



Deux Commissions de la SAF étudient les étoiles doubles à l'Observatoire de Saint-Véran

Maxence BAYLET¹⁻³, Jean-François COLIAC¹, Batiste DELAVEAU¹⁻³,
Augustin LAOUISSET¹⁻³, Anica LEKIC¹⁻³, Gabriel MALCHIRAND¹⁻²,
Thibaut PORTE¹⁻³, Liv SIVET¹⁻², Serge VASSEUR¹, Patrick WULLAERT¹

1. Commission des étoiles doubles de la Société astronomique de France

2. Commission Jeunes de la Société astronomique de France - 3. IPSA-VEGA



Des membres des Commissions Jeunes et des étoiles doubles de la SAF ont étudié des binaires lors d'une mission à l'Observatoire de Saint-Véran. Compte rendu d'une belle moisson de données encore à exploiter, d'observations comparées à celles des professionnels et la mise en évidence des évolutions physiques d'une binaire.

Vue d'artiste illustrant un système double, dont les deux étoiles massives sont en contact et partagent leur matière.
(ESO/L. Calçada)

Le 29 octobre 2022, nous effectuons les dernières courses à Embrun. Les coffres de nos trois voitures sont maintenant remplis de nourritures, de valises et de sacs à dos. Car nous partons pour une mission d'une semaine, du 30 octobre au 5 novembre 2022, à l'Observatoire de Saint-Véran (voir encadré ci-dessous) en complète autonomie. En effet, à 2 936 mètres d'altitude, reliés au reste du monde par un chemin de montagne de huit kilomètres, il ne faudra pas compter redescendre au village s'il manque quelque chose sur place. Arrivés au village de Saint-Véran, nous faisons la connaissance de Sébastien qui sera à la fois le responsable de l'observatoire, notre guide de montagne et notre technicien coupole.

Après avoir déposé toutes les provisions et affaires personnelles dans le 4x4 de Sébastien, notre équipe se sépare : une partie fera l'ascension en 4x4 et l'autre à pied, avec chaussures de marche et bâtons de randonnée. Trois heures de marche en perspective, heureusement la météo est avec nous et le terrain est sec donc facilement praticable.

Notre équipe comporte 10 personnes, membres de la Commission des étoiles doubles et de la Commission Jeunes de la SAF. Nous venons avec un objectif commun : observer des étoiles doubles, effectuer des mesures de position ou de luminosité pour essayer de faire avancer la connaissance de ces astres très particuliers. On appelle étoile double, un couple d'étoiles qui semblent très proches l'une de

l'autre. Dans certains cas, la proximité n'est qu'apparente, due au hasard de l'alignement de deux étoiles avec l'observateur. Quand la proximité est réelle, alors les étoiles peuvent interagir entre elles, par gravitation ou, pour les couples très serrés, par échange de matière entre les composantes. Les couples qui sont en interaction physique sont les plus intéressants à étudier, on les appelle étoiles binaires. Ce sont des astres évolutifs qui peuvent apporter de nombreux enseignements aux scientifiques. De nombreuses étoiles binaires sont accessibles aux amateurs. Comme dans notre galaxie environ une étoile sur deux est une binaire et que les astronomes professionnels ne peuvent pas toutes les suivre, il y a de la place pour les amateurs, et les collaborations Pro-Am.

L'OBSERVATOIRE DE SAINT-VÉRAN

La commune de Saint-Véran, située au cœur du Queyras dans les Hautes-Alpes à 2 042 mètres d'altitude, revendique le titre de la plus haute commune d'Europe. L'Observatoire est installé à près de 3 000 mètres d'altitude, au Pic de Châteaurenard, à proximité de son sommet.

Le site est identifié dès la fin des années 1960 par les astronomes pour y installer un télescope de 5 mètres de diamètre. L'Institut National d'Astronomie et de Géophysique est chargé de la coordination du projet. Des publicités touristiques annoncent que la région bénéficie de 300 jours de soleil par an et de fait, les relevés météorologiques confirment que le site présente d'excellentes conditions d'observation. Des travaux de terrassement

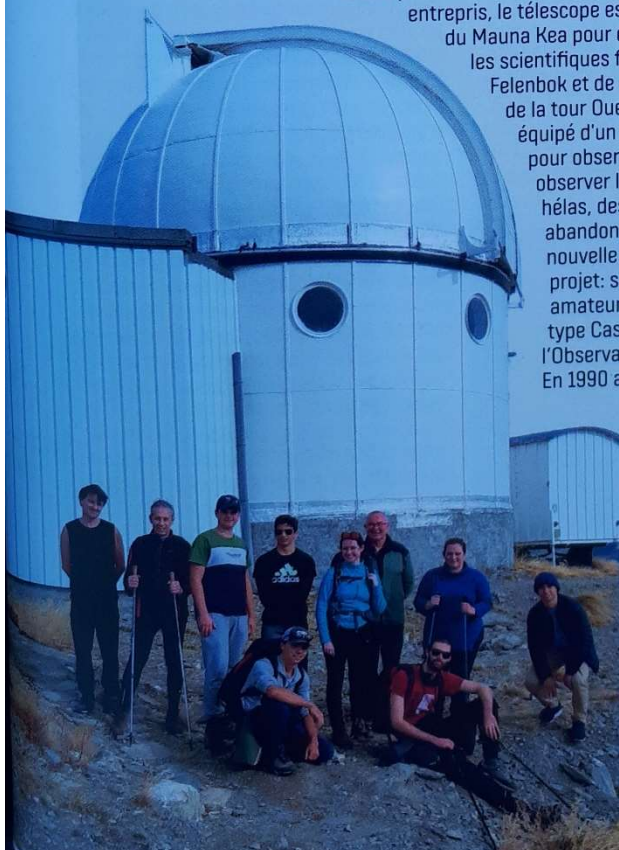
entrepris, le télescope est construit, mais finalement, il sera installé à Hawaï au sommet du Mauna Kea pour équiper le site du Canada France Hawaï Telescope. Pour autant, les scientifiques français n'abandonnent pas le site, sous l'impulsion de Paul Felenbok et de Bernard Fort, l'Observatoire de Paris consent à céder la coupole

de la tour Ouest du bâtiment Perrault. L'Observatoire de Saint-Véran est alors équipé d'un coronographe et du spectromètre qui avait servi en Mauritanie pour observer l'éclipse de Soleil de 1973. Les scientifiques ont ainsi pu observer la polarisation des raies coronales du Soleil de 1974 à 1982. Puis, hélas, des arbitrages entre programmes de recherche ont conduit à abandonner le site. À partir de 1989, l'observatoire va pourtant trouver une nouvelle vocation sous grâce à l'action de Paul Felenbok. Son nouveau projet: sauver la station en la mettant à disposition des astronomes amateurs. Pour cela, la coupole historique fut équipée d'un télescope de type Cassegrain de diamètre 62 cm qui avait été préalablement prêté à l'Observatoire de Grenade (Espagne) par l'Observatoire de Haute-Provence. En 1990 a lieu la première mission d'un groupe d'astronomes amateurs.

