pm 0.01) + 0.47000812 (\pm 0.0000006) E \tag{2}$$

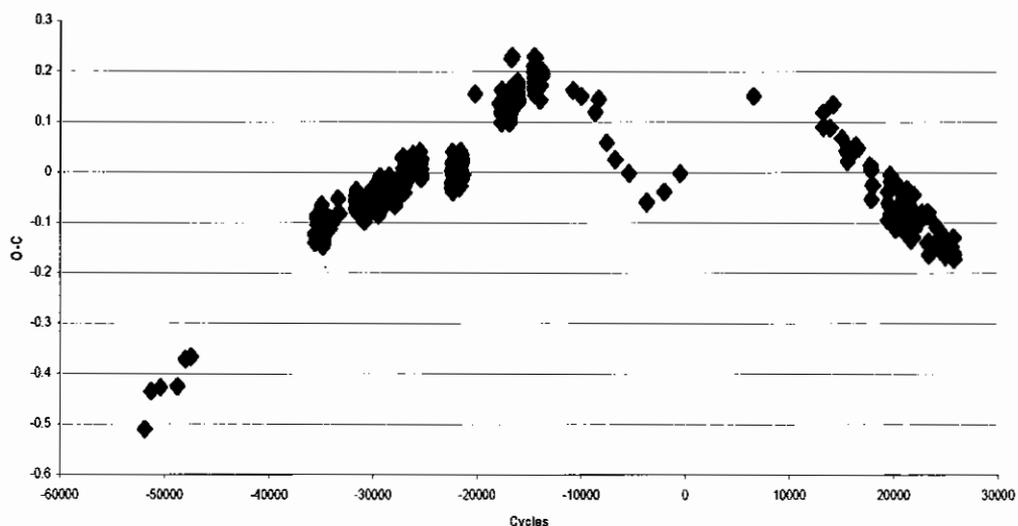


Fig. 6 : Courbe des O-C de AR Her avec l'éphéméride (2)

Nous voyons sur la fig. 6 que la période de AR Her a changé à trois reprises de façon très brusque, et l'influence de l'effet Blazhko sur les O-C est également perceptible.

- d) Les O-C des maxima de AR Her nous montrent que, sur 101 ans, la période de cette RR a eu tendance à diminuer. Et pourtant, il suffirait d'un nouveau changement pour qu'elle apparaisse comme plutôt stable dans son ensemble.

7. RZ Lyr

- a) GCVS : RRab, mag. 10.6 à 12.03 (V), sp. A9 – F4, pér. var., effet Blazhko, la hauteur des maxima varie entre 10.6 et 10.9 mag., JH 2 441 183.426 + 0.5112423 E.
 Base de données : 394 maxima s'étendant sur 110 ans. Le graphique des O-C montre que la période diminue.
- b) 12 maxima ont dû être écartés.
- c) La nouvelle régression linéaire, effectuée avec les 382 maxima conservés, donne les éléments de l'éphéméride qui suivent :

$$\text{JH } 2441183.4039 (\pm 0.006) + 0.51124703 (\pm 0.0000003) \text{ E} \quad (2)$$

