

Découvrir des astéroïdes binaires par la photométrie

Rencontres du Ciel et de l'Espace
13 Nov 2022

Patrick Sogorb
Club d'astronomie Luberon Sud Astro



Photométrie

- C'est une technique d'analyse des images permettant de mesurer la luminosité des astéroïdes (entre autres).
- Par cette méthode, il est possible d'en apprendre beaucoup sur les astéroïdes.



A la portée de beaucoup d'amateurs

- Matériel d'astrophotographie amateur courant.
- Si vous savez faire des images du ciel profond, vous pouvez faire de la photométrie.



Plus d'un million d'astéroïdes!

- La base de donnée des astéroïdes du Minor Planète Center possède plus d'un million d'entrées
- Pour l'immense majorité, seule l'orbite est connue et pas toujours avec une grande précision
- Le suivi photométrique permet aux amateurs de faire progresser les connaissances sur ces corps

Paramètres accessibles aux amateurs

- Période de rotation (facile)
- Forme 3D (nécessite beaucoup d'observations sur de longues périodes)
- Présence éventuelle d'un ou plusieurs satellites

Occupation passionnante, qui offre un très bon ratio effort dépensé / satisfaction, car le retour est très gratifiant.

Faire partie des réseaux d'observateurs

- Pour performer dans ce type d'observations, il est nécessaire de regrouper un très grand nombre de mesures sur un objet étudié => le regroupement de nombreux observateurs en réseaux permet de coordonner les observations.
 - CdR-Cdl => Animateur Raoul Behrend de l'Observatoire de Genève
 - Photometric Survey For binary Asteroids => Petr Pravec de l'Observatoire d'Ondrejov, aux environs de Pragues
 - D'autres aux USA ou ailleurs
- Ces réseaux mélangent amateurs et professionnels sans distinction.

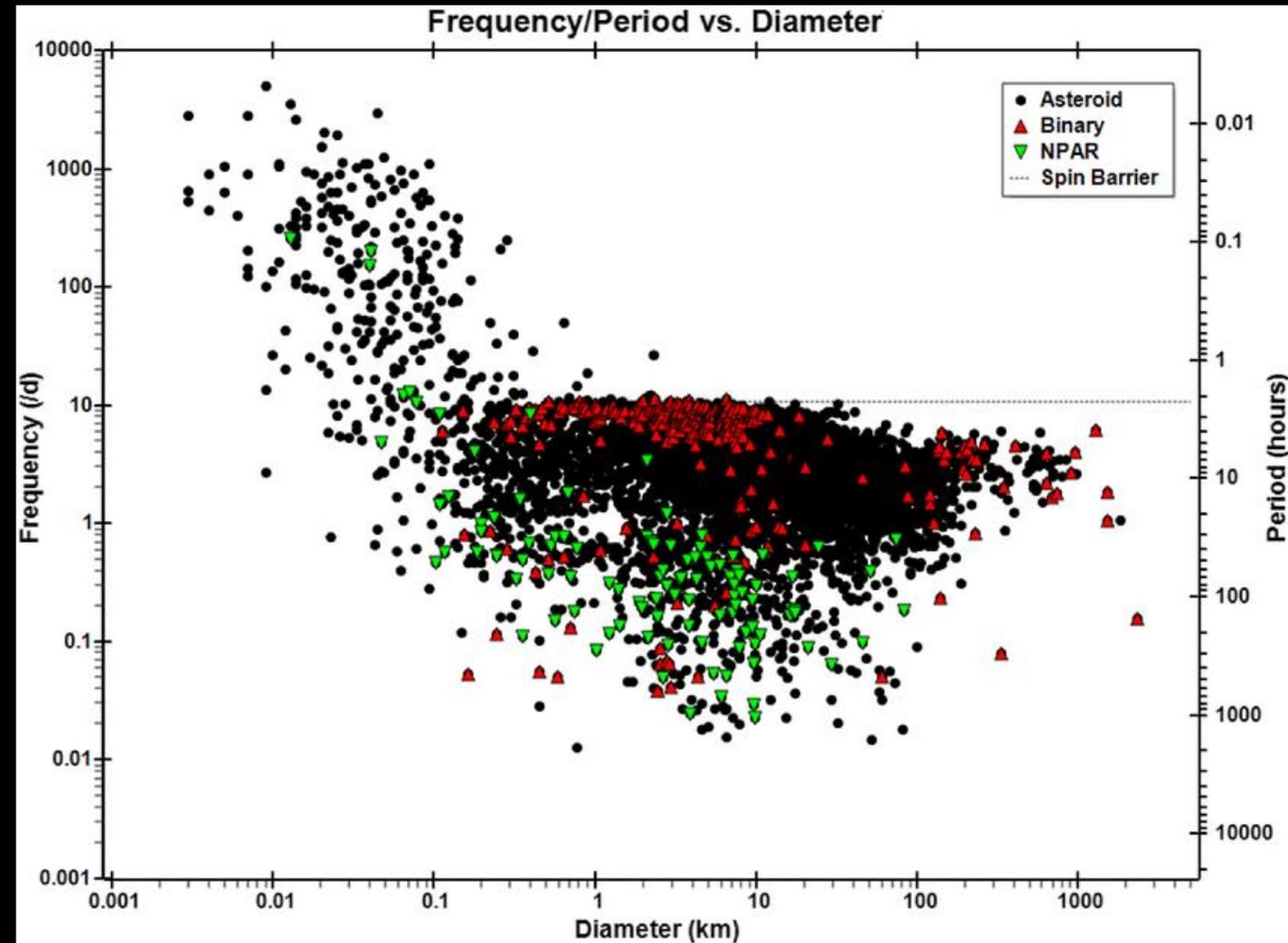
Astéroïdes binaires

- Astéroïde composé d'au moins deux corps.
- Origines variées.
- Souvent de tailles inégales.
- La grande majorité a une période orbitale courte (entre 2 et 5h).



