

Le programme BASE

Objectifs

Des paramètres fondamentaux tels la masse, le rayon et la luminosité des étoiles sont indispensables pour l'ajustement ou l'utilisation d'un modèle de structure et d'évolution stellaire. Cependant, il est rare que ces paramètres soient accessibles directement. Dans ce contexte, BASE a pour ambition de déterminer avec précision les masses, luminosités et rayons de composantes de Binaires Astrométriques Spectroscopiques Eclipsantes. Pour de tels systèmes, les masses et la différence de magnitude sont calculables en combinant l'orbite spectroscopique à 2 spectres et l'orbite astrométrique. Quand, de surcroît, le système est éclipsant, la courbe de lumière donne accès aux rayons et aux magnitudes dans diverses bandes photométriques.

Sélection des cibles

Une première sélection a été effectuée par Halbwachs, Kiefer et Lebreton (2023), à partir des orbites astrométriques de la DR3 de Gaia (Halbwachs et al., 2023). Nous avons retenu 41 couples de l'hémisphère nord plus brillants que $V = 10,40$ mag, de type spectral F-G-K-M, d'inclinaison orbitale suffisamment proche de 90° pour que des éclipses soient possibles, et suffisamment précise pour que $\sin^3 i$ soit connu à mieux que 1 % près. De plus, les systèmes également détectés comme binaires spectroscopiques (Gosset et al. 2025) ont été rejettés lorsque $a_0 / a_1 \in [0,9, 1,1]$, ces systèmes ayant peu de chances d'être des binaires spectroscopiques à 2 spectres (BS2).

Observations spectroscopiques

Ces étoiles sont observées à l'aide du T193/Sophie de l'Observatoire de Haute-Provence depuis l'automne 2023 afin de déterminer leurs orbites spectroscopiques à deux spectres, lorsque c'est possible. Cette tâche est confiée à un groupe d'astronomes professionnels, mené par Flavien Kiefer. Ce volet du programme est appelé à jouer un rôle important, mais il n'intervient guère dans ce qui est exposé ci-dessous.

Observations photométriques

Les observations photométriques sont réalisées par un groupe d'astronomes amateurs (dont certains sont aussi professionnels) réunis, pour la plupart, par la commission « étoiles doubles » de la SAF et menés par Thierry Midavaine. En plus des personnes déjà citées, ce groupe comprend David Augustin, Sabrina Baudart, Jean-François Coliac, Joaquin Fabrega, Patrick Guillout, Anica Lekic, Christophe Marlot, Jean-Baptiste Marquette, Thomas Molliez et Stéphane Neveu. Les observations sont planifiées sur la base d'éphémérides ; cependant, les premières observations ont été vaines en dépit d'un effort important, les incertitudes des éphémérides se traduisant par des fenêtres d'observation excessivement longues.