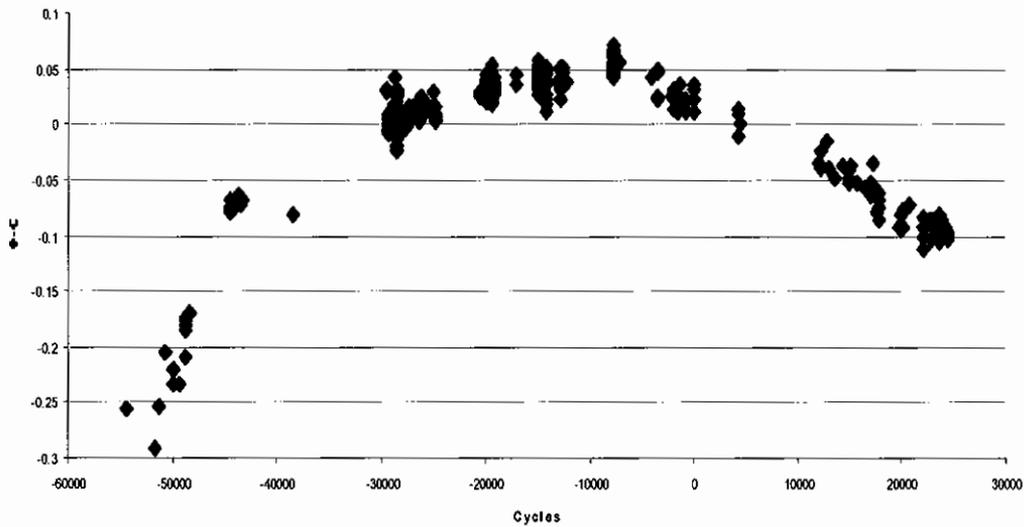


Fig. 7 : Courbe des O-C de RZ Lyr avec l'éphéméride (2)

Sur le graphique de la fig. 7, nous voyons clairement que la période de RZ Lyr a diminué depuis qu'elle est observée.

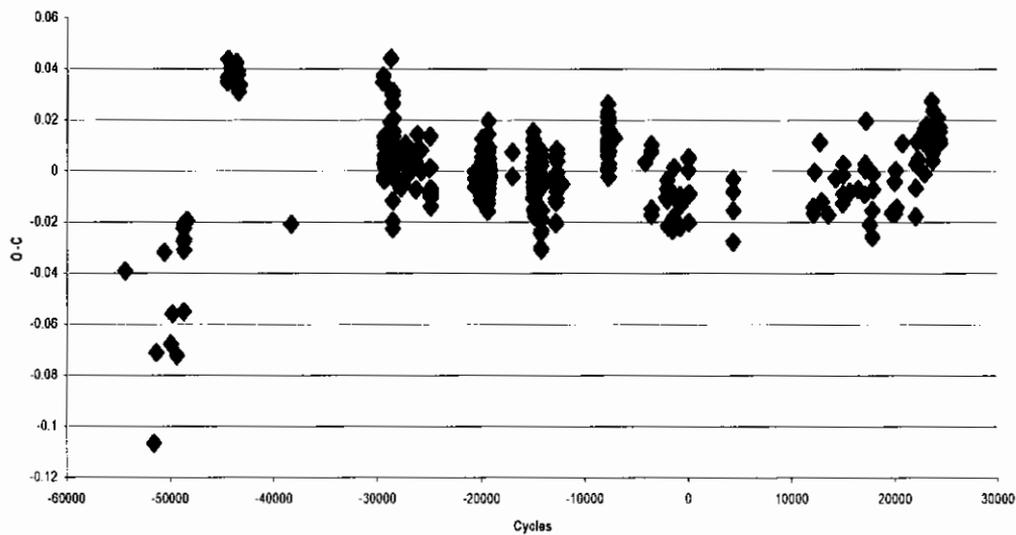


Fig. 8 : O-C résiduels de RZ Lyr avec les nouveaux éléments (échelle dilatée d'un facteur 2.2 par rapport à la fig. 7)

- d) Comme la courbe des O-C déduite des éléments linéaires a une forme plus ou moins parabolique, nous avons calculé un terme non linéaire et nous avons obtenu : $-1.338122 \times 10^{-10} E^2 - 0.2735928 \times 10^{-5} E + 0.0307617 j$. Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels sont ceux qui apparaissent à la fig. 8. Nous y constatons, que si nous excluons certains des premiers maxima, il ne reste plus de grande variation d'ensemble. La dispersion des O-C est due en grande partie à l'effet Blazhko.
- e) Le taux de décroissance de la période de RZ Lyr n'est sans doute pas parfaitement constant. C'est peut-être dû à la complexité des mécanismes de pulsation de cette RR à fort effet Blazhko. Nous avons toutefois pu calculer le taux moyen de la décroissance et nous proposons l'éphéméride quadratique suivante :

$$JJH 2441183.4347 + 0.51124429 E - 1.338 \times 10^{-10} E^2$$

En 110 ans, le taux moyen de décroissance a été de

$$dP/dt = 2 \times \frac{-1.338122 \times 10^{-10}}{0.51124703} = -2.62 \times 10^{-10} j/j$$

et la période a décréu de 0.91 s.