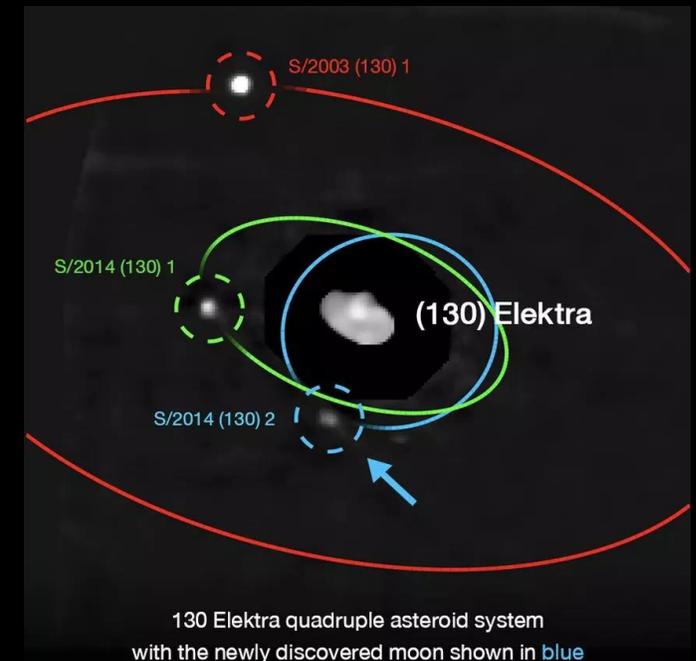
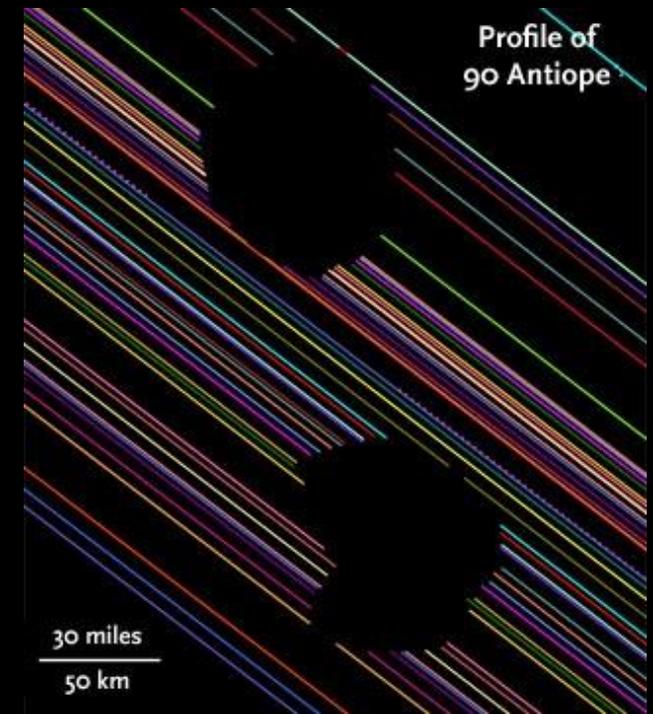
Effet Yorp

- Yarkovsky-O'Keefe-Radzievskii-Paddack.
- Effet lié au rayonnement solaire, qui a tendance à faire accélérer la rotation des astéroïdes.
- La vitesse à l'équateur peut atteindre la vitesse de libération => la matière est éjectée
- Puis se rassemble sous forme d'un corps secondaire.



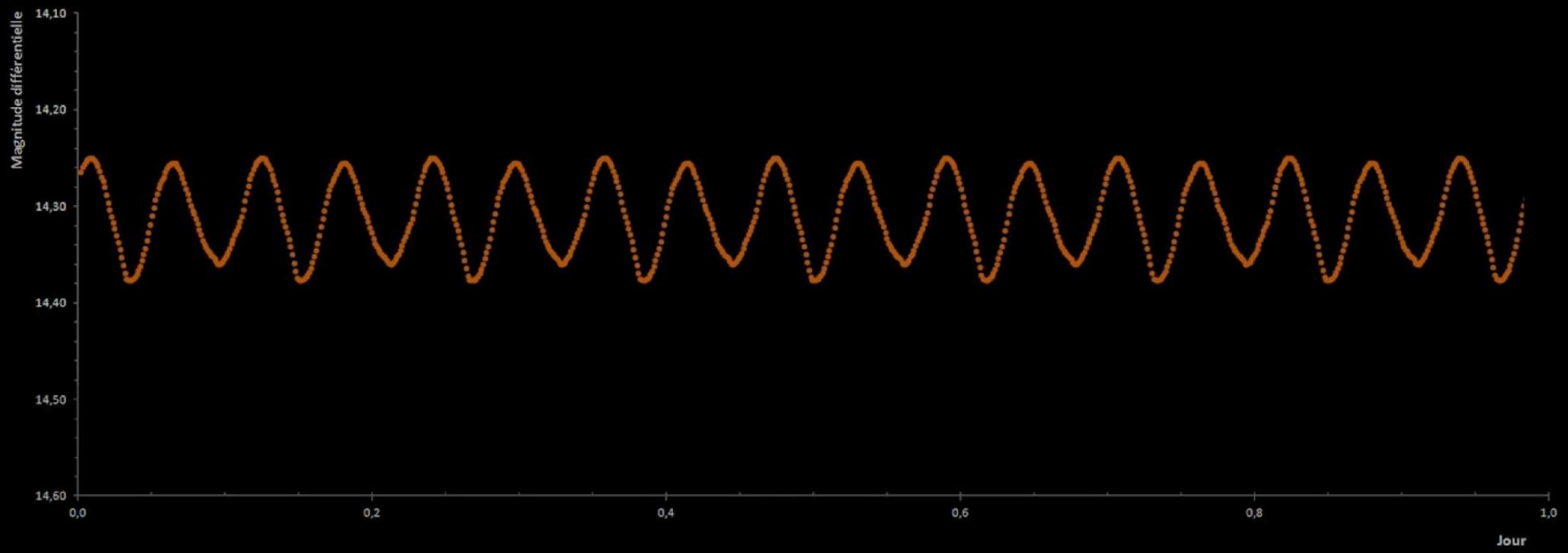
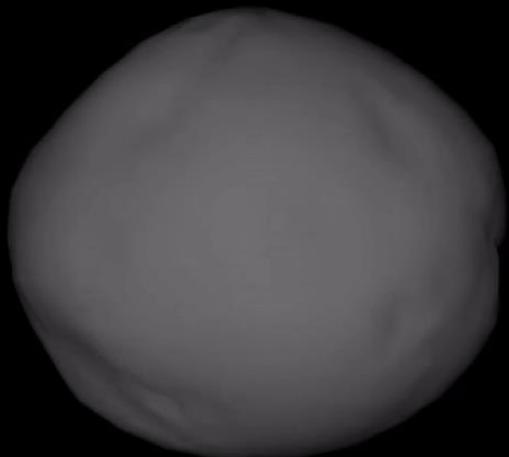
Astéroïdes binaires

