

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

**XII. AN Cnc, AP Cnc, RZ Cet, V 684 Cyg, SV Eri, TV Leo, CX Lyr, V 1095 Oph, RY Psc, SW Psc, HK  
Pup, DP Sge, AB UMa, AT Vir, FK Vul et 57 autres étoiles**

1. Introduction

Voici l'étude de l'évolution à long terme d'une douzième série de RR Lyrae, faite à partir des maxima de la base de données du GEOS (Le Borgne et al., 2000 – 2006). Si la méthodologie est la même que celle des articles précédents, nous ne détaillons les résultats et nous ne montrons le graphique des O-C que pour les étoiles, dont les éléments de la période comprennent un terme non linéaire, et nous nous contentons de donner dans un tableau la nouvelle éphéméride en signalant les implications de la courbe des O-C des autres RR Lyrae.

2. AN Cnc

- a) GCVS : RRab, mag. 12.1 à 13.0 (V), JJH 2438430.4448 + 0.54315826 E.  
b) Nous avons utilisé 27 maxima sur les 29 de la base de données pour effectuer une régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2438430.4931 (\pm 0.009) + 0.54316053 (\pm 0.0000005) E \quad (2)$$

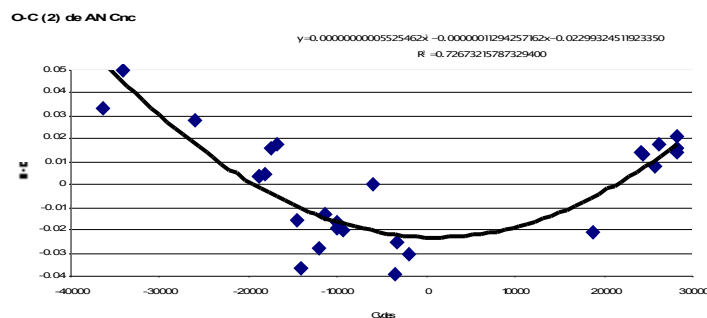


Fig. 1 : Courbe des O-C (2) de AN Cnc

- c) Les O-C de la fig. 1 suivant une courbe parabolique, nous avons calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant et nous avons obtenu :  $0.5525462 \times 10^{-10} E^2 - 0.0112943 \times 10^{-5} E - 0.0229932 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels sont bien répartis de part et d'autre de la ligne du zéro.  
d) Conclusion : la période de AN Cnc croît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

$$\text{JJH } 2438430.4701 + 0.54316042 E + 0.5525 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 96 ans, le taux de croissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{0.5525462 \times 10^{-10}}{0.54316053} = 2.035 \times 10^{-10} \text{ j/j}$$

et la période a augmenté de 0.62 s.

3. AP Cnc

- a) GCVS : RRab, mag. 13.3 à 14.9 (p), pér. var. ?, JJH 2434396.424 + 0.5329375 E.  
b) Nous avons employé les 24 maxima de la base de données pour effectuer une régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2434396.3520 (\pm 0.02) + 0.53294431 (\pm 0.000002) E \quad (2)$$

- c) Malgré l'absence de maximum pendant 39 ans, nous pouvons voir sur la fig. 2 que les O-C de AP Cnc suivent une courbe parabolique. Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la décroissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $-2.1775615 \times 10^{-10} E^2 + 0.3330129 \times 10^{-5} E + 0.0510508 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne montrent plus de variation.  
d) Conclusion : la période de AP Cnc décroît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$\text{JJH } 2434396.4031 + 0.53294764 E - 2.1776 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 73 ans, le taux de décroissance constant est de :

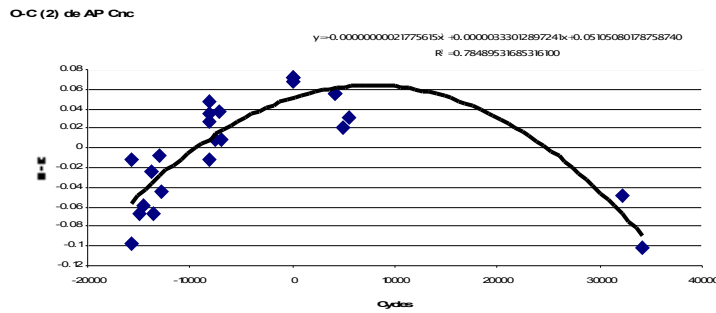


Fig. 2 : Courbe des O-C (2) de AP Cnc  

$$dP/dt = 2 \times \frac{-2.1775615 \times 10^{-10}}{0.53294431} = -8.172 \times 10^{-10} \text{ j/j}$$

et la période a diminué de 1.88 s.

4. RZ Cet

- a) GCVS : RRab, mag. 11.24 à 12.36 (V), sp. A6 – F4, pér. var., JJJH 2433906.892 + 0.51061074 E.
- b) Nous avons utilisé 36 des 38 maxima de la base de données pour effectuer une régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2433906.773 (\pm 0.03) + 0.51061424 (\pm 0.000002) \tag{2}$$

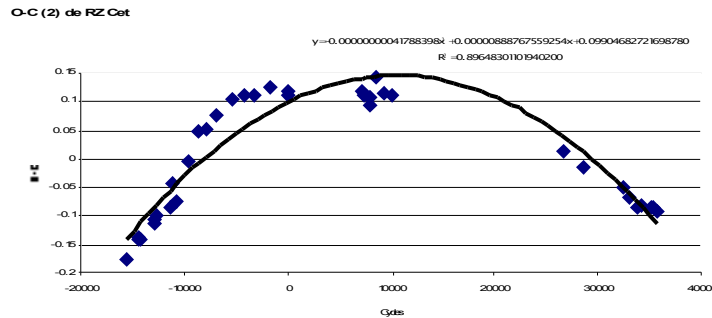


Fig. 3 : Courbe des O-C (2) de RZ Cet

Sur la fig. 3, nous voyons que les O-C fluctuent sans jamais s'éloigner beaucoup d'une courbe parabolique.