Ensuite, deux coupoles supplémentaires sont bâties, la première en 2005, la seconde en 2015 pour abriter chacune un télescope Ritchey-Chrétien de 50 cm de diamètre. En 2015, la base vie est reconstruite et agrandie pour offrir davantage de confort et accueillir le public. L'Observatoire de Saint-Véran est exploité par l'Association AstroQueyras qui a été créée à cette fin. Les équipements scientifiques d'AstroQueyras sont mis à la disposition de groupes d'astronomes amateurs qui doivent formuler leur demande auprès du comité des programmes. Chaque mission dure une semaine, chaque groupe se voit

affecter un ou plusieurs télescopes en fonction de la demande. Les modalités d'inscription sont décrites sur le site internet d'AstroQueyras : www.astroqueyras.com

Notre équipe devant la coupole du T620.
(Sébastien Brouillard)





Les catégories d'étoiles doubles

Elles sont définies en fonction de la méthode employée pour les observer. Par conséquent, une étoile double peut appartenir à plusieurs catégories s'il est possible de l'observer par plusieurs méthodes. Les étoiles doubles visuelles sont les seules où il est possible de voir sur une image l'étoile principale et la secondaire. Les autres méthodes permettent de détecter la présence d'une étoile compagne, même si les deux étoiles sont confondues dans une même tache, c'est-à-dire qu'on ne peut les séparer optiquement.

Pour notre mission à l'Observatoire de Saint-Véran, nous avons choisi deux méthodes d'observation :

- l'imagerie directe avec le télescope Cassegrain de 62 cm pour observer des étoiles doubles visuelles ;
- la photométrie avec les deux télescopes Ritchey-Chrétien de 50 cm pour observer des binaires à éclipses et des binaires symbiotiques.

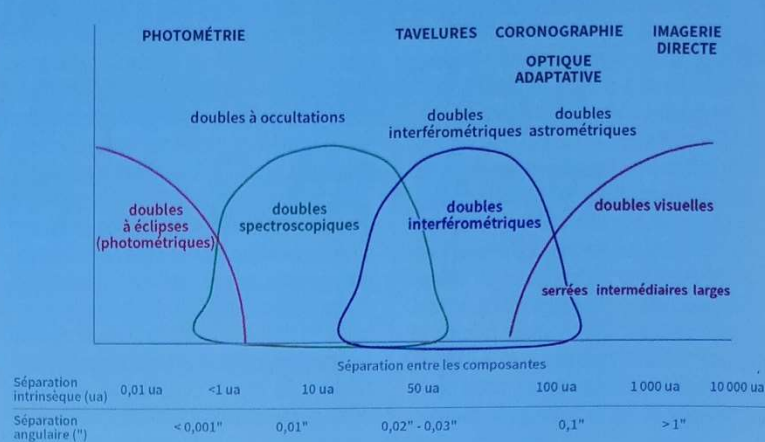
Les orbites des étoiles doubles

En observant plusieurs fois les étoiles doubles au fil du temps, il est possible de suivre leurs déplacements, c'est ainsi que sont déterminées leurs trajectoires apparentes. Les professionnels comme les amateurs peuvent contribuer à ces relevés, en relevant la position de l'étoile secondaire par rapport à l'étoile principale qu'on appelle étoile primaire. Les résultats, accompagnés des dates des observations et de précisions sur le matériel et les méthodes utilisés sont à transmettre à l'USNO (United States Naval Observatory) via une publication spécialisée. L'USNO est chargé par l'UAI (Union Astronomique Internationale) de rassembler l'ensemble des mesures dans le catalogue WDS (Washington Double Star catalog) afin de les mettre à disposition de la communauté des astronomes. Le catalogue est en libre accès par internet [1] ; mais comme son utilisation est un peu délicate pour les non habitués, il est plus facile pour accéder aux informations, de passer par le site WDSTOOL développé par David Chiron [2].

C'est à partir des observations que sont calculées les orbites des étoiles doubles. Cette opération est essentielle pour l'astrophysique, car ce sont les paramètres des orbites des étoiles doubles qui permettent de connaître la masse des étoiles en utilisant la 3e loi de Kepler adaptée aux étoiles doubles :

$$M1 + M2 = a^3 / (\pi^3 \cdot P^2)$$

où M1 et M2 désignent les masses respectives de l'étoile primaire et de l'étoile secondaire ex-



2. Les principales catégories d'étoiles doubles définies selon leur méthode d'observation.

Elles sont classées depuis les plus serrées (à gauche) jusqu'aux plus larges (à droite). En bas du graphique, sont mentionnés les ordres de grandeur des séparations accessibles pour chaque méthode : séparations intrinsèques (ou distances entre les composantes) en unités astronomiques, séparations angulaires perçues par l'observateur en secondes de degré. (DR)

primées en masses solaires ; a est le demi-grand axe de l'orbite apparente en secondes de degré ; π est la parallaxe du couple en secondes de degré et P la période en années.

Malheureusement, seules quelques centaines de couples visuels ont fait l'objet d'un calcul d'orbite suffisamment fiable pour déterminer la masse de leurs composants.

Autre difficulté, il n'est pas rare qu'une orbite soit calculée pour un couple donné, puis que par la suite, on s'aperçoive que l'étoile secondaire emprunte une trajectoire tout à fait différente. Bien évidemment, le phénomène n'est pas réel, l'étoile secondaire n'a pas changé d'orbite. L'explication est à chercher dans le manque de précision des mesures et sur le fait que les orbites sont plus ou moins inclinées sur le plan du ciel, inclinaison qu'il n'est pas possible de percevoir directement et qui peut induire en erreur. Par exemple, une orbite circulaire vue « de biais » va nous apparaître allongée et peut être confondue avec une orbite excentrique.

En conclusion, il est utile d'observer les étoiles doubles et de les observer encore pour donner aux calculateurs d'orbites des relevés de position suffisamment nombreux et sur de longues plages temporelles, de manière à ajuster les orbites existantes ou d'en établir de nouvelles.

Observation d'étoiles doubles visuelles

Nous avons établi un programme d'observation comportant :