- Certains binaires de tailles égales ont pour origine des captures gravitationnelles.
- 15% des astéroïdes seraient binaires.
- 443 astéroïdes doubles connus (2022).
- 14 astéroïdes triples.
- 1 astéroïde quadruple : (130) Elektra.



Photométrie

- Les différentes composantes d'un système ne peuvent être séparées par un instrument amateur (limité par son diamètre et par la turbulence).
- Les luminosités des composantes s'additionnent en un point unique dont on peut mesurer la luminosité.
- Les phénomènes mutuels (occultations, transits, éclipses) peuvent se mesurer à l'aide d'une photométrie précise. C'est précisément ce signal que l'on va rechercher.



25143 Itokawa
JD=2457059.1873

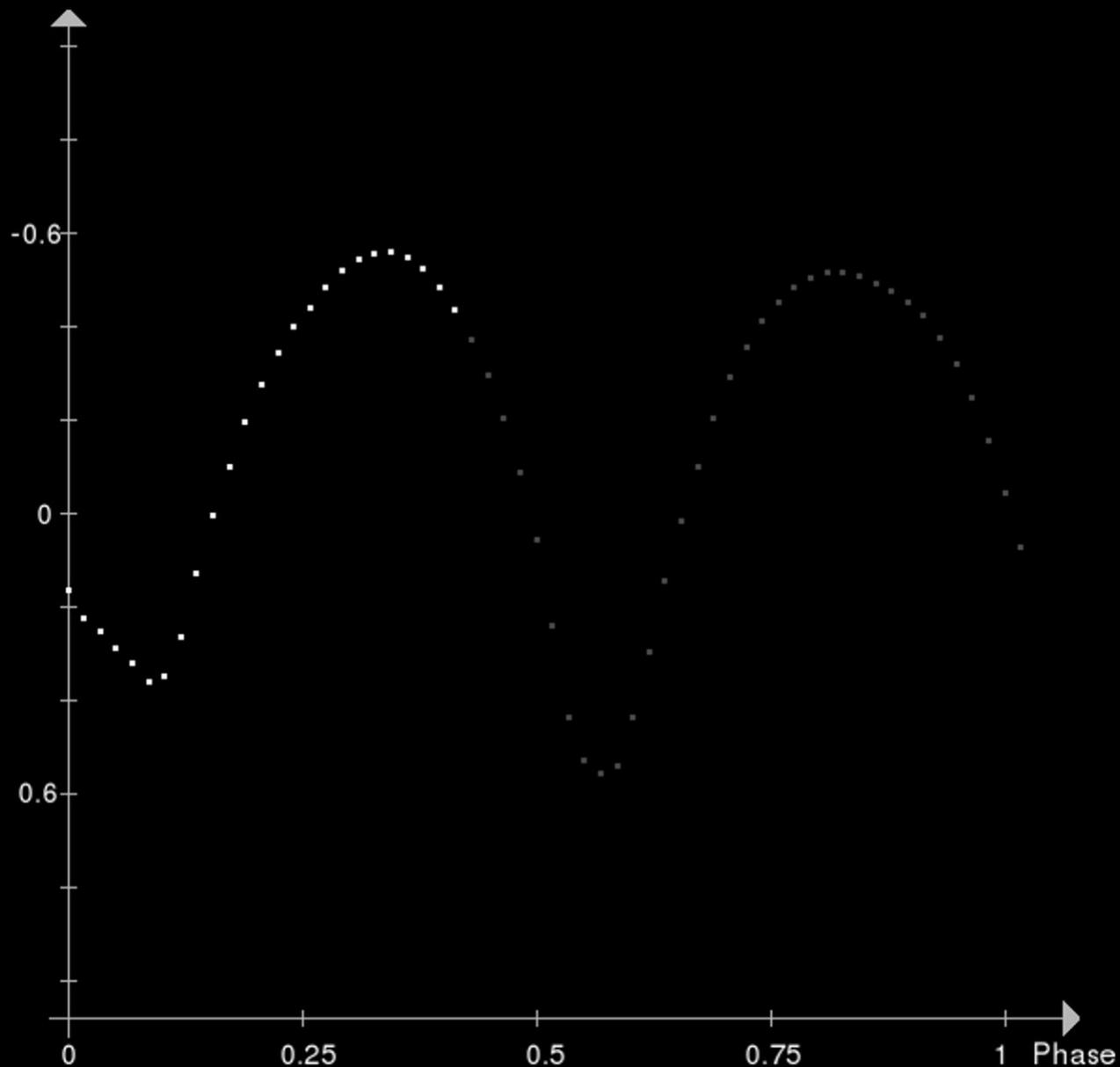
$\lambda = 269^\circ$
 $\beta = -90^\circ$