Éphémérides

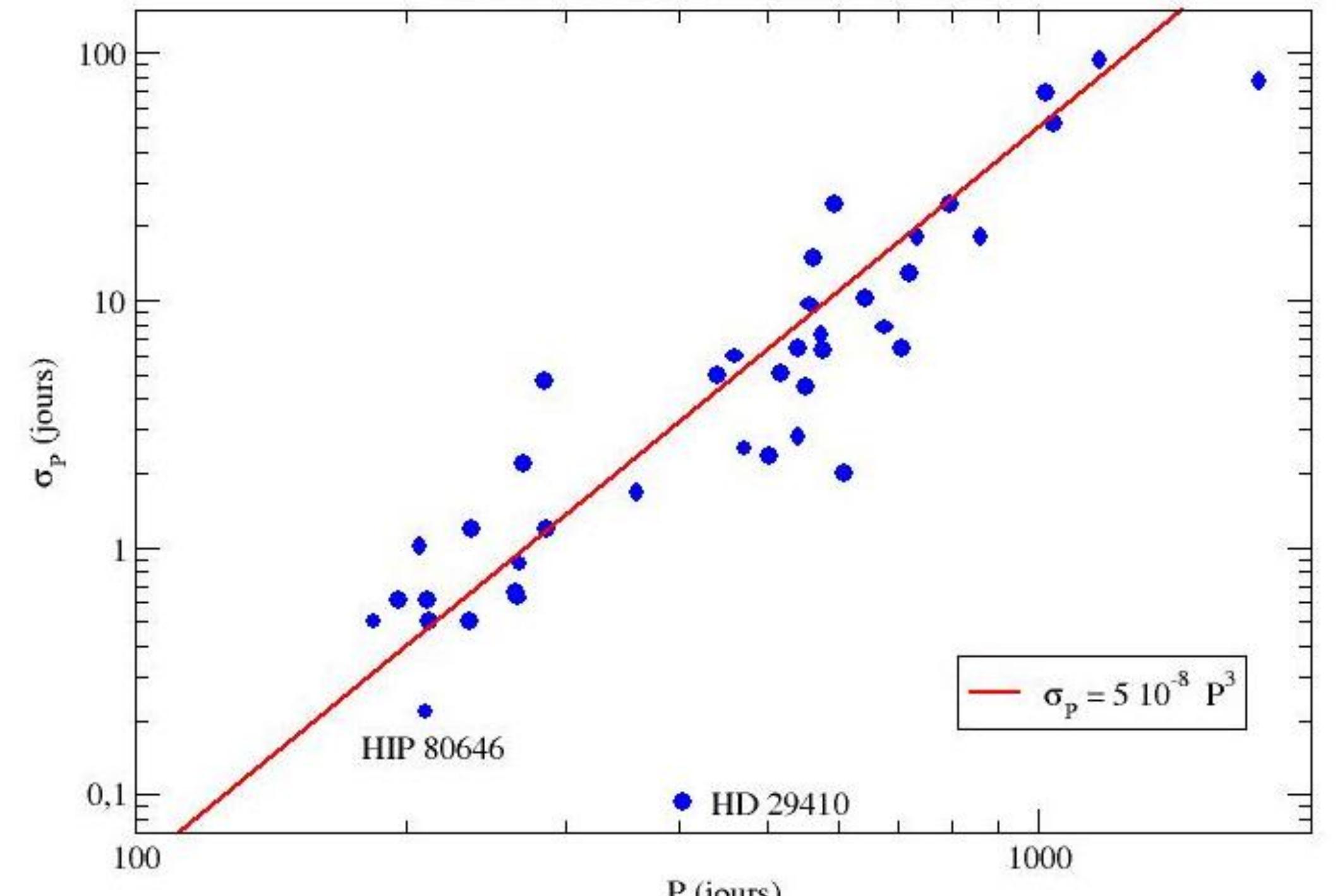


Fig. 1 : Diagramme Périodes - Incertitudes des 41 binaires astrométriques sélectionnées dans la DR3.

Un problème d'incertitude

Les prédictions d'éclipse déduites des éléments orbitaux donnés dans la DR3 sont très imprécises en raison du temps écoulé depuis les observations astrométriques de Gaia sur lesquels ils reposent : ainsi, 3000 jours après ces observations, l'éclipse d'une binaire de 300 jours de période à 1 jour près est prédite avec une incertitude de 10 jours, ce qui nous donne un intervalle de 40 jours pour une probabilité d'observer au bon moment de 95 %. De plus, les incertitudes des inclinaisons orbitales sont assez grandes pour que l'existence même des éclipses ne soit pas certaine. Difficile d'être plus décourageant !

Heureusement, le diagramme Périodes - Incertitudes de nos cibles, figure 1 ci-contre, fait ressortir deux étoiles dont la période est suffisamment précise pour que des observateurs très motivés tentent leur chance : HD 29410 et HIP 80646. Si les observations de la première n'ont pas montré d'éclipse pour l'instant, celles de la seconde ont été bien plus fructueuses.

Petit à petit, nos cibles devraient toutes bénéficier de prédictions d'éclipses précises, basées sur les orbites spectroscopiques ; mais ceci nécessite un nombre d'observations et une couverture de phase qui n'ont pas encore été atteints pour la plupart d'entre elles.

HIP 80646

Selon Simbad, HIP 80646 est une étoile de type G5 de magnitude apparente $V=8,19$ mag, et de magnitude absolue 2,6, ce qui la classe parmi les sous-géantes. Les coordonnées de l'étoile sont : $\alpha_{2000} = 16h\ 27m\ 57,2s$, $\delta_{2000} = +25^\circ\ 11'\ 37''$.