- c) Afin de vérifier si une modulation régulière des O-C ne se superpose pas à une décroissance à taux constant de la période, nous avons calculé un terme non linéaire, soit :  $-4.1788398 \times 10^{-10} E^2 + 0.8887676 \times 10^{-5} E + 0.0990468 \text{ j}$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels (voir fig. 4) montrent des variations, mais il faudra plus de maxima pour savoir si elles sont répétitives.

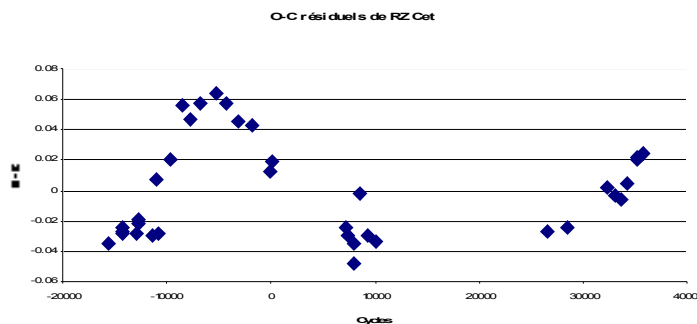


Fig. 4 : O-C résiduels de RZ Cet avec les nouveaux éléments

- d) Conclusion : la période de RZ Cet varie, soit de façon irrégulière, soit en diminuant à un taux constant alors que les O-C reflètent en même temps la binarité du système (time light effect) et alors l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période serait :

$$\text{JJH } 2433906.8720 + 0.51062313 E - 4.1788 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 72 ans, le taux de décroissance aurait été de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{-4.1788398 \times 10^{-10}}{0.51061424} = -1.64 \times 10^{-9} \text{ j/j}$$

et la période aurait diminué de 3.7 s.

5. V 684 Cyg

- a) GCVS : RRab, mag. 14.5 à 15.6 (p), JJH 2425243.341 + 0.540964 E.
- b) Avec 52 maxima des 58 de la base de données, nous avons effectué une régression linéaire qui nous donne l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2425243.2790 (\pm 0.02) + 0.54097566 (\pm 0.000002) \tag{2}$$

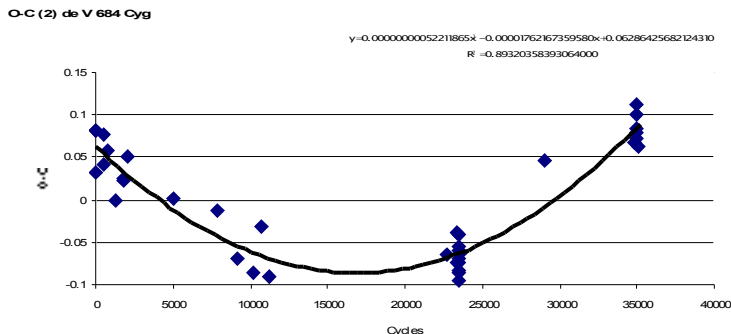


Fig. 5 : Courbe des O-C (2) de V 684 Cyg

Les O-C de la fig. 5 suivent bien une courbe parabolique. Nous ne savons pas si la dispersion est due à la faible précision des données ou à un effet Blazhko.

- c) Nous avons calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $5.2211865 \times 10^{-10} E^2 - 1.7662167 \times 10^{-5} E + 0.0628643 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels sont bien répartis de part et d'autre de la ligne du zéro.
- d) Conclusion : la période de V 684 Cyg croît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$\text{JJH } 2425243.3419 + 0.54095800 E + 5.2211865 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 52 ans, le taux de croissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = \frac{5.2211865 \times 10^{-10}}{0.54097566} = 1.93 \times 10^{-9} \text{ j/j}$$

et la période a augmenté de 3.17 s.

6. SV Eri

- a) GCVS : RRab, mag. 9.56 à 10.23 (V), sp. A8 – F5, pér. var., JJH 2435552.109 + 0.7137964 E.
- b) Avec 50 des 55 maxima de la base de données, nous avons effectué un régression linéaire qui donne l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2435552.4111 (\pm 0.1) + 0.71377845 (\pm 0.000009) \tag{2}$$

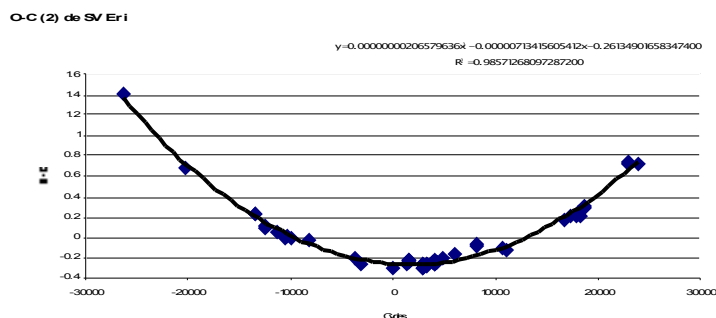


Fig. 6 : Courbe des O-C (2) de SV Eri

Sur la fig. 6, nous voyons que les O-C de SV Eri suivent une courbe parabolique.