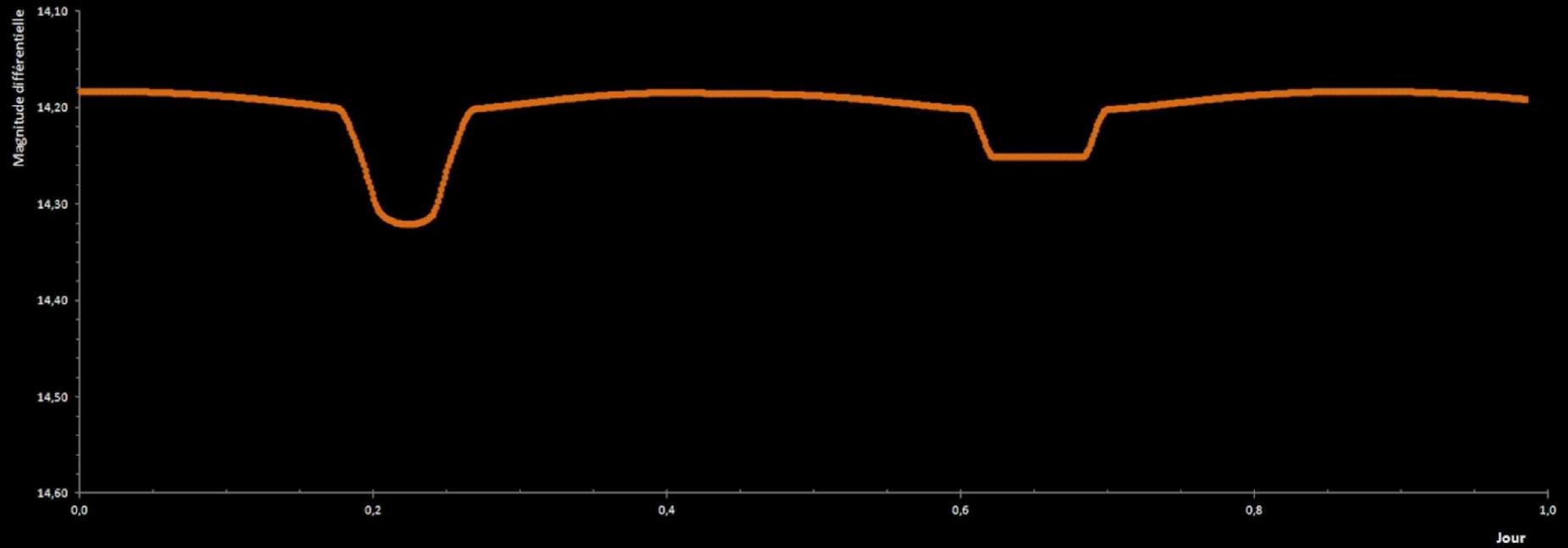
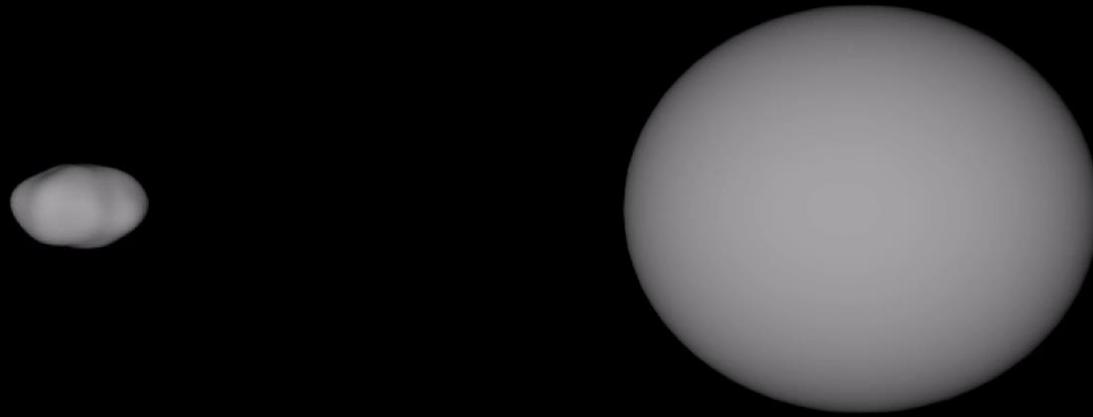


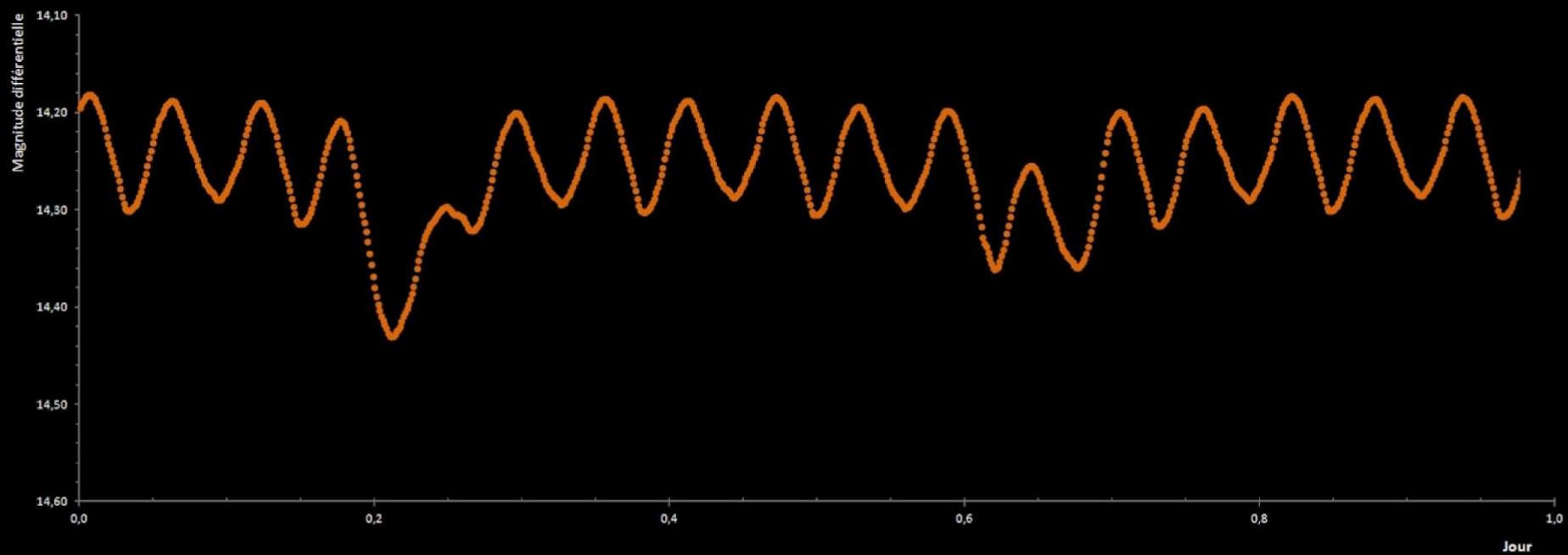
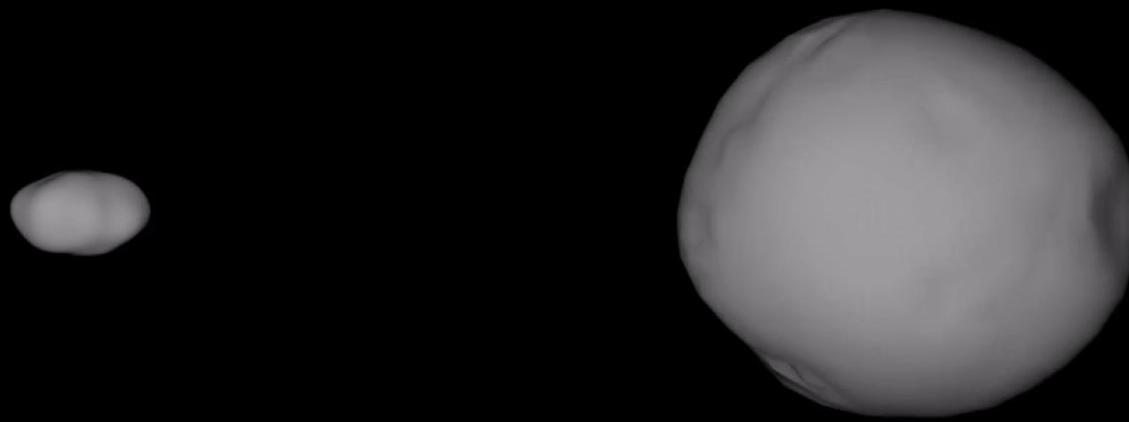
Aspect = 90°