Le couple parcourt une orbite excentrique ($e=0,49$) en $210,22 \pm 0,22$ jours

Premier résultat du programme BASE : HIP 80646 est une binaire à éclipse

Halbwachs, J.-L.⁽¹⁾; Debackère, A.^(2,3); Hambach, F.-J.^(4,5,6) et la collaboration BASE

(1) : Université de Strasbourg, CNRS, Observatoire Astronomique de Strasbourg, UMR 7550, F-67000 Strasbourg, France

(2) : Société Astronomique de France (SAF), Commission des Etoiles Doubles, 3 rue Beethoven, 75016 Paris, France

(3) : Las Cumbres Observatory (LCO), 6740 Cortona Drive, Suite 102, Goleta, CA 93117, USA

(4) : Vereniging Voor Sterrenkunde (VVS), Zeeweg 96, 8200 Brugge, Belgium

(5) : Groupe Européen d'Observations Stellaires (GEOS), 23 Parc de Levesville, 28300 Bailleul l'Evèque, France

(6) : Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne (BAV), Munsterdamm 90, 12169 Berlin, Germany

Journées de la SF2A Atelier S06 Gemini, 4 juillet 2025 Toulouse

Éclipse secondaire de HIP 80646

Observation

Les éléments orbitaux astrométriques ont fait prédire une éclipse de la composante secondaire par la primaire entre le 14 et le 31 mars 2025.

Cette éclipse a effectivement été observée par l'un d'entre nous, utilisant les télescopes robotisés de 35 cm mis en œuvre par Las Cumbres Observatory (LCO). Les télescopes employés sont sur les sites de l'observatoire du Teide (longitude $16^\circ 31' O$), sur l'île de Ténérife, de l'observatoire Mac Donald (longitude $104^\circ 01' O$), au Texas, et de l'observatoire du Haleakala (longitude $156^\circ 15' O$), à Hawaï. Cette disposition permet de suivre une cible quasiment sans interruption, en dépit d'un vide de 220° entre Hawaï et Ténérife.

Les observations sont présentées sur la figure 2, après avoir corrigé les magnitudes pour qu'elles vaillent 8,19 en-dehors des éclipses. Au vu des observations, la durée de l'éclipse est de l'ordre d'une journée, et sa profondeur est d'au moins 0,2 magnitude. D'autres observations sont nécessaires pour préciser l'allure de la courbe et voir si la secondaire est totalement éclipsée.

Prochaines éclipses secondaires

La prochaine éclipse secondaire est prévue aux alentours du 18 octobre 2025, mais l'étoile sera alors trop proche du Soleil pour être observable.

L'éclipse suivante sera bien plus accessible, puisqu'elle aura lieu autour du 16 mai 2026. Compte tenu de l'incertitude de la période et de la durée de l'éclipse, l'intervalle d'observation ira du 14 mai à 18h TU au 18 mai à 8h TU.

Si vous observez une éclipse de HIP 80646, n'oubliez pas de nous communiquer vos observations !

