

Laurent CORP

AAVSO – GEOS – Commission Étoiles Doubles SAF
<http://www.astrosurf.com/lcorp/>
astro.laucorp@orange.fr



Résumé

Cet article a pour but de décrire les résultats obtenus sur quatre étoiles de type binaires à éclipses. Il présente les diagrammes O-C connus pour chacun de ces couples ainsi que la nouvelle courbe de lumière obtenue qui vient compléter le suivi régulier nécessaire pour ces systèmes.

Abstract

The purpose of this article is to describe the results obtained on four eclipsing binary stars. It presents the known O-C diagrams for each of these couples as well as the new light curve obtained which completes the regular monitoring required for these systems.

Keywords: binaries : eclipsing, photometry



1 Introduction

Après avoir décrit les différents types de binaires à éclipses dans la Revue Étoiles Doubles n°1 [1], ainsi que la mise en œuvre des observations dans la revue Étoiles Doubles n°2 [2], cet article va traiter des choix d'observation et présenter les résultats obtenus pour 4 couples.

2 Quelques rappels

Une étoile binaire à éclipses est une étoile binaire dont le plan de révolution se trouve sensiblement sur la ligne de visée de l'observateur, les deux astres s'éclipsant ainsi mutuellement de façon périodique. La figure 1 illustre ce phénomène et la morphologie de la courbe de lumière obtenue.

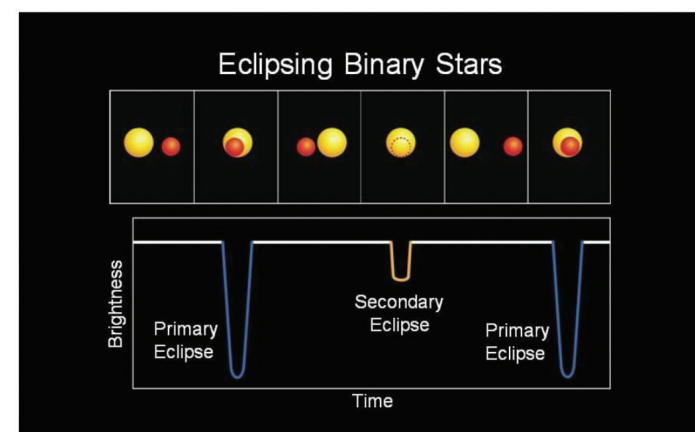


Figure 1. Morphologie d'une courbe de lumière d'une binaire à éclipses
<http://kepler.nasa.gov/>

Dans le numéro 3 de la revue Étoiles Doubles [2], vous avez pu découvrir la méthode à mettre en œuvre afin de réussir l'acquisition des courbes de lumières de binaires à éclipses. Une bonne partie de cet article était consacrée au choix des cibles à sélectionner.

Ce point-là n'est pas anecdotique. A titre personnel, mon programme contient une soixantaine d'étoiles, avec parmi elles beaucoup de types EW ayant de courtes périodes. Il est important de faire un suivi sur plusieurs années avec votre propre instrumentation.

Il ne faut pas négliger les cibles maintes fois observées, même si on peut penser que tout a dû être fait à ce niveau-là et ne pas oublier que ces systèmes sont susceptibles d'évoluer.

Il est également utile de s'intéresser aux systèmes oubliés.

Enfin, il est important de souligner que nous sommes un tout petit nombre à observer ce type d'étoiles doubles. Sur 800 observateurs de l'AAVSO, seulement une quinzaine d'amateurs envoient régulièrement des mesures à la commission « Binaires à éclipses » de cette association.

3 Les critères de sélection

Le site géré par J.M. Kreiner, du Mt. Suhora Astronomical Observatory Cracow Pedagogical University [3] décrit les minima primaires et secondaires d'une étoile dont on connaît le nom et la constellation ainsi que le diagramme des O-C.

Même si les heures sont indiquées de manière très précise, il vous faut considérer que celles-ci présentent une marge d'erreur en raison des évolutions que présentent ces couples. Les diagrammes O-C présentés plus loin en sont l'illustration.