- c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $20.6579636 \times 10^{-10} E^2 - 0.7134156 \times 10^{-5} E - 0.261349 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels sont très dispersés, mais ne montrent pas de variation. En fait, nous ne disposons d'aucun maximum très précis de cette RRab et il nous est donc impossible de savoir si la dispersion des maxima est due uniquement à la faible précision des instants, à un effet Blazhko ou encore à d'autres petites fluctuations de la période.

- d) Conclusion : quoi qu'il en soit, la période de SV Eri dans son ensemble croît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$JJH\ 2435552.1498 + 0.71377132\ E + 20.6580 \times 10^{-10}\ E^2$$

et, depuis 98 ans, le taux de croissance constant est de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{20.6579636 \times 10^{-10}}{0.71377845} = 5.79 \times 10^{-9}\ j/j$$

et la période a augmenté de 17.93 s. Il s'agit du taux de croissance constant le plus grand que nous avons obtenu ce qui pourrait être en relation avec le fait que SV Eri est une RRab ayant une des plus longues périodes. Ce résultat est donc particulièrement intéressant.

TV Leo

- a) GCVS : RRab, mag. 11.46 à 12.56 (V), sp. F4 – F6, pér. var., JJH 2437041.390 + 0.6728526 E.

- b) Nous avons fait une régression linéaire avec 26 des 28 maxima de la base de données et nous avons obtenu :  
 $JJH\ 2437041.4455 (\pm 0.03) + 0.67284758 (\pm 0.000002)\ E$  (2)

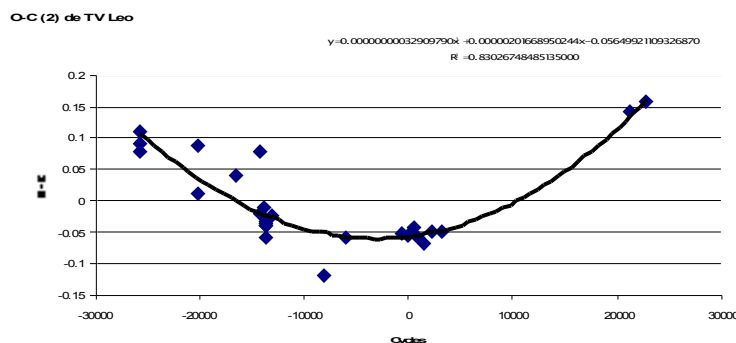


Fig. 7 : Courbe des O-C (2) de TV Leo

Sur le graphique de la fig. 7, nous voyons que les premiers O-C sont fort dispersés, tandis que les autres se placent très près de la courbe parabolique ; hélas, il y a aussi 33 ans sans maximum.

- c) Nous avons calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant et avons obtenu :  $3.2909790 \times 10^{-10}\ E^2 + 0.2016690 \times 10^{-5}\ E - 0.0564992\ j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne montrent plus de variation, les instants peu précis gardant évidemment une grande dispersion.

- d) Conclusion : la période de TV Leo croît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$JJH\ 2437041.3890 + 0.67284960\ E + 3.291 \times 10^{-10}\ E^2$$

et, depuis 89 ans, le taux de croissance constant est de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{3.290979 \times 10^{-10}}{0.67284758} = 9.78 \times 10^{-10}\ j/j$$

et la période a crû de 2.75 s.

8. CX Lyr

- a) GCVS : RRab, mag. 12.14 à 13.17 (V), sp. F4, pér. var., JJH 2433069.365 + 0.61664495 E.

- b) Nous avons fait une régression linéaire avec 43 des 49 maxima de la base de données et nous avons obtenu l'éphéméride suivante :

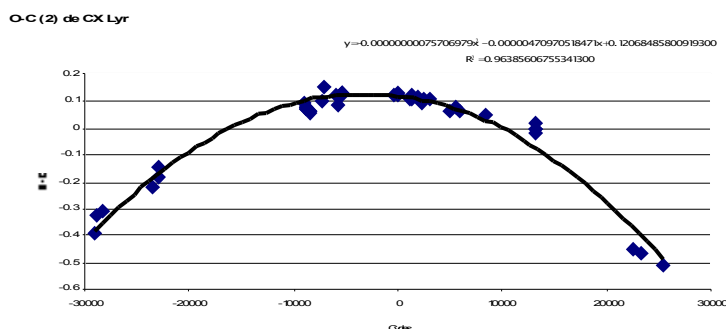


Fig. 8 : Courbe des O-C de CX Lyr

$$\text{JJH } 2433069.2306 (\pm 0.06) + 0.61665547 (\pm 0.000004) \text{ E} \quad (2)$$

Sur la fig. 8, nous voyons que les O-C suivent assez bien une courbe parabolique.

- c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la décroissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $- 7.5706979 \times 10^{-10} \text{ E}^2 - 0.4709705 \times 10^{-5} \text{ E} + 0.1206849 \text{ j}$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne suivent pas très bien une ligne droite comme si le taux de décroissance de la période avait été un peu moindre jusqu'avant les 3 derniers maxima. Mais, étant donné que nous ne disposons d'aucun instant précis de CX Lyr, il nous est impossible de savoir s'il y a eu une accélération de la décroissance il y a une quarantaine d'années ou si c'est la qualité des données qui est en cause.

- d) Conclusion : la période de CX Lyr décroît à un taux constant ou qui a peut être augmenté et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est d'environ :

$$\text{JJH } 2433069.3513 + 0.61665076 \text{ E} - 7.5707 \times 10^{-10} \text{ E}^2$$

et, depuis 92 ans, le taux moyen de décroissance constant a été de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{-7.5706979 \times 10^{-10}}{0.61665547} = -2.46 \times 10^{-9} \text{ j/j}$$

et la période a diminué de 7.12 s. Cette RR n'est pas trop faible et mériterait d'être mesurée avec précision.