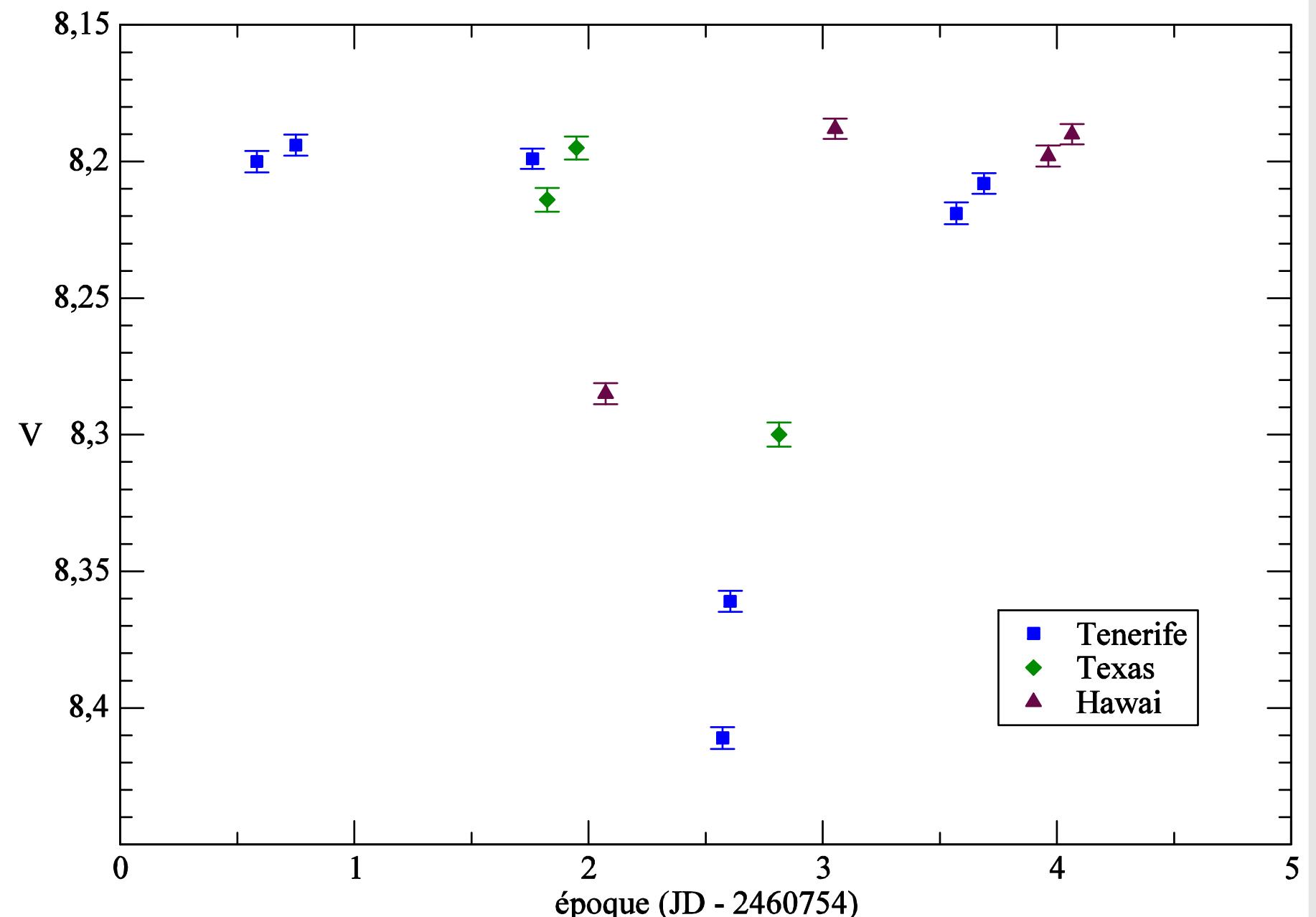


Fig. 2 : Courbe de lumière de l'éclipse de la composante secondaire de HIP 80646 en mars 2025.

Éclipse primaire de HIP 80646

Les éléments orbitaux astrométriques ont permis de calculer l'écart d'époque entre l'éclipse secondaire et l'éclipse primaire qui suivait. En raison de l'excentricité et de l'orientation de l'orbite, cet écart n'était que de $56,2 \pm 2,1$ jours, d'où une prédiction tenant à 95 % dans un intervalle s'étendant du 11 au 22 mai. Par contre, la séparation entre les composantes était le double que lors de l'éclipse secondaire, et le succès des observations n'était pas assuré.

Les observations ont à nouveau été assurées par le réseau LCO, ainsi que par un télescope du Remote Observatory Atacama Desert (ROAD, longitude $68^\circ 11' O$), au Chili. Malgré une latitude défavorable de $-22^\circ 57'$, ce télescope a pu compléter très utilement les observations de LCO.

Comme le montre la figure 3, une éclipse d'une journée a été observée autour du 18 mai 2025, la profondeur étant d'au moins 0,08 mag. D'autres observations sont nécessaires pour savoir si l'éclipse est annulaire à son maximum.

Prochaines éclipses primaires

La prochaine éclipse aura lieu aux alentours du 16 décembre 2025, mais l'étoile sera alors trop proche du Soleil pour être observable.

L'éclipse suivante aura lieu autour du 14 juillet 2026. L'intervalle d'observation devrait aller du 13 juillet à 18h TU au 17 juillet à 20h TU.

À la encore, vos observations nous intéressent !