- des couples orbitaux pour lesquelles les cal-

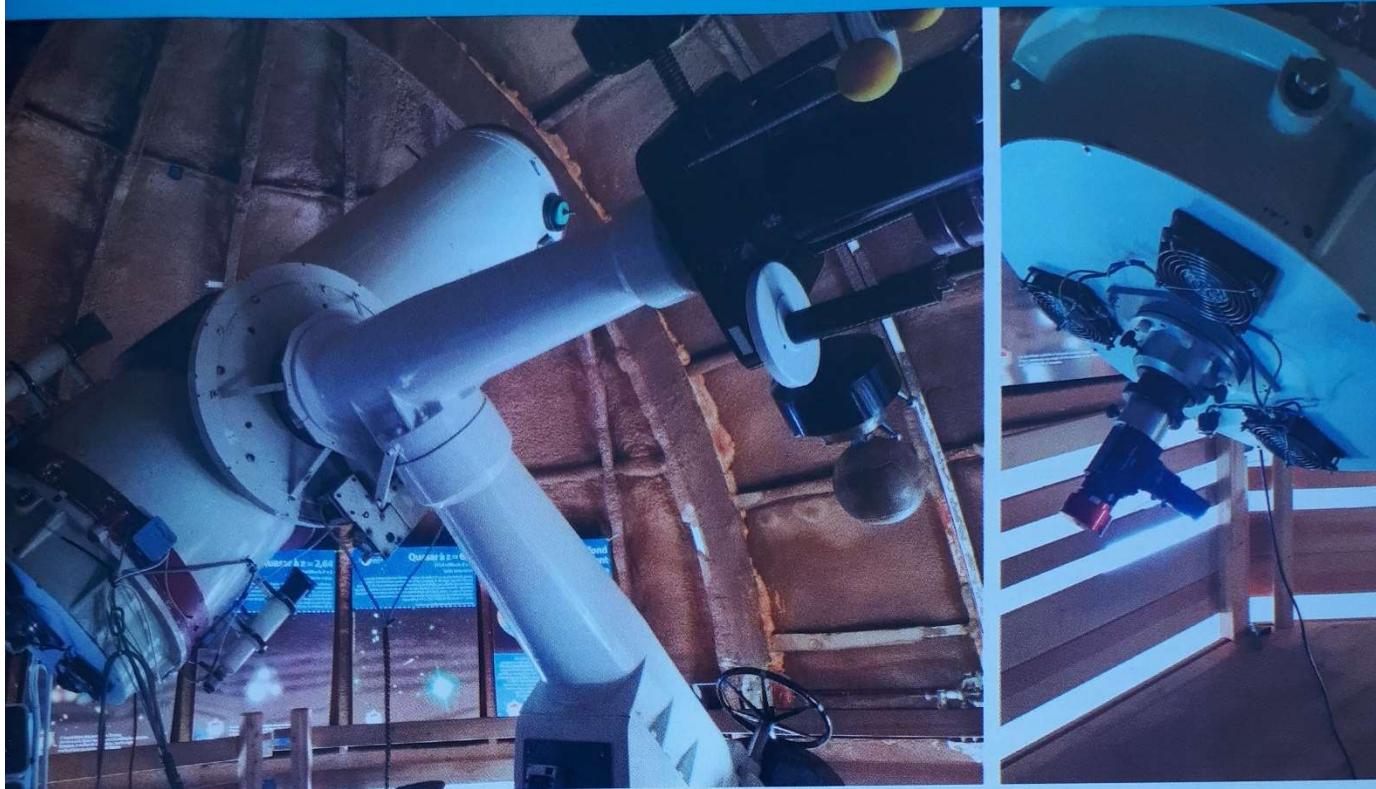
culs d'orbite sont classés par l'USNO comme non encore fiabilisés ;

- des couples qui n'ont pas fait pas l'objet de calcul d'orbite, mais dont les positions mesurées par Gaia nous font penser qu'ils sont suffisamment proches pour orbiter.

L'USNO a défini des indices de qualité des orbites, appelés « grades », classés de 1 pour les orbites les plus fiables à 5 pour les plus douteuses [3]. Nous avons retenu des orbites de classe 3 à 5.

Pour les positions des étoiles, nous avons utilisé les données du catalogue Gaia EDR3, en sélectionnant des couples à moins de 50 parsecs du Système solaire dont les deux composantes ont des parallaxes de valeurs voisines et des magnitudes en bande G inférieures à 17. L'acquisition des données Gaia a été effectuée avec l'outil Vizier du Centre de Données Stellaires de Strasbourg (CDS) [4].

Nous avons utilisé le télescope de 620 mm de diamètre et de 9 mètres de focale ($F/D = 15$) qui est doté d'un miroir primaire en vitrocéramique Zerodur. La monture équatoriale allemande est pilotée depuis un PC situé dans la salle de commande jouxtant la coupole. Les coordonnées équatoriales de la cible sont saisies sur ce PC et le pointage est ensuite ajusté au moyen d'une raquette de commande située à proximité du télescope avec l'œil à l'oculaire de l'un des deux chercheurs. Nous avons utilisé une caméra ZWO ASI 178MM avec des photosites de $2,4 \mu\text{m}$ et placée au foyer du télescope. Comme le champ fourni par la caméra est très étroit ($2' \times 3'$), nous avons interposé un



3. À gauche, le télescope Cassegrain de 62 cm. À droite, La caméra placée au foyer du télescope est fixée sur le miroir basculant.

miroir basculant équipé d'un oculaire de 25 mm qui nous a donné un champ plus large de 8' de diamètre, utile pour le pointage des cibles.

Pour mesurer une étoile double visuelle, on relève deux paramètres :

- la distance angulaire ρ entre les composantes ;
- l'angle θ que forme l'axe qui rejoint les deux étoiles avec le nord céleste.

Les relevés sont faits à partir des images numériques à l'aide du logiciel spécialisé REDUC développé par Florent Losse [5]. Il faut préalablement connaître la position du nord céleste et la mesure précise de l'échantillonnage (c'est-à-dire la taille du pixel en secondes de degré). C'est ce qu'on appelle « étalonner une image ». Pour cela il y a quatre méthodes :

- 1 : utiliser des couples étalons dont les mesures sont connues avec précision, la Commission des étoiles doubles propose sur son site une liste de couples étalons [6] ;
- 2 : faire une résolution astrométrique de l'image avec un logiciel spécialisé ;
- 3 : pointer avec REDUC des étoiles dont on connaît les coordonnées avec précision puis déterminer la direction du nord céleste et l'échantillonnage par le calcul ;
- 4 : arrêter le moteur de suivi en ascension droite, la dérive de l'étoile donnera la direction de l'ouest céleste.

Pour notre part, dans le cadre de cette mission, nous avons essentiellement utilisé la troisième méthode à partir des mesures du catalogue Gaia EDR3. Quand il n'y avait pas suffisamment d'étoiles dans le champ pour utiliser la méthode 3, nous avons opté pour la méthode 4.



4. Principe de mesure d'une étoile double.

L'angle de position θ est exprimé en degrés décimaux, la référence est le nord céleste. La séparation angulaire est exprimée en secondes de degrés. Dans cet exemple avec le couple ϵ Mon (epsilon Licorne), les mesures sont : $\theta = 29,9^\circ$ et $\rho = 12,15''$.

Mesure du couple ϵ^1 Lyrae

Ce couple, au nom de code STF 2382 AB, est très connu des amateurs, car il fait partie de l'ensemble dit « double double de la Lyre » qui regroupe ϵ^1 Lyrae et ϵ^2 Lyrae. Ces deux couples sont orbitaux et bien qu'ils soient suivis depuis plus de deux siècles, les orbites sont classées en grade 4 par l'USNO. Particularité pour ϵ^1 Lyrae : deux orbites de grade 4 figurent au catalogue de l'USNO : l'une calculée par Masson et al. [7], l'autre par Docobo et al. [8]. Elles sont donc considérées comme équiprobables par l'USNO.

Ces deux orbites se différencient par leur période, demi-grand axe ou excentricité. Notre mesure penche très nettement en faveur de celle de Docobo et al. (voir tableau 1).

Sur la figure 5, on voit que notre mesure colle bien avec l'orbite de Docobo et al. et décroche nettement de celle de Masson et al. Les précédentes mesures archivées au WDS laissaient également dessiner cette tendance.