Pour rappel, un diagramme O-C représente la différence entre l'instant prévu du minimum (théorique) et l'instant de son observation réelle. Chaque point sur la courbe représente un instant de minimum.

Les éphémérides permettent de déterminer l'instant des minima primaire et secondaire. Ils sont donnés par la formule suivante :

- $T = T_0 + P \times E$
- T_0 = Début de la phase en jour julien
- P = période en jours
- E = Cycle : nombre sans unité représentant le nombre d'évènements – minima primaire ou secondaire

Chaque binaire à éclipse est caractérisée par les données ci-dessus. En revanche, il nous manque souvent un élément important : la durée du minimum. Celle-ci est aussi un paramètre qui conditionne la mesure de l'instant du début du minimum et la durée d'observation nécessaire.

4 Etudes de quelques étoiles binaires à éclipses

L'interprétation du diagramme O-C est importante pour définir si la cible que vous allez sélectionner est un bon choix.

J'ai retenu quatre exemples pour illustrer les différentes raisons ayant amené à choisir cette binaire à éclipses ainsi que les résultats obtenus :

- CK BOO
- V2612 OPH
- SW LAC
- RV APS

4.1 L'étoile CK BOO

Certaines étoiles font l'objet d'un suivi régulier. C'est le cas, par exemple, de l'étoile CK BOO dont les caractéristiques sont présentées Table 1. Sa magnitude varie entre 8,9 et 9,26 et sa période est particulièrement courte (0,355152 jour). Elle est de type EW ce qui signifie que les deux étoiles sont en contact. Son suivi ne présente pas de difficultés techniques particulières.

Nom	RA	Déc	Mv	Période (jour)	Type
CK BOO	14:35:03.76	09:06:49.4	8.90-9.26	0.355152	EW/RS

Table 1 : Principales caractéristiques de la binaire à éclipses CK BOO

Si on regarde le graphique des O-C de CK BOO (Figure 2), nous voyons que le comportement de ce couple est tout à fait atypique.

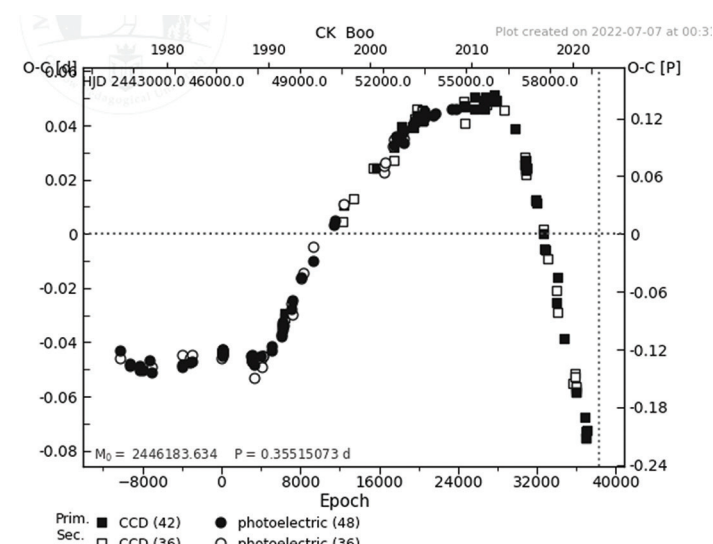


Figure 2. Diagramme des O-C de l'étoile CK BOO [4]

On remarque tout d'abord que les mesures photoélectriques sont tout à fait concordantes avec celles réalisées avec des caméras CCD ou CMOS.

On remarque ensuite que la courbe se décompose en 3 séquences principales :

- 1970 – 1990 : un plateau aux alentours de -0,05 d
- 1990 – 2010 : remontée en arrondi avec un gain de 0,10 d
- 2012 – 2021 : baisse brutale durant près de 10 ans.

A ce stade, nous ne pouvons pas prédire si la tendance va s'inverser ou pas.

La question qui vient tout de suite à l'esprit est donc : que se passe-t-il au sein de ce système ?