9. V 1095 Oph

- a) GCVS : RRab, mag. 14.1 à 15.5 (B), JJH 2442926.505 + 0.458774 E.

- b) Nous avons effectué une régression linéaire avec 32 des 33 maxima de la base de données et nous avons obtenu l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2447390.5019 (\pm 0.01) + 0.45878367 (\pm 0.0000007) \text{ E} \quad (2)$$

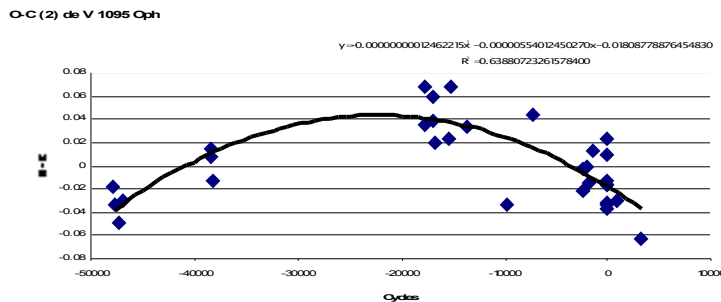


Fig. 9 : Courbe des O-C (2) de V 1095 Oph

Au vu des O-C de la fig. 9, nous pourrions imaginer que la période de V 1095 Oph a diminué plus ou moins brusquement, nous trouvons toutefois plus probable qu'elle décroisse à un taux constant et que les O-C suivent une courbe parabolique.

- c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant une telle décroissance et nous avons obtenu :  $-1.2462215 \times 10^{-10} \text{ E}^2 - 0.5540125 \times 10^{-5} \text{ E} - 0.0180878 \text{ j}$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels se placent bien de part et d'autre du zéro et ne sont pas plus dispersés que ceux obtenus généralement à partir de maxima photographiques.

- d) Conclusion : la période de V 1095 Oph décroît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$\text{JJH } 2447390.4838 + 0.45877813 \text{ E} - 1.2462 \times 10^{-10} \text{ E}^2$$

et, depuis 64 ans, le taux de décroissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{-1.2462215 \times 10^{-10}}{0.45878367} = 5.43 \times 10^{-10} \text{ j/j}$$

et la période a diminué de 1.1 s.

10. RY Psc

- a) GCVS : RRab, mag. 11.82 à 12.72 (V), sp. F0 – F6, pér. var., JJH 2442681.147 + 0.5297106 E.

- b) Nous avons effectué une régression linéaire avec 41 des 42 maxima de la base de données et nous avons obtenu l'éphéméride suivante :

$$\text{JJH } 2442681.1566 (\pm 0.01) + 0.52972890 (\pm 0.0000006) \text{ E} \quad (2)$$

Nous voyons clairement sur la fig. 10 que la période de RY Psc augmente. Toutefois, la parabole correspondant le mieux aux O-C ne convient pas bien aux 2 premiers maxima et ne passe pas au milieu du groupe d'O-C suivants.

Or, si tous les maxima ayant des cycles négatifs sont des moyennes photographiques ou des résultats d'observations visuelles, les derniers instants résultent pour la plupart de mesures CCD précises. Il en découle deux possibilités : soit la période principale de RY Psc augmente à un taux constant tandis que les O-C montrent des fluctuations importantes liées à un effet Blazhko, soit la période de cette RR a augmenté par à-coups ce qui n'est pas habituel.

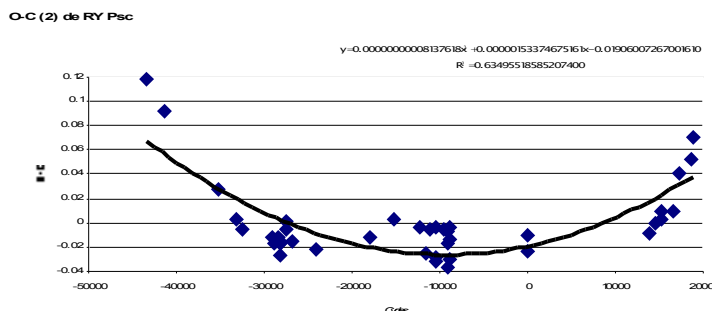


Fig. 10 : Courbe des O-C (2) de RY Psc

- c) Pour avoir une idée du taux de croissance moyen, nous avons calculé un terme non linéaire correspondant à la parabole la mieux ajustée aux O-C et nous avons obtenu :  $0.8137618 \times 10^{-10} E^2 + 0.1533747 \times 10^{-5} E - 0.0190601 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels montrent la non adéquation des 2 premiers maxima et des derniers instants CCD précis.
- d) Conclusion : la période de RY Psc a crû par à-coups depuis qu'elle est observée ou elle augmente de façon constante avec un fort effet Blazhko et alors l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période principale est :

$$JJH 2442681.1375 + 0.52973043 E + 0.8138 \times 10^{-10} E^2$$

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

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{0.8137618 \times 10^{-10}}{0.5297289} = 3.07 \times 10^{-10} j/j$$

et la période a augmenté de 0.87 s. Avec une telle croissance relativement faible, il est normal que nous ayons besoin d'un plus grand nombre de maxima précis, surtout si l'effet Blazhko est présent.