Si notre mesure est bonne, l'information serait importante, car alors le couple ϵ^1 Lyrae va s'approcher du périastre et accélérer fortement sa vitesse de révolution en vertu de la deuxième loi de Kepler (la loi des aires). Cette configuration dans les prochaines années sera idéale pour améliorer la précision de l'orbite et donc notre connaissance des masses de ces deux étoiles en couple.



	Masson <i>et al.</i>	Docobo <i>et al.</i>
Période (P)	1725 ans	2802,8 ans
Périastre (T)	année 190	année 2051,49
Demi-grand axe(a)	4,17''	14,237''
Excentricité (e)	0,243	0,953
Inclinaison (i)	118,6°	102,2°
Longitude du périastre (ω)	198°	258,8°
Nœud (Ω)	198°	149,6°
Grade	4	4
θ calculé pour 2022,843	343,4°	343,0°
ρ calculé pour 2022,843	2,281''	2,116''
Écart entre notre mesure et le calcul en q	-1,1°	-0,7°
Écart entre notre mesure et le calcul en p	-0,151''	0,014''

Tableau 1. Les deux orbites publiées pour STF 2382 AB et comparaison avec notre mesure.

La binaire à éclipses V811 Cep

La découverte de la binarité de V811 Cep est récente. C'est en 2007 que les astronomes l'ont déclarée comme binaire à éclipses de type EW, c'est-à-dire que les deux étoiles sont en contact et partagent une enveloppe commune (voir encadré page ci-contre). La première analyse photométrique date de 2021, réalisée par Xiang Gao *et al.* [9] à partir d'observations faites en 2018.

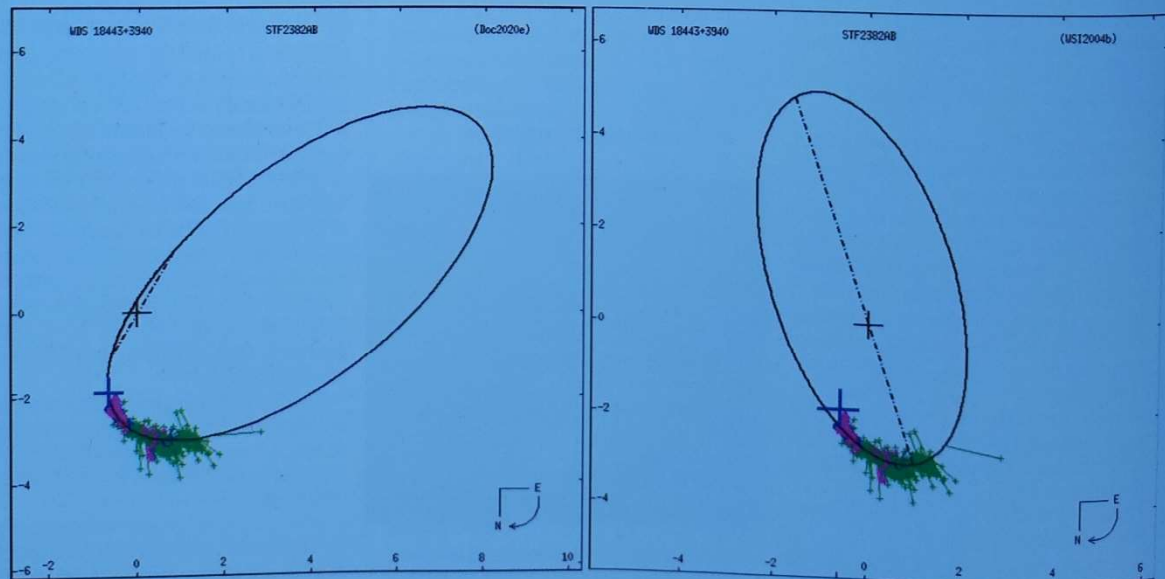
Elle a permis de connaître de nombreux paramètres physiques sur ces deux étoiles, notamment leur masse, leur rayon et leur température. Nous avons choisi d'observer cette binaire en raison de sa période orbitale courte qui permet de mesurer un cycle complet en une seule nuit.

Pour cela, nous avons utilisé le télescope T500 (fig. 6), directement accessible depuis le bâtiment principal, équipé du filtre de couleur verte utilisé en imagerie. L'acquisition a duré 6 h 43 min couvrant la période de 0,250764 jour. 190 images ont été acquises en binning 2x2, pleine trame

avec 120 secondes de pose pour chacune. L'échantillonnage est de 0,89''/pixel et le champ est de 30''x30''. Nous avons pris les flats lors des périodes crépusculaires et les darks et offsets au moyen d'un obturateur placé sur la caméra.

Nous avons construit la courbe de lumière en utilisant la technique de la photométrie différentielle avec le logiciel MUNIWIN [10]. Nos étoiles de comparaison sont celles portant les repères 159 et 156 sur la carte de l'AAVSO (figures 7 et 8), l'étoile de contrôle est celle portant le repère 153. La FWHM moyenne obtenue est d'environ 2,4 pixels, soit 2,1''. Nous avons réglé le diamètre du cercle de mesure à 6 pixels pour correspondre entre 2,5 et 3 fois la FWHM. Le logiciel MUNIWIN, après prise en compte des corrections des masses d'air, nous a fourni la courbe de lumière. L'incertitude moyenne obtenue est en moyenne de 0,008 magnitude pour un rapport signal sur bruit d'environ 110 sur l'ensemble des images. Nous retraitons la courbe de lumière avec le logiciel VSTAR [11] pour construire le diagramme de phase (figure 9). Il s'agit d'un ajustement de la courbe de lumière initiale pour la centrer sur la phase 0 et présenter deux cycles complets.

Nous voyons que le minimum secondaire montre une zone plutôt plate, l'éclipse observée est donc totale, l'étoile la plus grosse cachant entièrement l'étoile la plus petite pendant environ 27 minutes. Les deux maximums de la courbe de lumière correspondent aux instants où les deux étoiles sont complètement apparentes. Elles pré-



5. Orbites prévisionnelles de STF 2382 AB. L'étoile principale est symbolisée par une croix noire, les mesures de position de l'étoile secondaire, archivées dans le WDS catalog, sont représentées par des marques vertes ou violettes et l'orbite prévue au T620 est symbolisée par une croix bleue. La prévision de Docobo est à gauche, celle de Masson à droite. La mesure la plus ancienne date de 1777. (D'après le catalogue Orb6 de l'USNO)

LES BINAIRES À ÉCLIPSES

Le plan orbital des deux étoiles constituant une binaire à éclipse se trouve proche de la ligne de visée de l'observateur. Ainsi, elles s'éclipsent mutuellement de façon périodique, produisant une variabilité.

Les binaires à éclipses sont généralement classées en trois types suivant la morphologie de leurs courbes de lumières :

- EA ou « détaché ». Chaque composante est contenue à l'intérieur de son lobe de Roche. Sur la séquence principale, les étoiles ont généralement peu d'impact sur l'évolution de leur compagnon.
- EB ou « semi-détaché ». Une des composantes remplit son lobe de Roche et l'autre non. Le gaz à la surface du lobe de Roche de la composante « donneuse » est transféré à l'autre étoile.
- EW ou « binaire à contact ». Chaque composante remplit son lobe de Roche. La partie supérieure des atmosphères stellaires forme une enveloppe commune autour des deux étoiles, avec un échange de matière entre les deux astres.