Les étoiles étant en contact, une explication plausible est que le transfert de masse déséquilibre le système et peut allonger ou réduire la période.

La figure 3 simule le système CK BOO à un instant donné suivant les données calculées. Celui-ci change au cours du temps et les techniques évoluant aussi, de nouveaux modèles vont certainement apparaître ultérieurement.

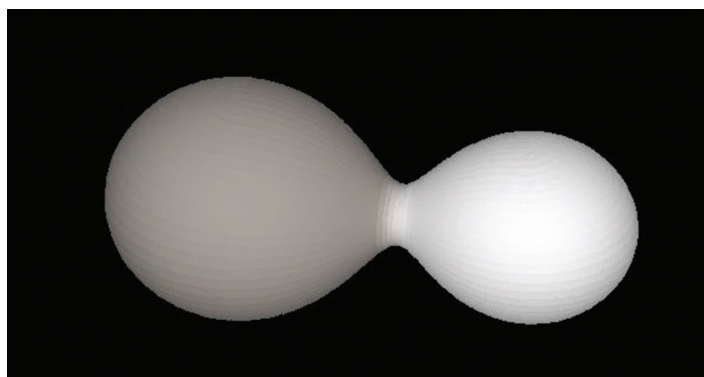


Figure 3. La modélisation du système CK BOO montre bien les deux étoiles en contact [5]

4.2 L'étoile V2612 OPH

La Table 2 présente les caractéristiques de cette étoile qui est, elle aussi, facilement accessible aux amateurs. Sa magnitude varie entre 9,31 et 9,69 en bande V. Sa période est de 0,37 jours. Elle est de type EW.

Elle fait partie de l'amas ouvert NGC 6633. Sa variabilité n'a été découverte qu'en 1958. Elle n'a été considérée comme binaire à éclipses qu'à partir de 2002.

Nom	RA	Déc	Mv	Période (jour)	Type
V2612OPH	18:29:13.02	06:47:13.8	9.31-9.69	0.375308	EW

Table 2. Principales caractéristiques de la binaire à éclipses V2612 OPH

Elle présente un fort intérêt car son diagramme O-C (Figure 4) montre qu'en 20 ans, seulement 51 mesures de minima primaires et secondaires ont été effectuées. De plus, nous pouvons voir que la courbe montre un décrochement entre les années 2012 et 2022.

Aucune mesure n'a été effectuée en 2020. Ceci montre toute l'utilité d'observer ce type d'étoile et de déterminer les instants de minima pour garantir un suivi plus complet.

Sa courbe de lumière (Figure 5) a été obtenue en utilisant du matériel tout à fait accessible aux amateurs : une monture Losmandy GM11 avec une caméra CCD ST7XME munie d'un filtre photométrique V (Johnson) et un téléobjectif de 135mm. Chaque point est espacé d'une minute. La chute de magnitude est facilement visible. La durée totale de l'observation est de 3 heures. L'instant du minimum est facilement mesurable et apporte un point de plus dans la courbe des O-C.

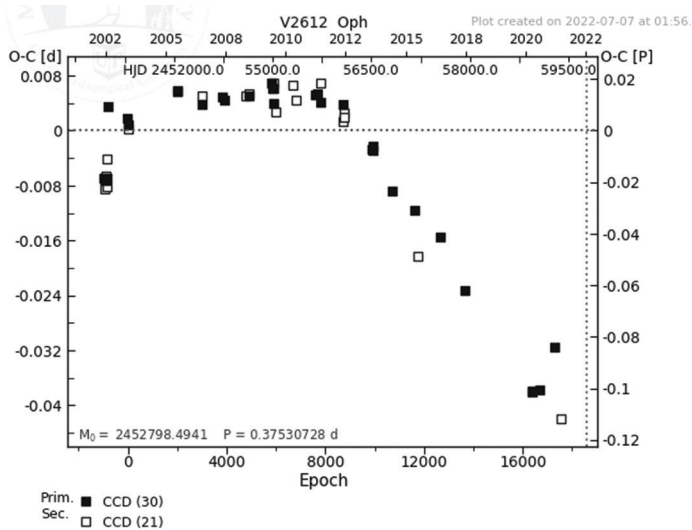


Figure 4. Diagramme des O-C de l'étoile V2612 OPH [6]