### 11. SW Psc

- a) GCVS : RRab, mag. 13.3 à 14.9 (p), pér. var., terme périodique (+0.0132 j sin 5.440° (E+2), effet Blazhko, JJH 2438652.441 + 0.521265 E.
- b) Nous avons effectué une régression linéaire avec 30 des 32 maxima de la base de données et nous avons obtenu l'éphéméride suivante :

$$JJH 2438652.4660 (\pm 0.03) + 0.52126604 (\pm 0.000002) E \tag{2}$$

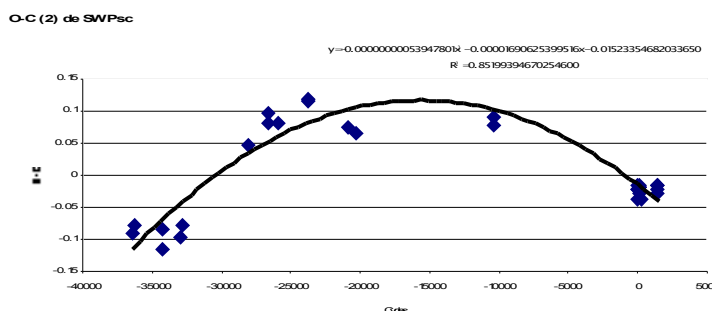


Fig. 11 : Courbe des O-C (2) de SW Psc

Le graphique de la fig. 11 nous montre clairement que les O-C de SW Psc suivent une courbe parabolique nonobstant l'effet Blazhko qui explique les fluctuations à court terme.

- c) Nous avons calculé un terme non linéaire représentant la décroissance à taux constant et nous avons obtenu :  $-5.3947801 \times 10^{-10} E^2 - 1.6906254 \times 10^{-5} E - 0.0152234 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne montrent plus de variation (nous savons que la dispersion est accentuée par l'effet Blazhko).
- d) Conclusion : SW Psc est encore une RRab ayant un effet Blazhko qui n'empêche nullement la période principale de décroître à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de cette période est :

$$JJH 2438652.4508 + 0.52124913 E - 5.3948 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 54 ans, le taux de décroissance constant est de :

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{-5.3947801 \times 10^{-10}}{0.52126604} = -2.07 \times 10^{-9} \text{ j/j}$$

et la période a diminué de 3.53 s.

12. HK Pup

a) GCVS : RRab, mag. 11.4 à 12.4 (p), pér. var., JJH 2436608.383 + 0.7342382 E.

b) Nous avons fait une régression linéaire avec les 35 maxima de la base de données et nous avons obtenu : JJH 2436608.3236 (± 0.02) + 0.73424492 (±0.000003) E (2)

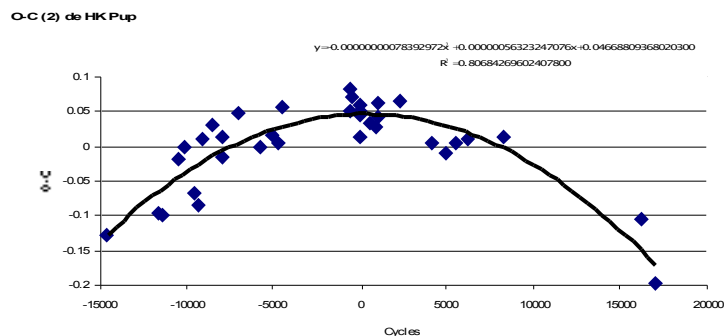


Fig. 12 : Courbe des O-C (2) de HK Pup

Nous voyons bien que les O-C de la fig. 12 suivent une courbe parabolique.

c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la décroissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $-7.8392972 \times 10^{-10} E^2 + 0.0563232 \times 10^{-5} E + 0.0466881 \text{ j}$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels sont assez dispersés, mais ne montrent plus de variation.

d) Conclusion : la période de HK Pup décroît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$\text{JJH } 2436608.3703 + 0.73424548 E - 7.8393 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 64 ans, le taux de décroissance constant est de

$$\frac{dP}{dt} = 2 \times \frac{-7.8392972 \times 10^{-10}}{0.73424492} = -2.14 \times 10^{-9} \text{ j/j}$$

et la période a diminué de 4.28 s.

13. DP Sge

a) GCVS : RRab, mag. 13.6 à 15.0 (p), pér. var., JJH 2440775.472 + 0.4882977 E.

b) Une régression linéaire, calculée avec 42 des 43 maxima de la base de données, nous donne l'éphéméride : JJH 2440775.4442 (± 0.01) + 0.48833302 (± 0.000001) E (2)

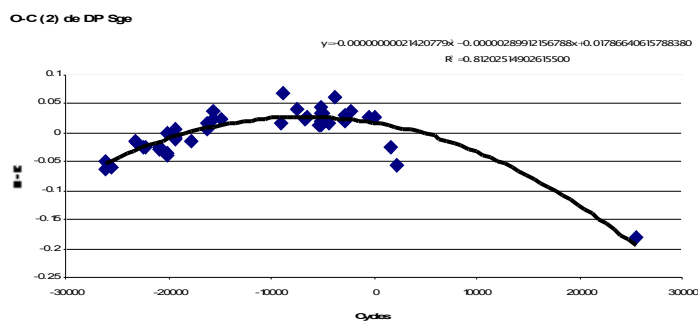


Fig. 13 : Courbe des O-C (2) de DP Sge

Nous voyons sur la fig. 13 que nous manquons de maximum pendant un long laps de temps (31 ans). Tous les instants sont photographiques à l'exception du dernier observé avec une CCD. Nous pensons qu'il est probable que les 2 derniers instants photographiques soient particulièrement imprécis et qu'en fait les O-C suivent une courbe parabolique. Ceci devra évidemment être confirmé par de nouvelles mesures.

c) Nous avons calculé un terme non linéaire représentant la décroissance supposée à taux constant et nous avons obtenu :  $-2.1420779 \times 10^{-10} E^2 - 0.2899122 \times 10^{-5} E + 0.0178664 \text{ j}$ . Après sa soustraction des O-C (2), il y a juste les O-C des 2 maxima suspects mentionnés plus haut qui ne suivent pas une ligne droite.