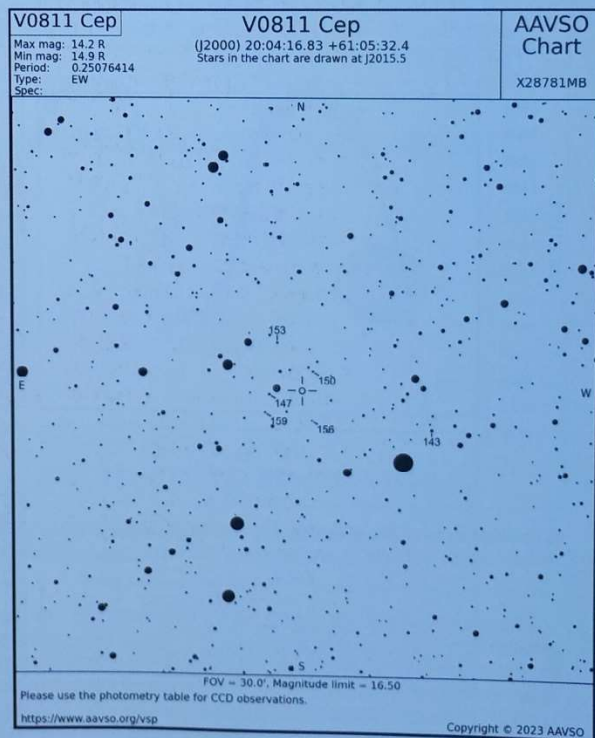
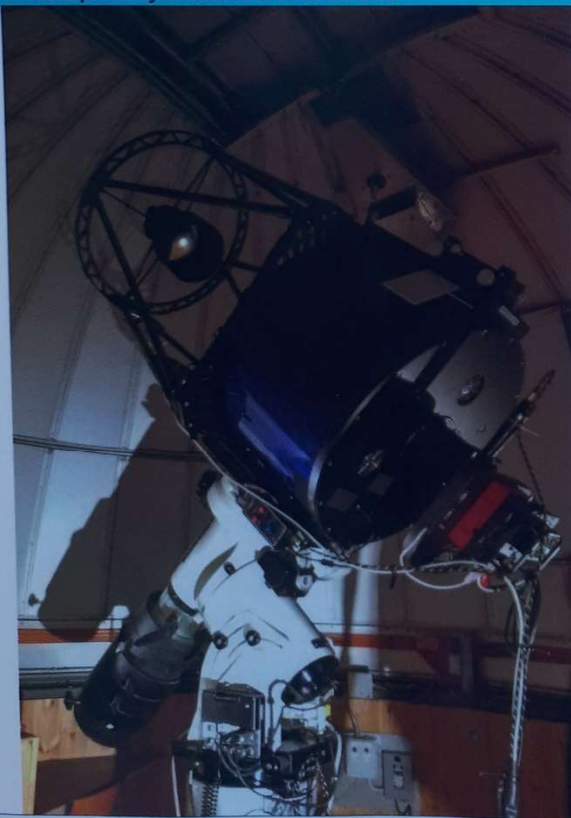
Les binaires de type EW sont les plus fréquentes. Elles présentent une période orbitale, très courte, inférieure à une journée. La plupart des EW montrent des variations continues de luminosité et dessinent des courbes de lumière asymétriques.

sentent un écart en magnitude, ce qui est relativement courant pour les binaires à éclipses, ce phénomène est appelé « effet O'Connell ». Xiang Gao et al. l'a également observé et l'a attribué à la présence d'un point chaud sur une des faces du composant le moins massif.

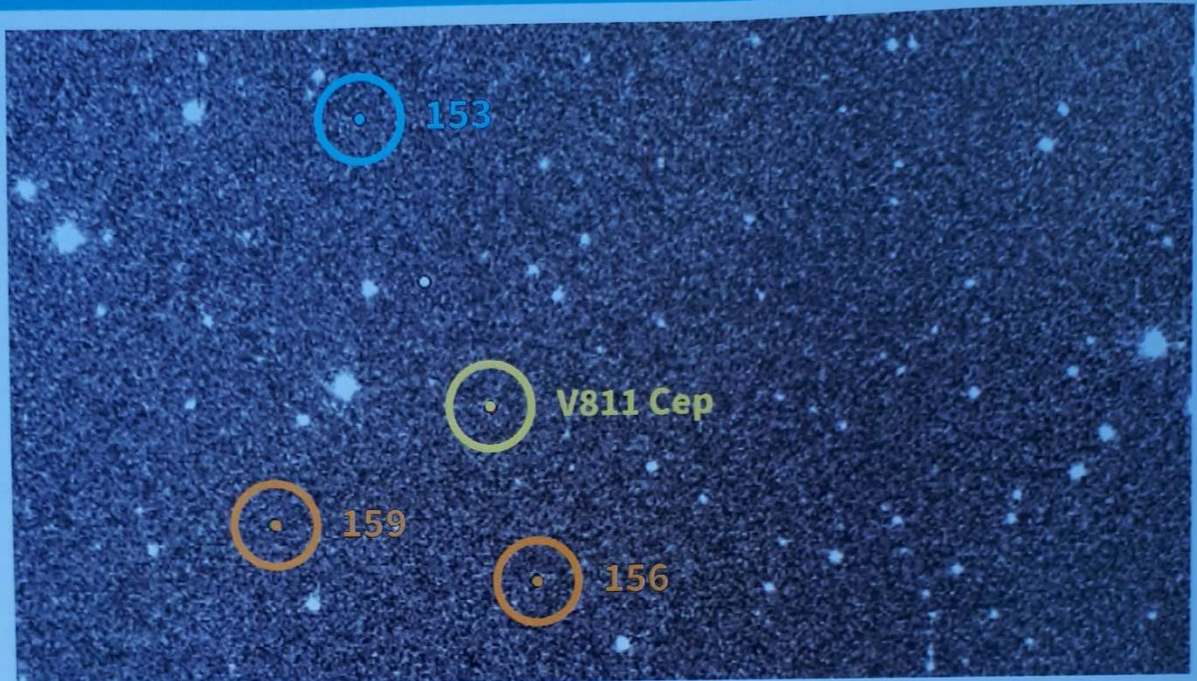
Dans l'ensemble, notre courbe de lumière ressemble à celle observée quatre ans auparavant par l'équipe de Xiang Gao, mais il y a des petites différences. C'est ce que nous allons étudier dans l'étape suivante : la simulation.

Le logiciel BINARY MAKER 3 a été utilisé pour simuler le système binaire et déterminer de nouvelles valeurs de paramètres physiques. Cette méthode permet de mettre en évidence une éventuelle évolution dans le temps du système. Dans un premier temps, nous introduisons dans le logiciel la courbe de phase issue de nos observations et les valeurs physiques déterminées par Xiang Gao et al. Le logiciel simule le système à partir des valeurs physiques puis calcule une courbe de lumière qu'il compare avec la nôtre. Il calcule la somme des résidus, c'est-à-dire la somme des écarts de flux entre la courbe issue de nos observations et celle provenant du calcul. La somme des résidus initiale est de 0,62, nombre sans dimension qui va nous permettre de comparer les modèles (figure 10). Dans un deuxième temps, nous ajustons les paramètres physiques pour minimiser ces résidus. Après différentes itérations, nous obtenons une somme finale des résidus de 0,09 (figure 11), soit une division par un facteur 7.