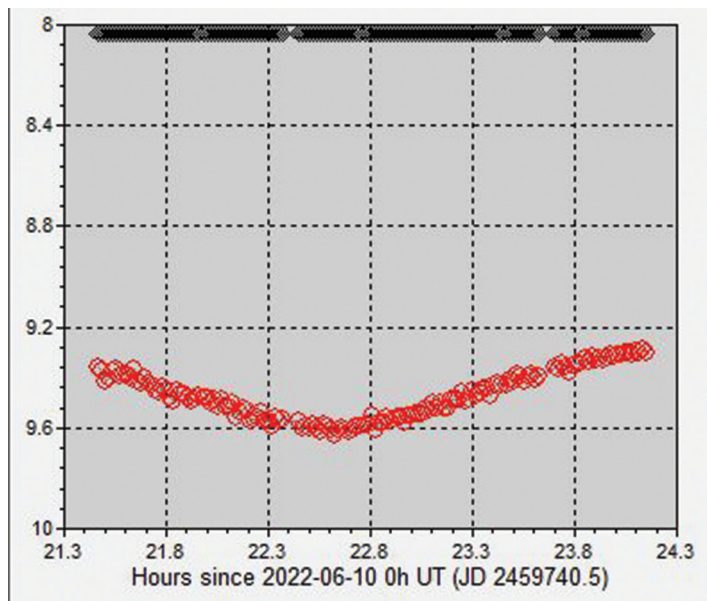


Figure 5. Courbe de lumière de l'étoile V2612 OPH

Dans le cas où la courbe serait complète, en utilisant des filtres photométriques B, V et R la modélisation serait accessible en utilisant des logiciels dédiés.

La figure 6 illustre la modélisation obtenue à parti de données photométriques et spectroscopiques.

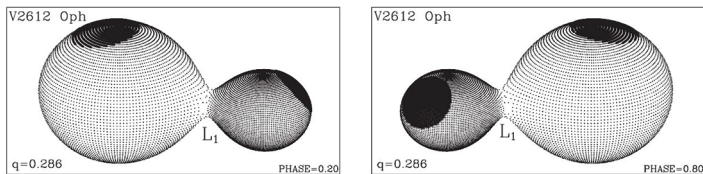


Figure 6. Modélisation 3D de l'étoile V2612 OPH

L'étude de référence reste PHOTOMETRIC ANALYSIS OF OVERCONTACT BINARIES AK HER, HI DRA, V1128 TAU, AND V2612 OPH S. Caliskan et all 2014.

Cette étude date de 2014 et les suivantes s'y réfèrent. A l'époque où elle a été réalisée, les courbes O-C étaient « relativement » stables. Depuis elles ne le sont plus. Voici un intérêt supplémentaire à poursuivre les observations pour comprendre les phénomènes en jeu au sein de ce système.

4.3 L'étoile SW LAC

Jusqu'à présent nous avons vu des courbes O-C qui contenaient au moins partiellement des segments de droites. La courbe de l'étoile SW LAC n'a pas du tout cet aspect.

Cette étoile, dont les caractéristiques sont présentées Table 3, est également facile à suivre car sa magnitude varie entre 8,51 et 9,49 en bande V et sa période est courte (0,32 jours).

Nom	RA	Dec	Mv	Période (jour)	Type
SW LAC	22:53:41.66	37:56:18.6	8.51-9.49	0.3207152	EW/RS

Table 3 : Principales caractéristiques de la binaire à éclipses SW LAC

La courbe des O-C (Figure 7) montre les instants de minimum sur plus de 120 ans et révèle un aspect très irrégulier.