P = 12.132395 h

Brightness [mag]







- Lorsque la période principale est différente de celle du corps secondaire, on parle d'astéroïde asynchrone.
- Si les deux périodes sont identiques, on parle d'astéroïde synchrone
- Les éclipses ne sont possibles que lorsque le Soleil se trouve approximativement dans le plan orbital du corps secondaire.
- Les occultations et transits ne sont possibles que lorsque la Terre se trouve approximativement dans le plan orbital du corps secondaire.
- Il y a donc des « saisons » pour les phénomènes mutuels, hors desquelles la nature binaire ne pourra pas être observée .
- L'orientation du plan orbital est inconnue. Un astéroïde qui n'a pas montré sa nature binaire lors d'une opposition, peut très bien la montrer à l'opposition suivante.

Choisir une cible

- Emplacement dans le ciel, au voisinage du point anti-solaire.
- Privilégier les déclinaison fortes afin d'observer longtemps.
- Magnitude adaptée à son setup.
- Vérifier les caractéristiques sur les bases de données (LCBD, MPC, CdR-CdL...).
- Observer le plus longtemps possible et sur plusieurs nuits.
- Si la période principale n'est pas connue, et que vous observez un astéroïde dont la période est comprise entre 2 et 4h, vous avez un bon candidat.
- On peut aussi (et surtout!) participer à des caractérisations de binaires connus, ou en en cours de découverte (CdR-CdL, Ondrejov Asteroids Photometry Project...)

Acquisition / traitement

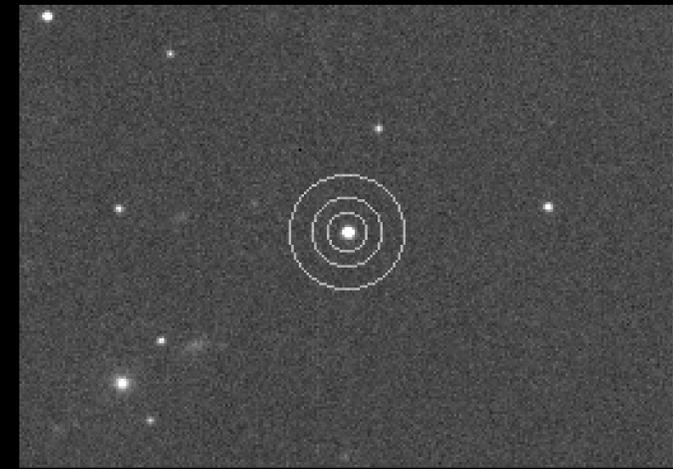
- 3h d'acquisitions semblent être le minimum pour avoir des données exploitables, mais le plus longtemps sera le mieux.
- Poser lorsque l'astéroïde est à plus de 25° de l'horizon.
- Images de calibration (dark/flat/offset) réalisées avec le plus grand soin.
- Effectuer un pré-traitement standard des images individuelles selon les règles de l'art.

Configuration optimale

- Tous les setup permettent de pratiquer la photométrie.
- Un observatoire automatique sera cependant un plus en terme de confort et de durée d'observation.