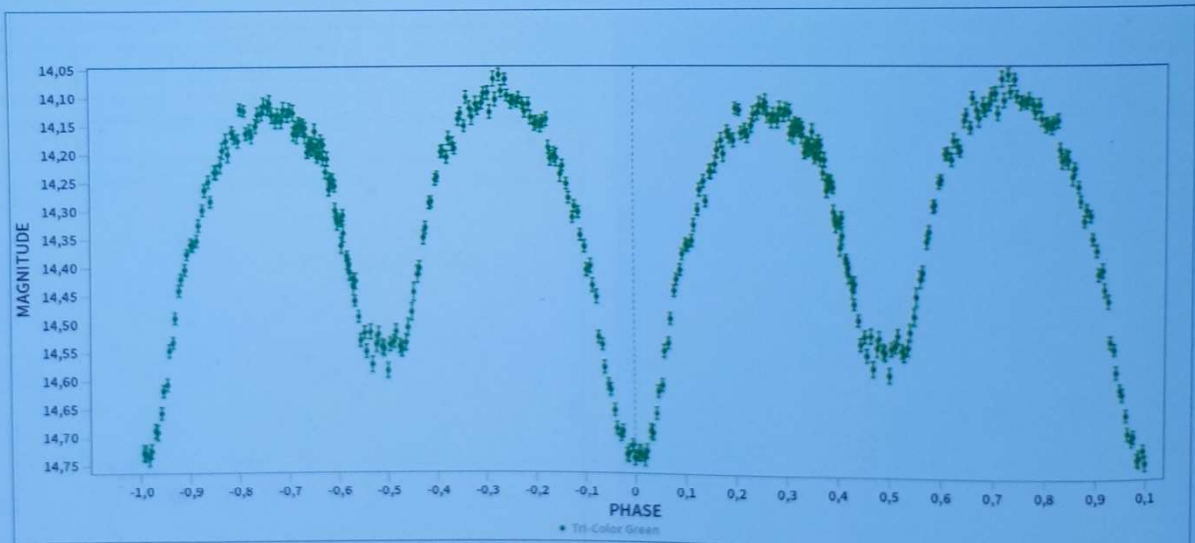
6. Télescope Ritchey-Chrétien de 50 cm de diamètre.



7. Carte de champ de l'American Association of Variable Star Observers. AAVSO



8. Champ d'observation de V811 Cep. V811 Cep est repérée en jaune, les étoiles de comparaison en orange et l'étoile de contrôle en bleu.

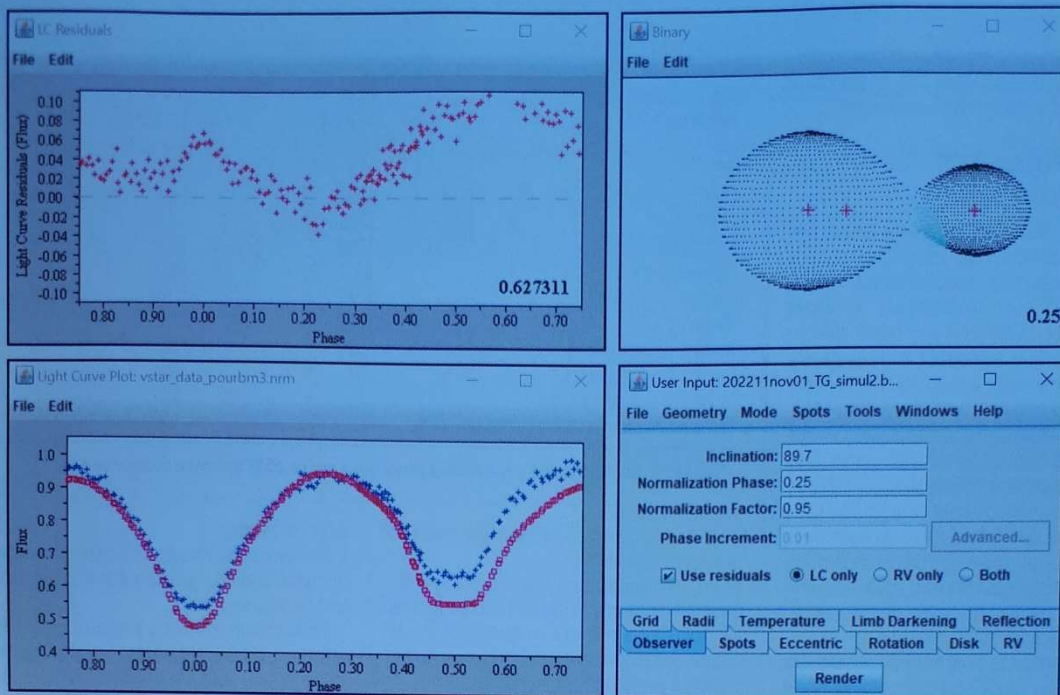


9. Le diagramme de phase de V811 Cep issu de nos observations. On observe au centre (phase 0) le minimum primaire qui correspond à l'éclipse la plus profonde, le minimum secondaire se trouve à la phase 0,5, les deux maxima sont aux phases 0,25 et 0,75.

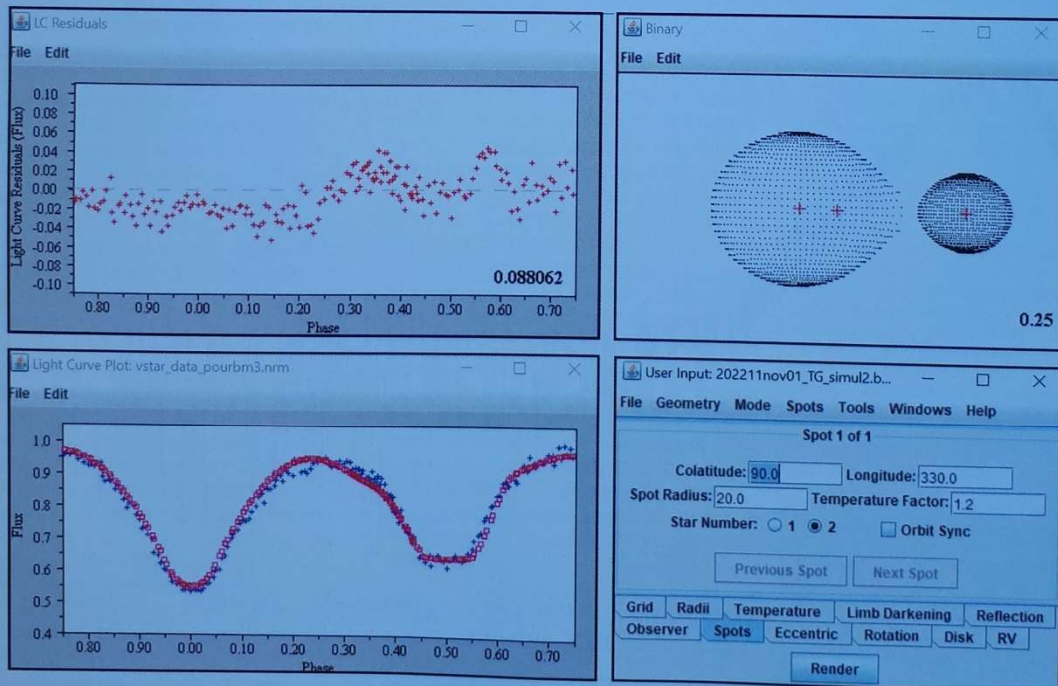
Cette simulation donne une nouvelle représentation du système, mais celle-ci n'est peut-être pas unique. Les valeurs trouvées pour les variations des paramètres physiques sont donc à prendre comme des tendances plutôt que des mesures précises. Nous constatons que les températures des deux étoiles ont peu varié, avec une baisse de l'ordre d'une centaine de kelvins, avec une tendance à l'homogénéisation des