8. RV UMa

- a) GCVS : RRab, mag. 9.81 à 11.30 (V), sp. A6 – F5, pér. var., effet Blazhko de pér. 92.12 j (var.), JJH 2445075.511 + 0.468060 E.
Base de données : 155 maxima répartis sur 97 ans. Le graphique des O-C montre que la période est plus longue et qu'elle a varié.
- b) 3 instants ont été écartés.
- c) Une nouvelle régression linéaire a été calculée avec les 152 maxima conservés et elle donne les éléments qui suivent :

$$JJH 2445075.5376 (\pm 0.003) + 0.46806264 (\pm 0.0000001) E \quad (2)$$

La fig. 9 montre bien les variations des O-C de RV UMa qui peuvent, soit refléter des changements réels de sa période, soit avoir une forme sinusoïdale due à l'effet gravitationnel d'un compagnon modifiant la distance à parcourir par la lumière. Dans ce dernier cas, la période de révolution du couple d'étoiles serait approximativement de 90000 cycles (115 ans) et l'amplitude de son effet serait de ± 0.04 jour.

- d) Conclusions : Il serait intéressant de pouvoir déterminer les causes des variations des O-C de RV UMa. Quoi qu'il en soit, depuis près d'un siècle les changements n'ont pas de direction privilégiée.

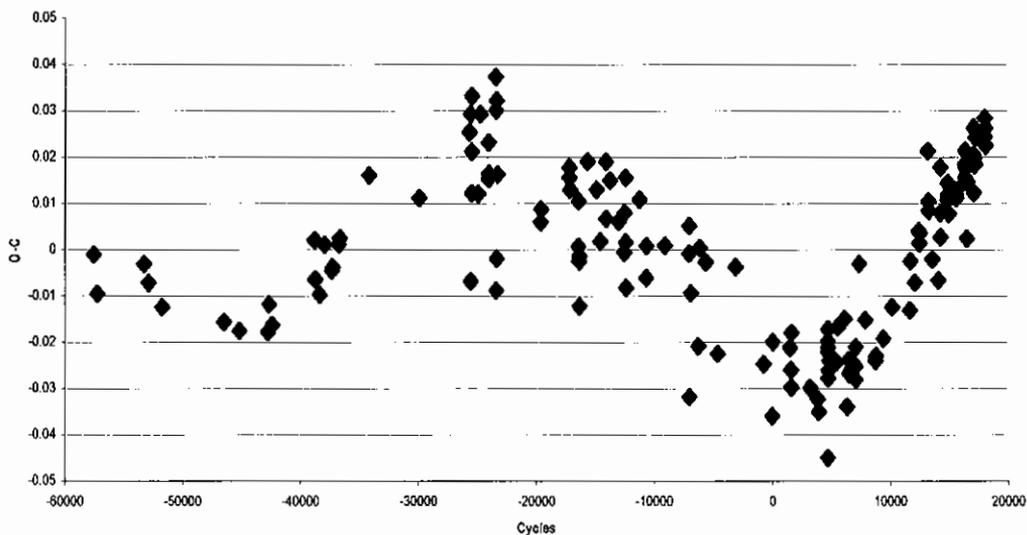


Fig. 9 : Courbe des O-C de RV UMa avec l'éphéméride (2)