- d) Conclusion : il est possible que la période de DP Sge décroisse à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments serait alors :

$$JJH\ 2440775.4621 + 0.48833012\ E - 2.1421 \times 10^{-10}\ E^2$$

et, depuis 69 ans, le taux de décroissance aurait été de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{-2.1420779 \times 10^{-10}}{0.48833302} = - 8.77 \times 10^{-10}\ j/j$$

et la période aurait diminué de 1.91 s.

14. AB UMa

- a) GCVS : RRab, mag. 10.3 à 11.7 (p), sp. F2, JJH 2436227.640 + 0.599577 E.

- b) Avec 42 des 45 maxima de la base de données, nous avons fait une régression linéaire qui donne :

$$JJH\ 2436227.6154 (\pm 0.02) + 0.59958309 (\pm 0.000001)\ E \tag{2}$$

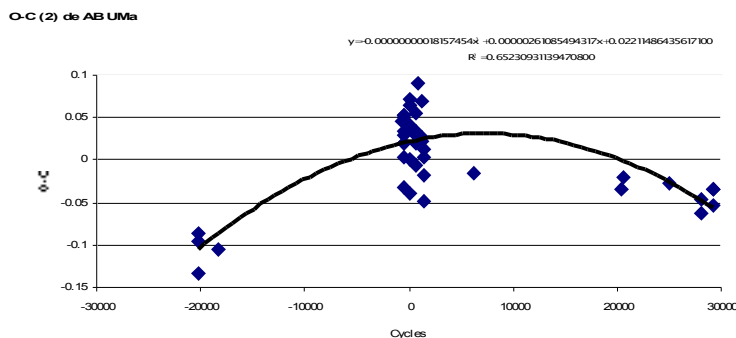


Fig. 14 : Courbe des O-C (2) de AB UMa

Nous voyons sur la fig. 14 que les O-C ne sont pas bien répartis dans le temps. La dispersion des nombreux O-C se situant près du cycle zéro est fort grande pour être attribuée uniquement à l'imprécision des mesures ; nous supposons donc la présence d'un fort effet Blazhko. Hélas les 4 maxima observés par TAROT (ce sont les derniers) ne permettent, ni de confirmer, ni d'infirmer cette supposition. Quoiqu'il en soit, une courbe parabolique est ce qui représente le mieux les O-C que nous possédons.

- c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la décroissance à taux constant et nous avons obtenu :  $- 1.8157454 \times 10^{-10}\ E^2 + 0.2610855 \times 10^{-5}\ E + 0.0221149\ j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne vont pas à l'encontre de notre hypothèse.

- d) Conclusion : la période de AB UMa pourrait décroître à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période serait alors :

$$JJH\ 2436227.6375 + 0.59958570\ E - 1.8157 \times 10^{-10}\ E^2$$

et, depuis 81 ans, le taux de décroissance constant serait de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{-1.8157454 \times 10^{-10}}{0.59958309} = - 6.06 \times 10^{-10}\ j/j$$

et la période aurait décréu de 1.55 s.

15. AT Vir

- a) GCVS : RRab, mag. 10.63 à 11.82 (V), sp. A7, pér. var., JJH 2439678.262 + 0.5257931 E.

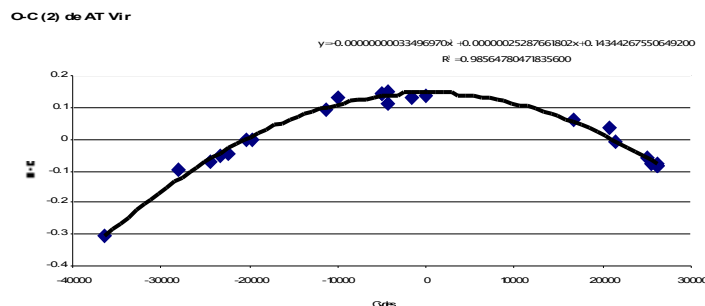


Fig. 15 : Courbe des O-C (2) de AT Vir

- b) La nouvelle régression linéaire, faite avec les 25 maxima de la base de données, nous donne :

$$JJH\ 2439678.1261 (\pm 0.05) + 0.52579245 (\pm 0.000002)\ E \tag{2}$$



Nous voyons sur la fig. 14 que les O-C (2) de AT Vir suivent bien une courbe parabolique.

c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la décroissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $- 3.349697 \times 10^{-10} E^2 + 0.0252877 \times 10^{-5} E + 0.1434427 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne montrent plus de variation et ceux découlant des dernières mesures précises sont particulièrement petits.

d) Conclusion : la période de AT Vir décroît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant les éléments de sa période est :

$$JJH\ 2439678.2695 + 0.52579270 E - 3.3497 \times 10^{-10} E^2$$

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

$$dP/dt = 2 \times \frac{-3.349697 \times 10^{-10}}{0.52579245} = - 1.27 \times 10^{-9} j/j$$

et la période a diminué de 3.62 s.