températures des deux corps. Le rayon de l'étoile 2 (la plus petite) semble avoir légèrement diminué. Notre simulation indique toujours la présence d'une tache sur l'étoile 2, mais celle-ci semble s'être déplacée, principalement en longitude. Cette tache est plus chaude que la température moyenne de l'étoile, de l'ordre de 20 %, rapport qui semble inchangé depuis l'observation de 2018.

Nous considérons que cette simulation reste imparfaite : nous n'avons pas réussi à trouver les paramètres qui permettraient d'ajuster parfaitement la courbe de lumière à la phase 0,25. Néanmoins, nous sommes satisfaits d'être parvenus à mettre en évidence des évolutions physiques de cette étoile binaire. Notons que cette étoile binaire a fait l'objet à ce jour de seulement deux simula-



10. Simulation initiale, à partir des données fournies par Xiang Gao.*et al.* En haut à gauche, courbe des résidus. En haut à droite, forme 3D du système à la phase 0,25. En bas à gauche, courbe de lumière observée en bleu et calculée en rouge. En bas à droite, fenêtre d'ajustement des paramètres.



11. Simulation après optimisation des paramètres. En haut à gauche, courbe des résidus. En haut à droite, forme 3D du système à la phase 0,25. En bas à gauche, courbe de lumière observée en bleu et calculée en rouge. En bas à droite, fenêtre d'ajustement des paramètres.



tions, la première a été faite par des professionnels : l'équipe de Xiang Gao, la deuxième par une équipe d'astronomes amateurs

Étoiles binaires symbiotiques

Il s'agit de systèmes stellaires dans lesquels les deux étoiles en interaction présentent des éruptions irrégulièrement espacées dans le temps. Ces systèmes sont généralement constitués d'une géante froide et d'une naine blanche chaude [12], dans quelques cas d'une géante froide et d'une étoile à neutrons. Les périodes orbitales des binaires symbiotiques vont généralement de quelques centaines à quelques milliers de jours. L'étude des binaires symbiotiques est scientifiquement intéressante, car les composantes peuvent échanger de la matière entre elles, comme de l'hydrogène ou de l'hélium, ce qui peut affecter l'évolution de ces étoiles. Les binaires symbiotiques peuvent également produire des éruptions massives, des jets et des vents stellaires violents, ainsi que des phénomènes d'éclipse. Les binaires symbiotiques sont également des candidats potentiels pour la détection de la matière noire grâce à l'étude des effets gravitationnels entre les composantes et les corps célestes en orbite autour d'elles.

	Xiang Gao et al. [10]	notre observation	évolution
année d'observation	2018	2022,8	
Bande passante	Filtre V	Filtre TG 5500 Å	
m1	0,7	environ 0,7	légère
m2	0,2	environ 0,2	légère
T1 (K)	5264	5150	-114 K
T2 (K)	5289	5150	-149 K
q = m2/m1	0,285	0,29	+0,05
Inclinaison (°)	89,7	89,7	Non
Rayon 1	0,541	0,54	0
Rayon 2	0,332	0,27	-0,06
Tache / T2- latitude (°)	111	90	-21°
Tache /T2 - longitude (°)	27	330	-57°
Tache /T2 - rayon (degré)	18	20	+2°
Tache / T2 - facteur de température (T/T2)	1,2	1,2	0

Tableau 2. Évolution des paramètres physiques entre 2018 et notre observation.

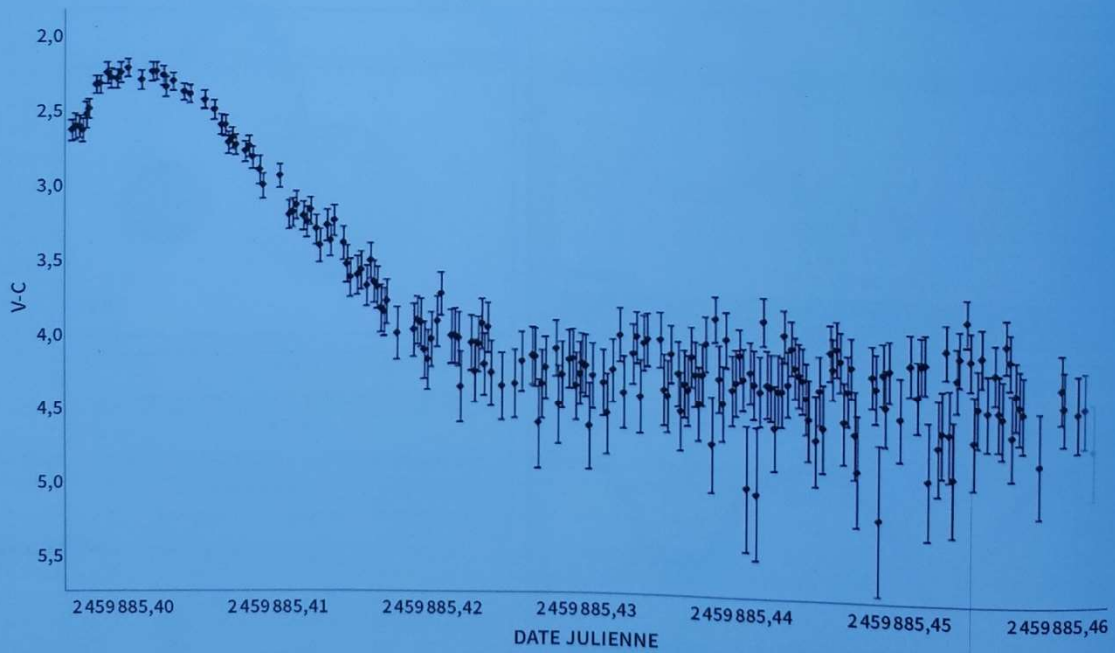
Les binaires symbiotiques se répartissent en trois types principaux :

- les symbiotiques classiques de type Z And, qui présentent une alternance de périodes actives (de quelques semaines à quelques années) et calmes, des éruptions d'une à trois magnitudes peuvent également être observées ;
- les novæ symbiotiques lentes, qui présentent de fortes éruptions (de 3 à 7 magnitudes) suivies d'une longue décroissance sur plu-