9. SX UMa

- a) GCVS : RRc, mag. 10.58 à 11.21 (V), sp. A4 – F5, pér. var., JH 2 445 109.333 + 0.3071178 E.
Base de données : 110 maxima répartis sur 105 ans. Le graphique des O-C comporte de nombreux sauts de cycles et montre que la période doit être recalculée.
- b) Après avoir numéroté les maxima de façon cohérente, nous avons dû éliminer 6 instants.
- c) Une régression linéaire effectuée avec 104 maxima donne les éléments de la période qui suivent :

$$\text{JH } 2445109.3684 (\pm 0.03) + 0.30712583 (\pm 0.0000008) \text{ E} \quad (2)$$

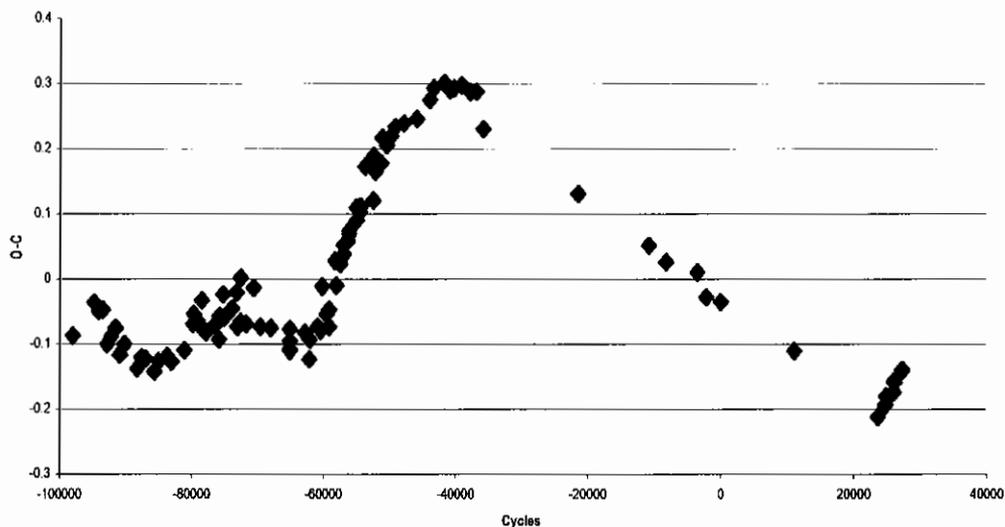


Fig. 10 : Courbe des O-C de SX UMa avec l'éphéméride (2)

La période obtenue est un peu plus longue que celle du GCVS et le graphique des nouveaux O-C (voir fig. 10) montre des changements de période irréguliers.

- d) Conclusion : Comme beaucoup de RRc, la période de SX UMa change assez souvent et de façon variée.

10. Conclusions générales

Dans ce sixième article sur l'évolution à long terme de RR Lyrae de la base de données du GEOS, nous avons calculé pour une étoile (SW Dra) le taux moyen d'accroissement de sa période ; nous avons découvert que la période de RZ Lyr diminuait plus ou moins constamment et que celle de SU Dra avait tendance à croître ou avait diminué brusquement ; nous avons montré les variations irrégulières de 3 étoiles (RV CrB, AR Her et SX UMa) et le fait que la courbe des O-C de RV UMa pouvait refléter l'effet gravitationnel d'un système binaire, tandis que la période moyenne de XZ Dra restait assez constante.

Nous continuerons à suivre la même méthode pour compléter notre revue de l'évolution, pendant une centaine d'années, des périodes des RR Lyrae avec suffisamment d'instantanés de maxima dans la base de données du GEOS.

11. Bibliographie

- Kholopov P.N., 1985, General Catalogue of Variable Stars
- Le Borgne J.F., Paschke A., Vandebroere J., Acerbi F., Martignoni M., 2000 – 2006, the GEOS RR Lyrae stars database, <http://dbRR.ast.obs-mip.fr>
- Vandebroere J., 2005, Notes Circulaires GEOS n° 1021, 1023, 1030, 1034 et 1036.