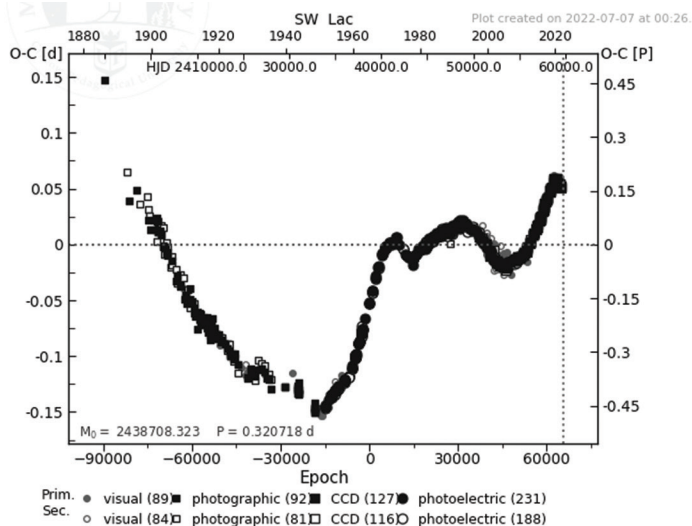


Figure 7. Diagramme des O-C de l'étoile SW LAC [7]

La courbe de lumière (Figure 8) a été obtenue en utilisant le même matériel que la courbe précédente : une monture Losmandy GM11 avec une caméra CCD ST7XME munie d'un filtre photométrique V(Johnson) et un téléobjectif de 135mm. Chaque point est espacé d'une minute.

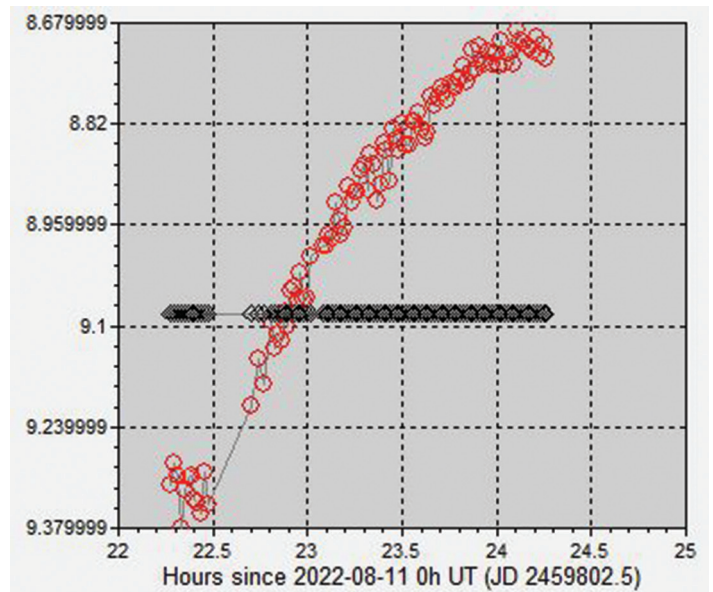


Figure 8. Courbe de lumières de l'étoile SW LAC – 1ère tentative

On constate que le minimum n'est pas bien visible et difficile à déterminer. Ce type de courbe est riche en enseignements car même si les données semblent perdues, elles montrent que le

minimum prévu est erroné donc que la période a changé. Celui-ci a eu lieu bien plus tôt que prévu.

Pour plus de visibilité une seule étoile de comparaison a été affichée. Bien sûr, il est indispensable d'en choisir plusieurs.

Les éphémérides sont présentées figure 9.

```
11-08-2022 21:27 pri 2459803.31108
12-08-2022 01:18 sec 2459803.47145
12-08-2022 05:09 pri 2459803.63181
```

Figure 9. Prévion des minima de SW LAC [7]

Le minimum secondaire était prévu à 1h18 (temps local) mais la courbe obtenue indique un minimum vers 0h30 (temps local).

Une seconde observation a été réalisée et a permis d'obtenir une seconde courbe de lumière (Figure 10), en utilisant le même matériel que l'observation précédente. On note que le début de la courbe est bruité. La courbe de lumière montre bien le maximum et le minimum. Ce dernier est très rapide puisqu'il ne dure que quelques minutes.