Mesurer les images



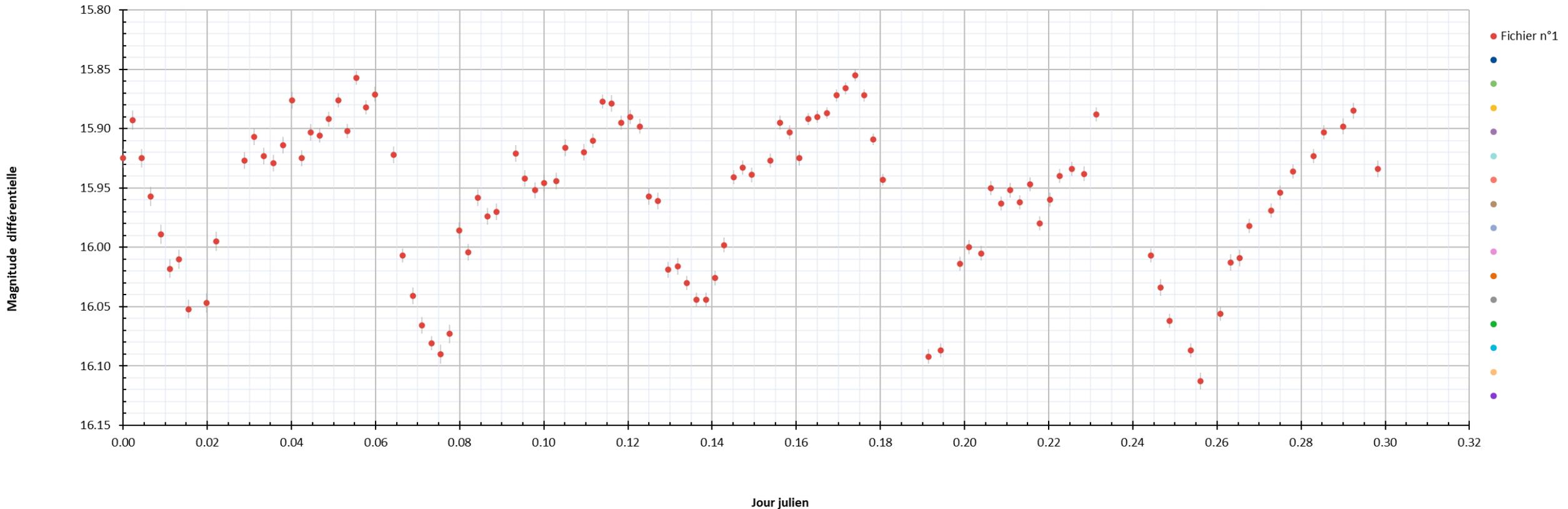
- Exploitation des images prétraitées.
- La mesure doit être faite avec soin et rigueur, car des astronomes professionnels vont devoir les exploiter.
- Tri des images (éliminer celles qui sont mal guidées, les passages nuageux, mauvais seeing, passage de l'astéroïde trop proche d'une étoile...). Mieux vaut une série incomplète que des mesures fausses.
- Etalonnage astrométrique et photométrique des images.
- Mesure de chaque image par la méthode de la photométrie d'ouverture. Mesurer l'astéroïde et une étoile de test, à l'aide d'étoiles 'étalons' choisies (photométrie d'ouverture différentielle).

Les étoiles étalon

- Attention au choix des étoiles 'étalons'. Elles doivent remplir correctement la dynamique du capteur, sans saturer. Leur couleur devra aussi être choisie avec soin.
- Lors du premier calcul, jeter immédiatement un œil sur les courbes des étoiles 'étalon'. Des variations peuvent traduire un défaut lié à l'instrumentation (pixel chaud ou mort, flat mal corrigé), mais cela peut aussi être une étoile variable connue (ou non).
- Supprimer les étoiles 'étalons' indésirables, puis recommencer les mesures photométriques.

Première nuit de mesure (mesures brutes)

(4788) Simpson



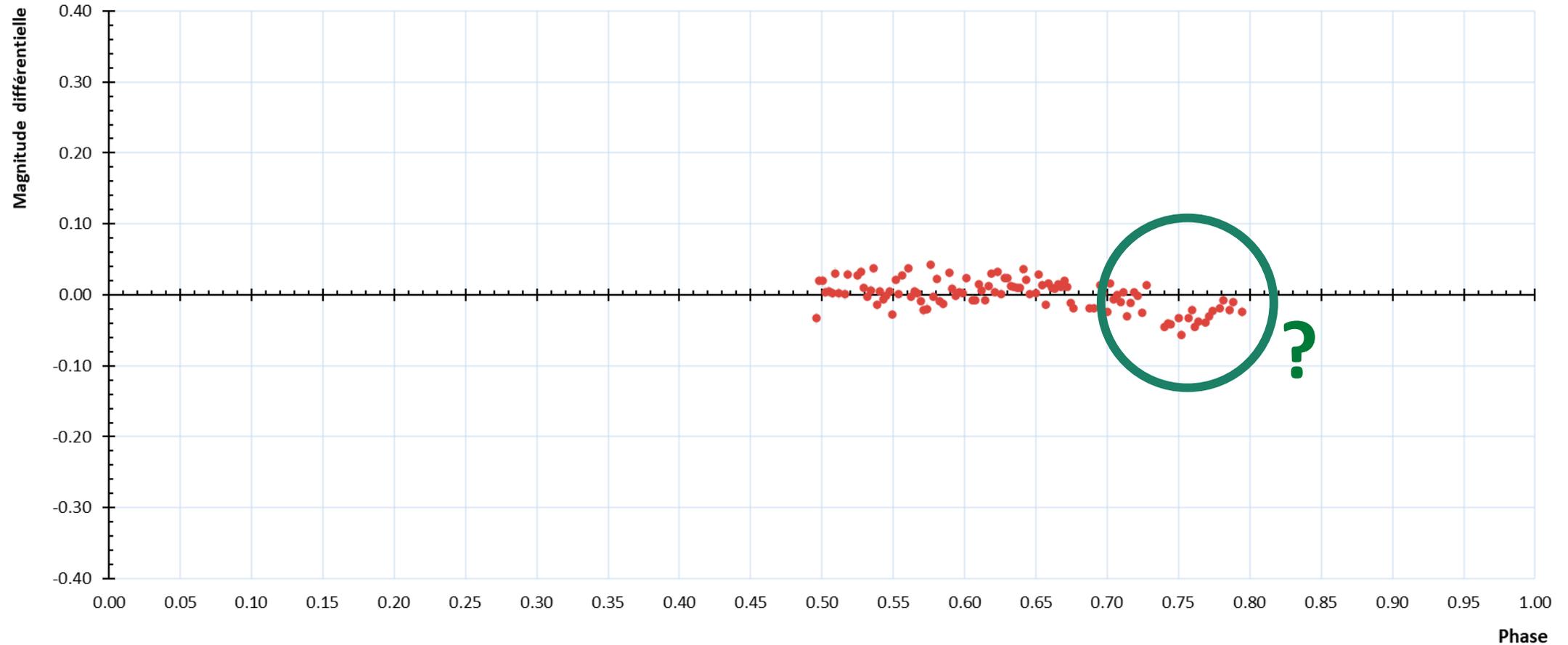
Courbe de variation soustraite aux mesures brutes.