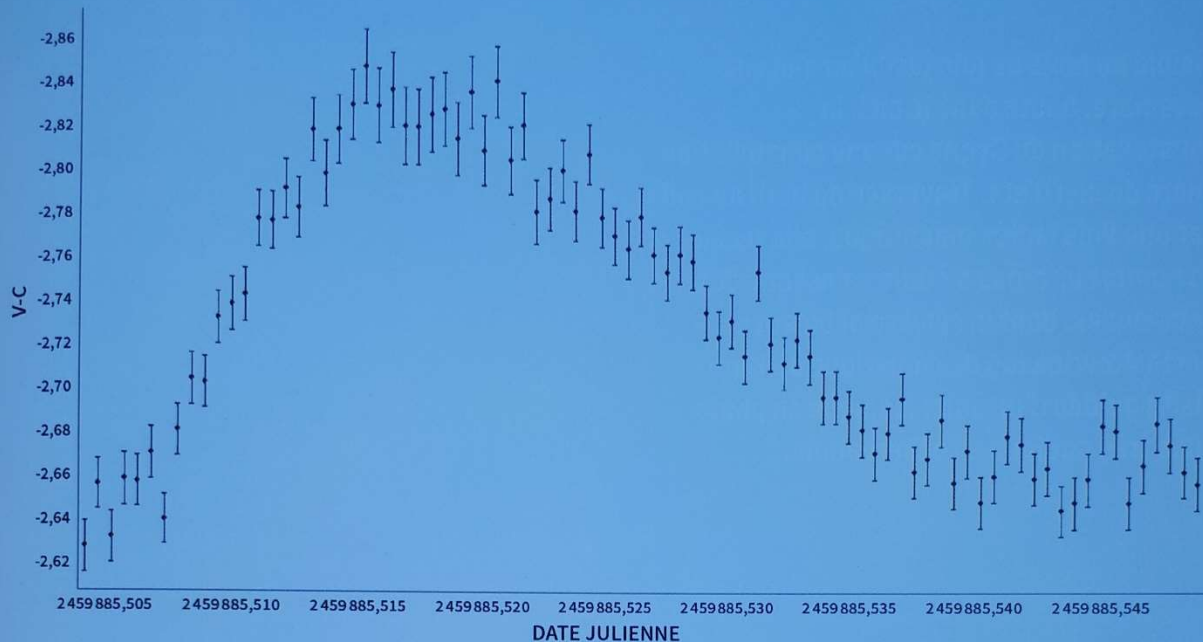
sieurs décennies ;

- les novæ symbiotiques récurrentes, avec de courtes éruptions (quelques jours) se répétant après quelques années.

L'association IPSA Véga a reçu, de la part de Jaroslav Merc, astronome professionnel tchèque, une série de 10 cibles d'étoiles binaires symbiotiques dans le but d'observer le phénomène de flickering au moyen du télescope Ritchey-Chrétien T500 de Saint-Véran,



12a. Courbe de lumière de V1760 Cyg, étoile symbiotique présentant du Flickering en bande U. Mesure du 1^{er} novembre 2022.



12b. Courbe de lumière de DT Psc, étoile symbiotique présentant du Flickering en bande U. Mesure du 2 novembre 2022.

instrument situé dans une coupole séparée du bâtiment principal.

Le flickering est un phénomène courant observé dans les binaires symbiotiques et qui se manifeste par un scintillement de l'éclat du système dans l'ultraviolet, c'est à dire une variation non périodique de cet éclat. Ce phénomène est provoqué par des variations de température et de densité dans la surface de l'étoile, elles-mêmes causées par des échanges de matière entre les deux étoiles du système, ou par des perturbations gravitationnelles issues de l'autre étoile. Le flickering peut également être provoqué par des phénomènes tels que les éruptions massives, les jets ou les vents stellaires violents, qui peuvent affecter l'étoile et perturber sa surface.

Nous avons observé huit des 10 cibles pour faire une analyse photométrique au moyen du logiciel MUNIWIN [10]. Les traitements d'image et les dépouillements sont en cours. Nous espérons mettre en évidence le phénomène de flickering à partir de nos données. Si tel est bien le cas, les résultats donneront lieu à une publication spécifique. Deux courbes de lumière « brutes » parmi les huit obtenues, sont présentées dans les figures 12a et 12b. Il s'agit de courbes « brutes », car la photométrie d'ensemble est toujours en cours de réalisation ainsi qu'une analyse plus fine. Les courbes de lumière présentées ont été enregistrées avec un filtre U pour mettre en évidence les variations d'éclat en ultraviolet.

Épilogue

La semaine a été dense, hormis une nuit écourtée en raison de vents violents, la météo nous a permis d'observer sur toutes les plages horaires prévues. Pourtant, le temps n'est pas resté au beau fixe, deux fortes averses de neige, heureusement de jour, ont recouvert les alentours par une couche de poudreuse de 50 centimètres, sans compter les congères qui se sont accumulées dans chaque virage du chemin de montagne qui nous relie au reste du monde. Le retour prévu en 4 x 4 est maintenant inenvisageable. Deux descentes à pied dans la neige, avec les sacs à dos remplis au maximum et l'aide efficace de Sébastien, n'ont pas été de trop pour rapatrier nos affaires, dont les précieux disques durs qui contiennent nos enregistrements. Revenus à la « civilisation », un gros travail de réduction des données nous attend avant de communiquer les résultats chiffrés à « Étoiles doubles » [14], support de publication spécialisé des travaux Pro-Am sur les étoiles doubles qui permet de sauvegarder les mesures des amateurs dans les bases de données professionnelles. ■

Sauf indication contraire, toutes les illustrations sont des auteurs.

Références et notes

1. Catalogue des mesures des couples visuels du WDS : <http://www.astro.gsu.edu/wds/>
2. WDSOOL (outil d'extraction de données du WDS) : <http://wdsool.com>

3. Catalogue des orbites des couples visuels du WDS : <http://www.astro.gsu.edu/wds/orb6.html>
4. Outil VizierR du CDS : <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
5. Logiciel REDUC conçu par Florent Losse <http://www.astrosurf.com/hfosaf/fr/t/download.htm#reduc>
6. Site de la Commission des étoiles doubles : <https://ced.saf-astronomie.fr/>
7. Mason, B.D., Hartkopf, W.I., Wycoff, G.L., Rafferty, T.J., Urban, S., & Flagg, L. 2004AJ,128.3012M +orb AJ 128, 3012, 2004.
8. Doc2020e orb - Docobo, J.A. & Campo, P. 2020IAUDS.202.15 Inf. Circ. 202, 1, 2020.
9. Xiang Gao et al. The first photometric analysis of the totally eclipsing contact binary V811 Cep, 2021, Res. Astronomy & Astrophysics 21 193
10. <https://sourceforge.net/projects/c-munipack/files/>
11. <https://www.aavso.org/vstar>
12. Merc et al., (2021), Symbiotic binaries as ideal targets for amateur observers, Open Eur. J. Var. Stars, 220 (2021), pp. 11-25, 10.5817/OEJ2021-0220.
13. <https://sirrah.trojka.mff.cuni.cz/~merc/>
14. <https://etoiledoubles.org/>

Rencontre Internationale sur les Étoiles Binaires à Éclipses

samedi 11 et dimanche 12 novembre 2023 au siège de la SAF ou par Zoom.

Contacts : Atila Poro : poroatila@gmail.com
Patrick Wullaert : patrick.wullaert@saf-astronomie.fr