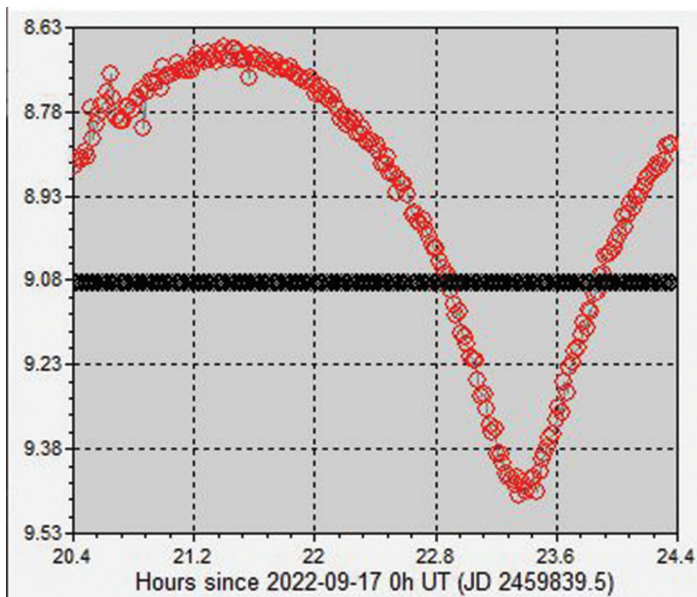


Figure 10. Courbe de lumière de l'étoile SW LAC – 2ème tentative

Les éphémérides de cette seconde observation sont présentées figure 11.

Le minimum primaire était prévu à 02h21 (temps local) mais la courbe indique un minimum vers 01h00 (temps local), soit plus d'une heure d'avance.

```
17-09-2022 18:40 pri 2459840.19450
17-09-2022 22:31 sec 2459840.35487
18-09-2022 02:21 pri 2459840.51523
18-09-2022 06:12 sec 2459840.67559
```

Figure 11. Prévion des minima de SW LAC [7]

4.4 L'étoile RV APS

L'étoile suivante est un bon exemple de ce que nous pouvons fréquemment rencontrer. Entre 1930 et 2010 environ, nous voyons que seulement 3 points de minima ont été obtenus (Figure 12).

Cela est dû à plusieurs facteurs :

- L'étoile est située dans l'hémisphère sud (constellation du Poisson austral),
- La difficulté des observations provient aussi de sa période longue de 34 jours,
- Sa magnitude est seulement de 15 au moment du minimum

et les durées des minima ne sont pas très bien déterminées. Ces 3 facteurs combinés accentuent naturellement les difficultés d'observations.

Ses caractéristiques sont présentées Table 4.

Nom	RA	Dec	Mv	Période (jour)	Type
RV APS	14.24.17.04	-73.17.27.1	10.6-15.2	34,74	EA/DS

Table 4. Principales caractéristiques de la binaire à éclipses RV APS

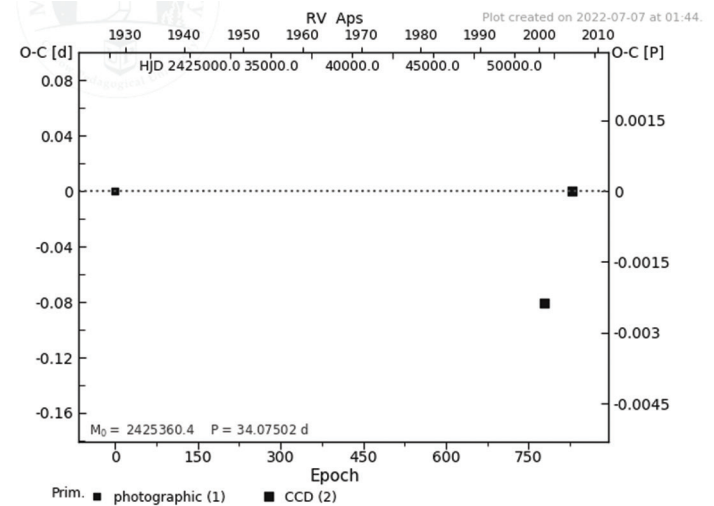


Figure 12. Diagramme des O-C de l'étoile RV APS [8]