(4788) Simpson

Période orbitale : 24 h (1 jour)

Époque : 2459118.87025419 JD

Soustraction de la composante principale de période 2.8542 h (0.11893 jour)



● Sogorb Patrick (26/09/2020) [σ : 21 mmag]

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

●

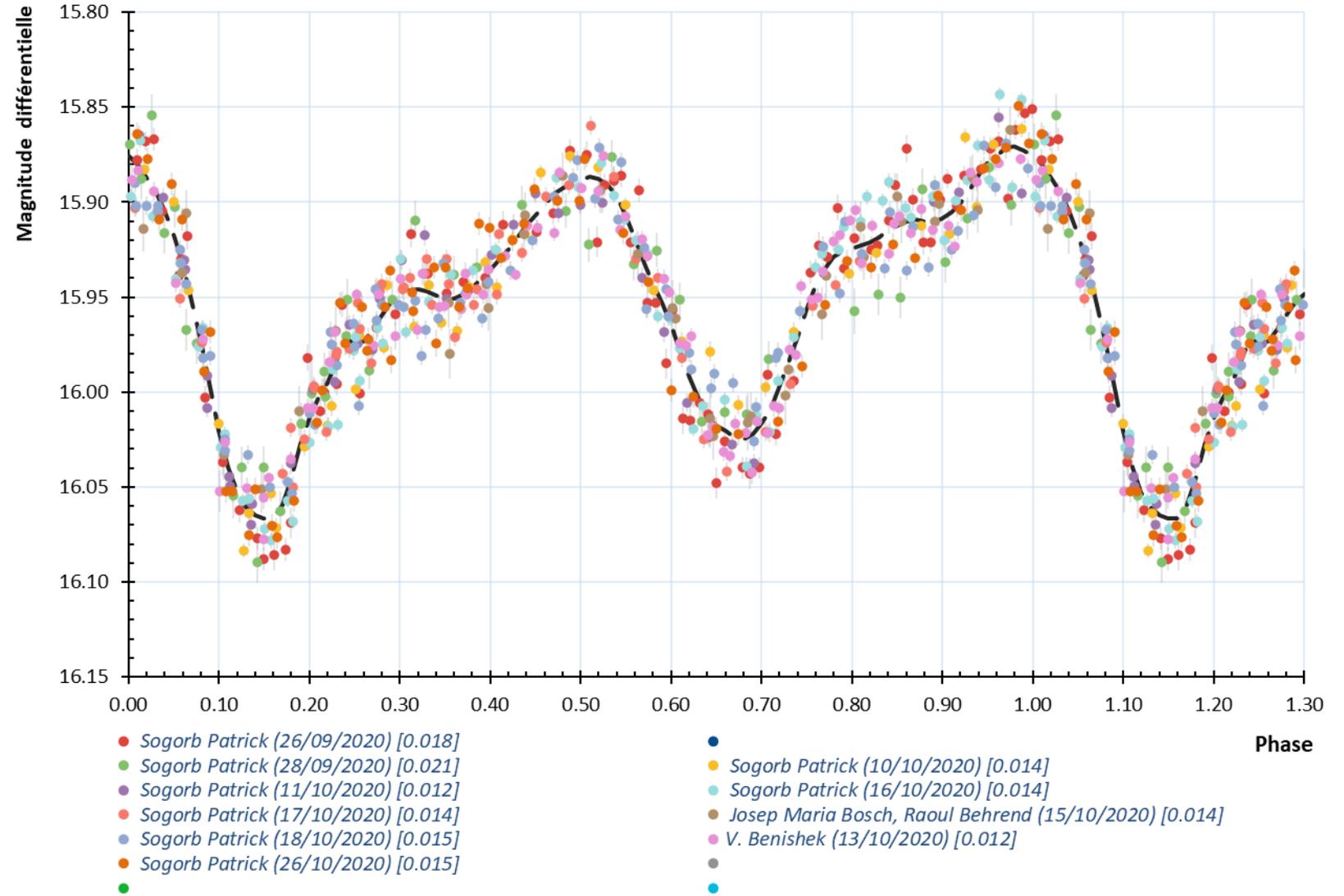
10 nuits de mesures

(4788) Simpson

Période : 0.1174 jour (2.8175 h)