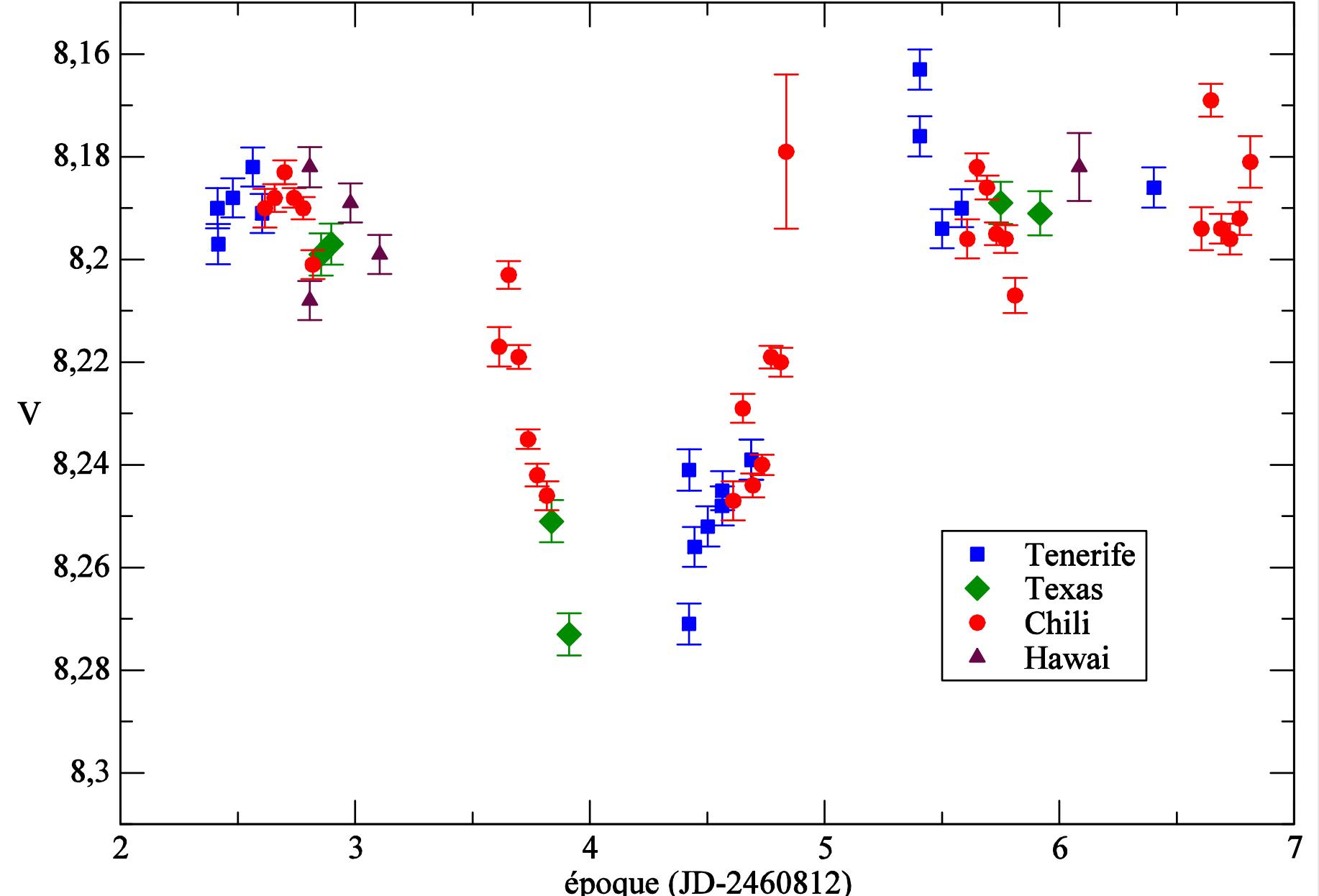


Fig. 3 : Courbe de lumière de l'éclipse de la composante primaire de HIP 80646 en mai 2025.

Références et contacts

Bibliographie

- Gosset, E., Damerdji, Y., Morel, T., et al. 2025, A&A, 693, A124
Halbwachs, J.-L., Pourbaix, D., Arenou, F., et al. 2023, A&A, 674, A9
Halbwachs, J.-L., Kiefer, F., Lebreton, Y., SF2A 2023, 191

A propos des auteurs

Astronome en retraite, Jean-Louis Halbwachs a profité d'un éméritat pour initier ce programme. Il se charge de calculer les éphémérides d'éclipses.

André Debackère observe régulièrement avec les télescopes robotisés du réseau Las Cumbres Observatory.

Franz-Josef (Josch) Hambach observe depuis le Remote Observatory Atacama Desert, hébergé par San Pedro de Atacama Celestial Explorations (SPACE), au Chili.

Tous sont auteurs de nombreux articles publiés dans des revues scientifiques de rang A.

Site web : <https://gemini.obspm.fr/wp-content/uploads/2025/03/20250315-BASE-CED-SAF.pdf>

Contact : jean-louis.halbwachs@astro.unistra.fr