Les observations ont été réalisées à partir de différents télescopes situés dans l'hémisphère sud qui sont utilisés "en remote" et dont le temps d'utilisation est partagé entre différents utilisateurs soit pour faire de la photométrie, soit pour faire de l'astrophotographie. Dans ces conditions, il est impossible d'obtenir la totalité de la courbe de lumière pour un minimum donné. La courbe de lumière obtenue est présentée figure 13.

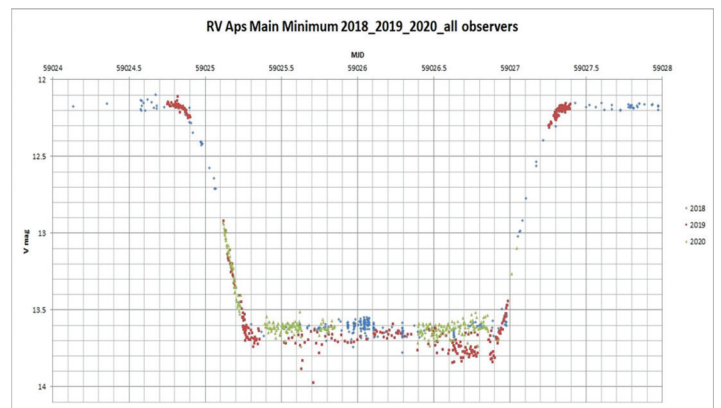


Figure 13. Courbe de lumière composite partielle de l'étoile RV APS [10]

Il serait préférable d'organiser une campagne internationale de différents amateurs situés dans l'hémisphère sud. Cela permettrait de disposer d'un suivi en continu de cette étoile afin de lever toutes ambiguïtés sur les mesures obtenues.

Le second problème auquel nous avons été confrontés est que les filtres utilisés ne sont pas les mêmes d'un instrument à l'autre. Nous pouvons obtenir des mesures présentant des petits écarts de magnitude.

Sur ce dernier point, et en utilisant des télescopes totalement contrôlés, nous pouvons envisager d'uniformiser les mesures en utilisant les coefficients de transformations.

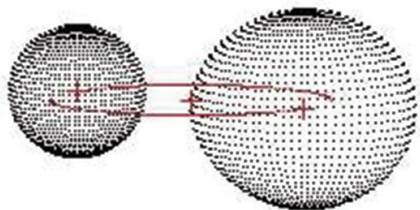
Il s'agit de transformer les mesures obtenues en utilisant deux filtres photométriques en mesures standard utilisables par tout

le monde, ce qui permet d'uniformiser les résultats quel que soit l'instrument, son capteur ou les filtres associés.

Pour plus d'informations, vous pouvez vous référer au chapitre 6 du guide de photométrie CCD de l'AAVSO [9].

Avec André Debackère, lui aussi membre de la commission des étoiles doubles de la SAF, nous avons observé et étudié cette étoile durant plus d'un an. Les résultats de cette campagne d'observation ont été publiés en décembre 2020 [10].

La figure 14 présente une modélisation 3D réalisée avec le logiciel Binary Maker 3 à partir des paramètres publiés à l'issue de cette campagne d'observations.



0.150

Figure 14. Modélisation 3D de l'étoile RV APS

4.5 Envoi des données

Après avoir obtenu chaque jeu de données sur la cible choisie, il est impératif de les publier pour les mettre à disposition de la communauté scientifique.

La méthode de publication est exposée sur le site de l'AAVSO [11]. Un support peut être obtenu en utilisant cet email : aavsoebllegacy@gmail.com.

5 Remerciements

Je tiens à remercier ici :

- Daniel BONNEAU – astronome émérite de l'OCA (Observatoire de la Côte d'Azur) et membre de la commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France pour son aide précieuse concernant la documentation sur l'étoile V2612 OPH,
- Jean-Bruno DESROSIERES pour la relecture de l'article et ses conseils avisés.