Époque : 2459118.36625419 JD

Amplitude : 0.196 ± 0.015 Mag



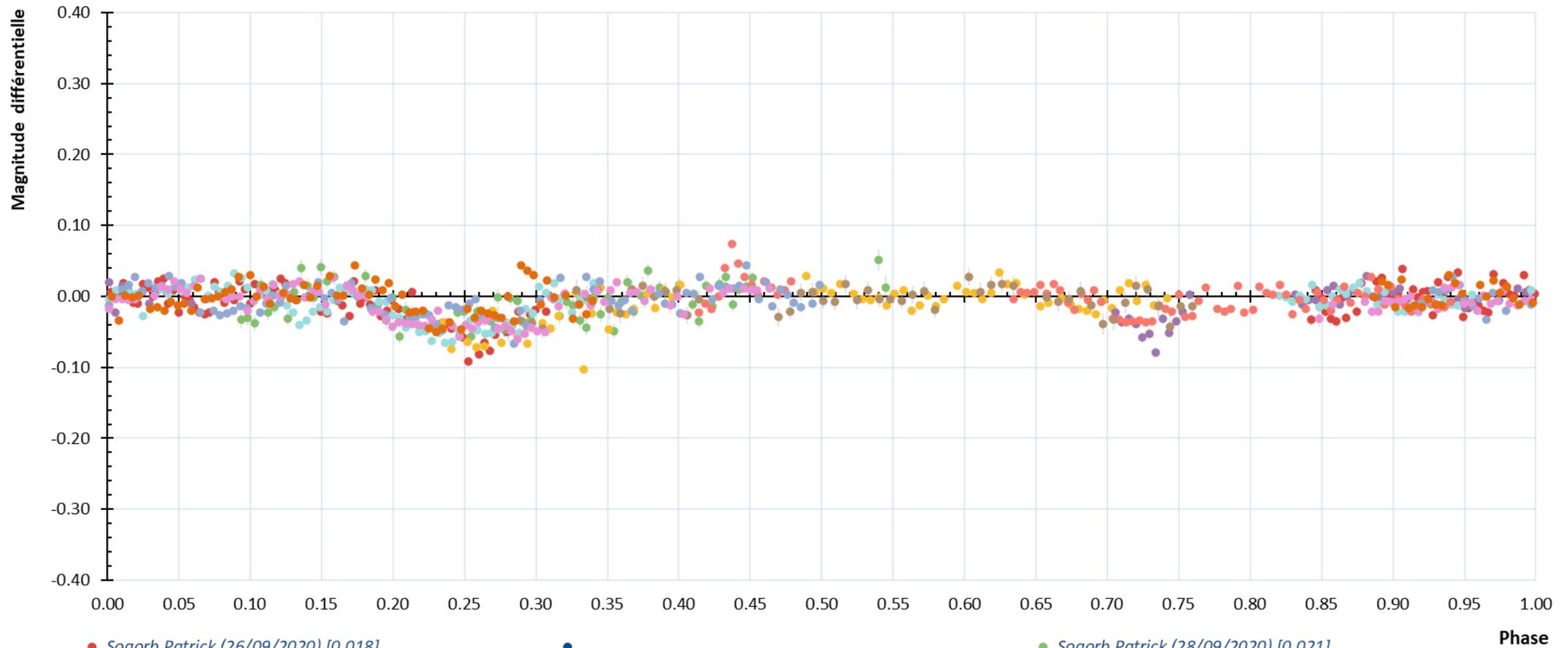
Période orbitale

(4788) Simpson

Période orbitale : 0.62417 jour (14.98001 h)

Époque : 2459118.21625419 JD

Soustraction de la composante principale de période 0.1174 jour (2.81753 h)



CBET (Central Bureau Electric Telegram)

Central Bureau for Astronomical Telegrams

Mailing address: Hoffman Lab 209; Harvard University;
20 Oxford St.; Cambridge, MA 02138; U.S.A.

e-mail: cbatiau at eps.harvard.edu (alternate cbat at iau.org)

URL <http://www.cbat.eps.harvard.edu/index.html>

Prepared using the Tamkin Foundation Computer Network

(4788) SIMPSON

P. Sogorb, La Bastide des Jourdans, France; P. Pravec, Ondrejov Observatory; M. Husarik, G. Cervak, and M. Pikler, Skalnaté Pleso Observatory; R. Durkee, Shed of Science South Observatory, Pontotoc, TX, U.S.A.; V. Benishek, Belgrade Astronomical Observatory; J. M. Bosch, Santa Maria de Montmagastrell, Tarrega, Spain; R. Behrend, Geneva Observatory; and V. Chiorny, Kharkiv Observatory, report that photometric observations taken with a 0.28-m telescope at the Bastidan Observatory in France, a 0.61-m telescope at the Skalnaté Pleso Observatory, a 0.50-m telescope at the Shed of Science South Observatory, a 0.35-m telescope at the Sopot Observatory in Serbia, a 0.41-m telescope at the Santa Maria de Montmagastrell Observatory, and a 0.70-m telescope at the Chuguev station of the Kharkiv Observatory in Ukraine during 2020 Sept. 27-Nov. 15 reveal that minor planet (4788) is a binary system with an orbital period of 14.98 +/- 0.01 hr. The primary shows a period of 2.81752 +/- 0.00008 hr and has a light-curve amplitude of 0.18 mag at solar phases 4-12 degrees, suggesting a nearly spheroidal shape. Mutual eclipse/occultation events that are 0.03 to 0.07 magnitude deep indicate a lower limit on the secondary-to-primary mean-diameter ratio of 0.17. There is also a second rotational lightcurve component with a period of 3.1506 +/- 0.0002 hr and an amplitude of 0.03 mag in the combined primary-plus-secondary lightcurve, which may belong to the eclipsing/occulting secondary or to a third body of the system.

NOTE: These 'Central Bureau Electronic Telegrams' are sometimes
superseded by text appearing later in the printed IAU Circulars.

(C) Copyright 2021 CBAT

2021 January 7

(CBET 4902)

Daniel W. E. Green

Conclusions

- Le travail des amateurs est indispensable aux professionnels.
- Il apporte des connaissances et une maîtrise en photométrie (rigueur, métrologie, statistiques...)
- Si les débuts sont un peu laborieux, il est très gratifiant de voir des CBETs dans lesquels on est cité.

C'est la reconnaissance du travail accompli.

Quelques liens à explorer avant de débiter

- Site CdR-CdL: http://obswww.unige.ch/~behrend/page_cou.html
- LCDB Query: <https://www.minorplanet.info/PHP/lcdbsummaryquery.php>
Format de données photométrique: http://obswww.unige.ch/~behrend/page_fmt.html
- Les 50 dernières CBET: <http://www.cbat.eps.harvard.edu/cbet/RecentCBETs.html>
- Ondrejov Asteroids Photometry Project: <http://www.asu.cas.cz/~ppravec/>
- Liste d'astéroïdes avec satellites(s) : <http://www.johnstonsarchive.net/astro/asteroidmoons.html>
- Mutual events for binary asteroids: <http://fredvachier.free.fr/binaries/phemu.php>
- MPC / Call: <http://www.minorplanet.info/php/call.php>
- Asteroid Lightcurve Photometry Database: <https://alcddef.org/>
- Page web de l'auteur: www.astrosurf.com/sogorb
- DAMIT (Database of Asteroid Models from Inversion Techniques):
<http://astro.troja.mff.cuni.cz/projects/asteroids3D/web.php>
- 3D Asteroid Catalogue: <http://space.frieger.com/asteroids/>
- Vidéo photométrie automatique avec PRiSM: https://youtu.be/eRTiRpg_vWs

Lancez-vous...

Merci pour votre attention.

Des questions?