### 16. FK Vul

a) GCVS : RRab, mag. 11.8 à 13.7 (p), effet Blazhko, JJH 2436076.423 + 0.4340529 E.

b) Nous avons utilisé 27 des 30 maxima de la base de données pour faire une régression linéaire qui donne :  
 $JJH\ 2436076.4317 (\pm 0.01) + 0.43405289 (\pm 0.0000008) E$  (2)

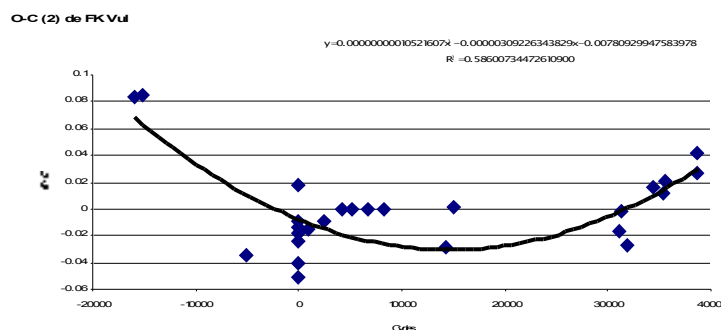


Fig. 16 : Courbe des O-C (2) de FK Vul

Nous voyons sur la fig. 16 que les O-C de FK Vul, peu nombreux et affectés par l'effet Blazhko, ont tendance à suivre une courbe parabolique.

c) Nous avons donc calculé un terme non linéaire représentant la croissance à taux constant de la période et nous avons obtenu :  $1.0521607 \times 10^{-10} E^2 - 0.3092263 \times 10^{-5} E - 0.0078093 j$ . Après sa soustraction des O-C (2), les O-C résiduels ne montrent plus que la dispersion due à l'imprécision des données et les variations liées à l'effet Blazhko.

d) Conclusion : la période de FK Vul croît à un taux constant et l'éphéméride quadratique représentant ses éléments est :

$$JJH\ 2436076.4239 + 0.43404980 E + 1.0522 \times 10^{-10} E^2$$

et, depuis 65 ans, le taux de croissance constant est de :

$$dP/dt = 2 \times \frac{1.0521607 \times 10^{-10}}{0.43405289} = 4.85 \times 10^{-10} j/j$$

et la période a augmenté de 0.99 s.

### 17. Nouveaux éléments de la période et évolution de 57 RR Lyrae

Voici, dans un tableau, les nouvelles éphémérides calculées par régressions linéaires, ainsi que les résultats obtenus avec les O-C de 57 RR Lyrae. Ceci complète le travail pour toutes les étoiles de la base de données ayant au moins 20 maxima suffisamment précis, s'étendant sur 50 ans ou plus et pas trop mal répartis dans le temps.

Etoiles Type	Epoques JJH (24...)	Périodes (jour)	Maxima Temps	Evolution de la période Notes
DE And RRab	27955.4889 (± 0.007)	0.45363536 (± 0.0000004)	29 64ans	période constante
GV And RRab	28753.4282 (± 0.009)	0.52809316 (± 0.0000007)	53 62 ans	période constante

<u>Etoiles</u> <u>Type</u>	<u>Epoques</u> <u>JJH (24...)</u>	<u>Périodes</u> <u>(jour)</u>	<u>Maxima</u> <u>Temps</u>	<u>Evolution de la période</u> <u>Notes</u>
TZ Aqr RRab	37548.9001 (± 0.005)	0.57119409 (± 0.0000003)	26 90 ans	période constante
YZ Aqr RRab	35364.4385 (± 0.006)	0.55193265 (± 0.0000004)	49 107 ans	période constante
DN Aqr RRab	28425.2872 (± 0.01)	0.63375389 (± 0.0000001)	33 65 ans	période constante
BH Aur RRab	42751.6555 (± 0.004)	0.45608902 (± 0.0000002)	32 100 ans	période constante
TV Boo RRc	24609.4904 (± 0.007)	0.31256037 (± 0.0000003)	28 79 ans	période constante
AE Boo RRc	30388.2011 (± 0.01)	0.31489327 (± 0.0000005)	38 63 ans	période constante
RZ CVn RRab	40343.7706 (± 0.01)	0.56740530 (± 0.0000009)	21 78 ans	période constante
ST CVn RRc	40390.6486 (± 0.009)	0.32905655 (± 0.0000003)	42 93 ans	période constante
AL CMi RRab	36597.3952 (± 0.009)	0.55051272 (± 0.0000004)	37 78 ans	période constante
V 470 Cas	36200.4939 (± 0.07)	0.87440149 (± 0.000001)	37 65 ans	un changement brusque augmentation
RU Cet RRab	39826.4913 (± 0.07)	0.58629373 (± 0.0000004)	45 112 ans	un changement brusque diminution
UU Cet RRab	41208.5746 (± 0.01)	0.60607418 (± 0.0000001)	29 83 ans	période constante O-C assez grands
SU Col RRab	48500.2411 (± 0.01)	0.48735818 (± 0.0000008)	24 64 ans	période constante
U Com RRc	24961.4508 (± 0.006)	0.29273843 (± 0.0000002)	23 78 ans	période constante
RY Com RRab	39598.8639 (± 0.01)	0.46895129 (± 0.0000005)	47 104 ans	période irrégulière avec tendance à croître
W Crt RRab	39644.2903 (± 0.002)	0.41201421 (± 0.0000001)	20 70 ans	période constante O-C très petits
IV Cyg RRab	40200.4081 (± 0.01)	0.33433384 (± 0.0000008)	53 61 ans	période irrégulière avec tendance à croître
BV Del RRab	25527.3114 (± 0.008)	0.42345085 (± 0.0000003)	26 77 ans	période constante
BT Dra RRab	30734.6461 (± 0.006)	0.58867329 (± 0.0000004)	54 100 ans	période constante
GI Gem RRab	30346.6329 (± 0.003)	0.43326677 (± 0.0000002)	56 64 ans	période constante
AG Her RRab	27662.2808 (± 0.02)	0.64944386 (± 0.0000001)	23 95 ans	au moins un changement brusque augmentation
EE Her RRab	28403.2528 (± 0.005)	0.49553666 (± 0.0000005)	33 57 ans	période constante
LS Her RRc	28004.9467 (± 0.01)	0.23080772 (± 0.0000003)	21 69 ans	période constante
WZ Hya RRab	39627.2576 (±0.05)	0.53773003 (± 0.0000003)	32 107 ans	un changement brusque + petites fluctuations diminution
GO Hya RRab	25649.5148 (± 0.01)	0.63643573 (± 0.0000009)	31 77 ans	période constante
RX Leo RRab	36306.3732 (± 0.006)	0.65341559 (± 0.0000006)	18 70 ans	période constante
SS Leo RRab	41781.4104 (± 0.006)	0.62634324 (± 0.0000003)	47 103 ans	croissance plus ou moins constante ou au moins un changement