6 Conclusion

Maintenant vous avez tous les outils en main pour obtenir vos premières courbes de lumières. Chaque mesure est utile et permet de progresser dans la connaissance des binaires à éclipses grâce à un suivi régulier de ces systèmes dont beaucoup ne sont pas encore bien connus.

Bons ciels et bonnes observations !

Ressources :

Sites internet

- AAVSO - section des binaires à éclipses : <https://www.aavso.org/aavso-eclipsing-binaries-section/>
- Commission des Etoiles Doubles - SAF : <https://ced.saf-astronomie.fr/>
- GEOS – Groupement Européen d'Observations Stellaires : <http://rr-lyr.irap.omp.eu/>

Logiciels

- Muniwin : <http://c-munipack.sourceforge.net/>
- AstroimageJ : <https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/>
- Stellarium : <https://stellarium.org/fr/>
- C2A : <http://astrosurf.com/c2a/>
- Guide 9 : <https://www.projectpluto.com/>

Livres

Voici quelques titres qui ne traitent que de façon partielle des binaires à éclipses mais qui vous seront d'une aide précieuse :

- Astronomie et Astrophysique (5ème édition) – Agnès ACKER – Ed Dunod (2019)
- Etoiles et matières interstellaires – Collectif James LEQUEUX – Ed Ellipses (2008)
- Ce que disent les étoiles – Danielle BRIOT et Noël ROBICHON – Ed Belin (2013)

Mes publications (extrait)

- Double Star Astrometry – How to measure the minima of Eclipsing Binaries – some tips - Collectif WEISE GENET WALLEEN – Ed Collins Foundation Press (2015)
- Observing and measuring visual double stars How to measure the minima of Eclipsing Binaries – an amateurs's experiences – Collectif R.W. ARGYLE Ed Springer (2012)



Références

[1] Article « L'OBSERVATION DES ÉTOILES DE TYPES BINAIRES À ÉCLIPSES - ASPECTS THÉORIQUES » - Revue Etoiles Doubles n°1 – Décembre 2020 - <https://etoiledoubles.org/revue/ED-2020-01/ED-2020-01-Corp.pdf>

[2] Article « L'OBSERVATION DES ÉTOILES DE TYPES BINAIRES À ÉCLIPSES - ASPECTS PRATIQUES » - Revue Etoiles Doubles n°3 – Décembre 2021 - <https://etoiledoubles.org/revue/ED-2021-03/ED-2021-03-CORP.pdf>

[3] <http://www.as.up.krakow.pl/ephem>

[4] <https://www.as.up.krakow.pl/minicalc/BOOCK.HTM>

[5] <https://www.physics.sfasu.edu/astro/binstar/ckboo.html>

[6] <https://www.as.up.krakow.pl/minicalc/OPHV2612.HTM>

[7] <https://www.as.up.krakow.pl/minicalc/LACSW.HTM>

[8] <https://www.as.up.krakow.pl/minicalc/APSRV.HTM>

[9] https://www.aavso.org/sites/default/files/publications_files/ccd_photometry_guide/CCDPhotometryGuide-French/chapitre_6.pdf

[10] RV Aps : A very interesting but poorly studied Eclipsing Binary System – André Debackere et al page 42 - <https://britastro.org/vss/VSSC186.pdf>

[11] <https://www.aavso.org/reporting>



Laurent CORP

J'habite à Rodez et je pratique l'astronomie depuis l'âge de 13 ans. Voir les sondes Viking se posant sur la planète Mars fut une "révélation". Je pratique l'observation des étoiles variables depuis de nombreuses années et suis membre de l'AAVSO (commission "Binaires à Eclipses") ainsi que d'autres groupes tel que le GEOS ou la commission des étoiles doubles de la SAF. J'envoie mes mesures à diverses associations, instituts ou professionnels avec qui je collabore et j'ai écrit quelques chapitres dans des livres ou revues spécialisés