<u>Etoiles</u> <u>Type</u>	<u>Epoques</u> <u>JJH (24...)</u>	<u>Périodes</u> <u>(jour)</u>	<u>Maxima</u> <u>Temps</u>	<u>Evolution de la période</u> <u>Notes</u>
AA Leo RRab	39596.6429 (± 0.004)	0.59865356 (± 0.0000005)	21 52ans	période constante
AX Leo RRab	25244.7106 (± 0.009)	0.72682685 (± 0.0000005)	31 78 ans	période constante
V LMi RRab	19530.3328 (± 0.003)	0.54391926 (± 0.0000002)	23 94 ans	période constante ou à faible taux de croissance constant
X LMi RRab	39200.0455 (± 0.01)	0.68432396 (± 0.000001)	31 78 ans	un changement brusque forte augmentation
VY Lib RRab	41144.3757 (± 0.007)	0.53394098 (± 0.0000006)	21 77 ans	période constante
TW Lyn RRab	45022.4960 (± 0.006)	0.48186049 (± 0.0000004)	56 49 ans	période constante
LX Lyr RRab	36287.2905 (± 0.005)	0.54548380 (± 0.0000005)	32 64 ans	période constante
ST Oph RRab	28426.4412 (± 0.006)	0.45035625 (± 0.0000002)	26 91 ans	période constante
V 531 Oph RRab	29438.4942 (± 0.007)	0.55365322 (± 0.0000004)	25 64 ans	période constante
V 2033 Oph RRab	42812.6282 (± 0.009)	0.56582944 (± 0.0000009)	24 52 ans	période constante
AE Peg RRab	39410.3575 (± 0.03)	0.49671461 (± 0.000001)	58 100 ans	un ou deux changements de période ; n° de cycles incertains ; diminution
AO Peg RRab	25514.3348 (± 0.004)	0.54724344 (± 0.0000002)	21 78 ans	période constante
BF Peg RRab	42961.2852 (± 0.01)	0.49580536 (± 0.0000006)	23 73 ans	période constante
TU Per RRab	38772.5665 (± 0.02)	0.60706899 (± 0.0000009)	32 103 ans	un changement brusque diminution
RW Scl RRab	24731.8643 (± 0.008)	0.45170822 (± 0.0000005)	31 111 ans	période constante ou à faible taux de décroissance constant
VY Ser RRab	31225.3029 (± 0.008)	0.71409596 (± 0.0000009)	36 72 ans	période constante
AT Ser RRab	41798.4881 (± 0.02)	0.74656181 (± 0.000002)	33 103 ans	période irrégulière diminution
AV Ser RRab	28343.3311 (± 0.006)	0.48755863 (± 0.0000005)	39 95 ans	un changement brusque augmentation
CS Ser RRab	31176.4781 (± 0.01)	0.52679162 (± 0.0000007)	24 89 ans	un changement augmentation
DF Ser RRab	29706.0600 (± 0.004)	0.43779643 (± 0.0000002)	41 105 ans	période constante
T Sex RRc	41384.3521 (± 0.04)	0.32470435 (± 0.000001)	36 79 ans	au moins deux changements n° de cycles incertains
U Tri RRab	19100.2357 (± 0.002)	0.44725257 (± 0.0000009)	40 95 ans	période constante ou à faible taux de décroissance constant
ST Vir RRab	40736.3839 (± 0.03)	0.41083420 (± 0.000001)	50 98 ans	période irrégulière diminution
UU Vir RRab	41797.4519 (± 0.003)	0.47560631 (± 0.0000001)	23 97 ans	période constante O-C très petits
WY Vir RRab	44010.3600 (± 0.01)	0.60935341 (± 0.000001)	37 87 ans	période constante
AS Vir RRab	39154.9037 (± 0.01)	0.55342266 (± 0.000002)	18 50 ans	période constante
AV Vir RRab	41470.2928 (± 0.005)	0.65690930 (± 0.0000003)	20 92 ans	période constante

<u>Etoiles</u> <u>Type</u>	<u>Epoques</u> <u>JJH (24...)</u>	<u>Périodes</u> <u>(jour)</u>	<u>Maxima</u> <u>Temps</u>	<u>Evolution de la période</u> <u>Notes</u>
BB Vir	39613.8761	0.47109966	22	un changement brusque effet Blazhko non décelable
RRab	(± 0.02)	(± 0.000001)	93 ans	

#### 18. Conclusions générales

Les résultats de nos douze Notes Circulaires sur l'évolution à long terme de RR Lyrae de la base de données du GEOS seront utilisés pour de futurs articles du GEOS.

#### 19. Remerciement

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Michel Dumont qui a pris le temps de relire nos Notes et d'en vérifier les calculs.

#### 20. 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>