

# L'observation des phénomènes mutuels des satellites de Jupiter en 2026-2027



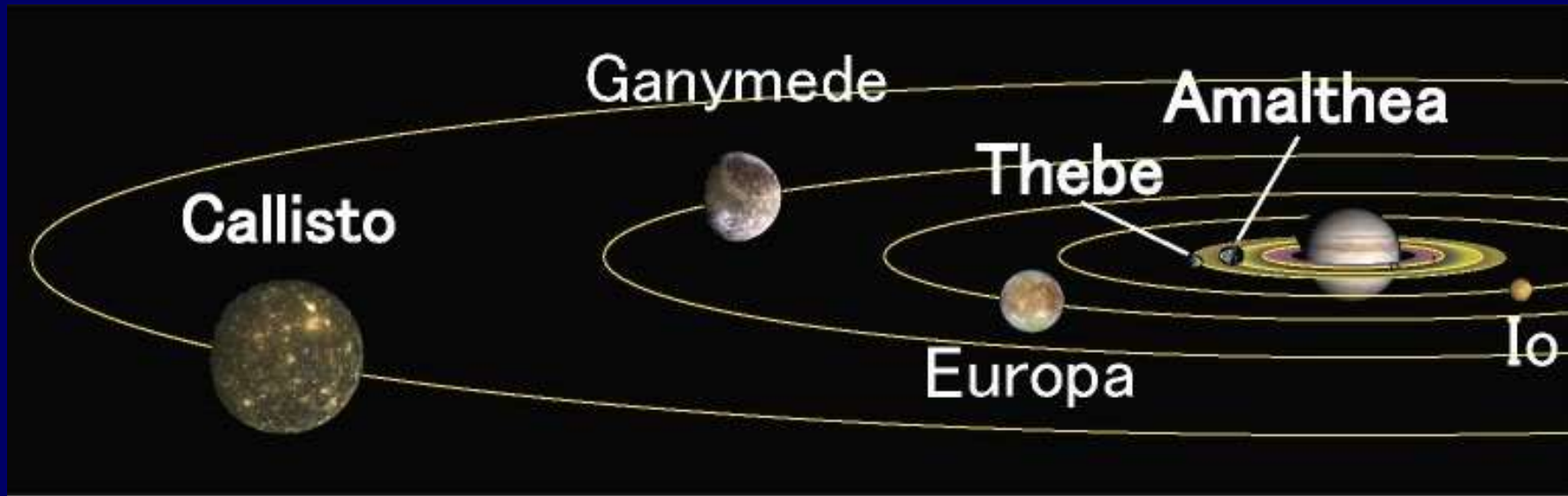
Jean-Eudes ARLOT,

Laboratoire Temps Espace, observatoire de Paris

Thierry MIDAVINE,

Société Astronomique de France et Gemini ProAm collaborations

Les satellites « galiléens » : des petites planètes  
Les satellites « intérieurs » : des gros cailloux



# Des objets de magnitude 6 observables avec un petit instrument



Des corps célestes nécessitant des observations régulières précises pour comprendre leur dynamique et leur nature

# Précision et exactitude des observations

## Mesures de positions

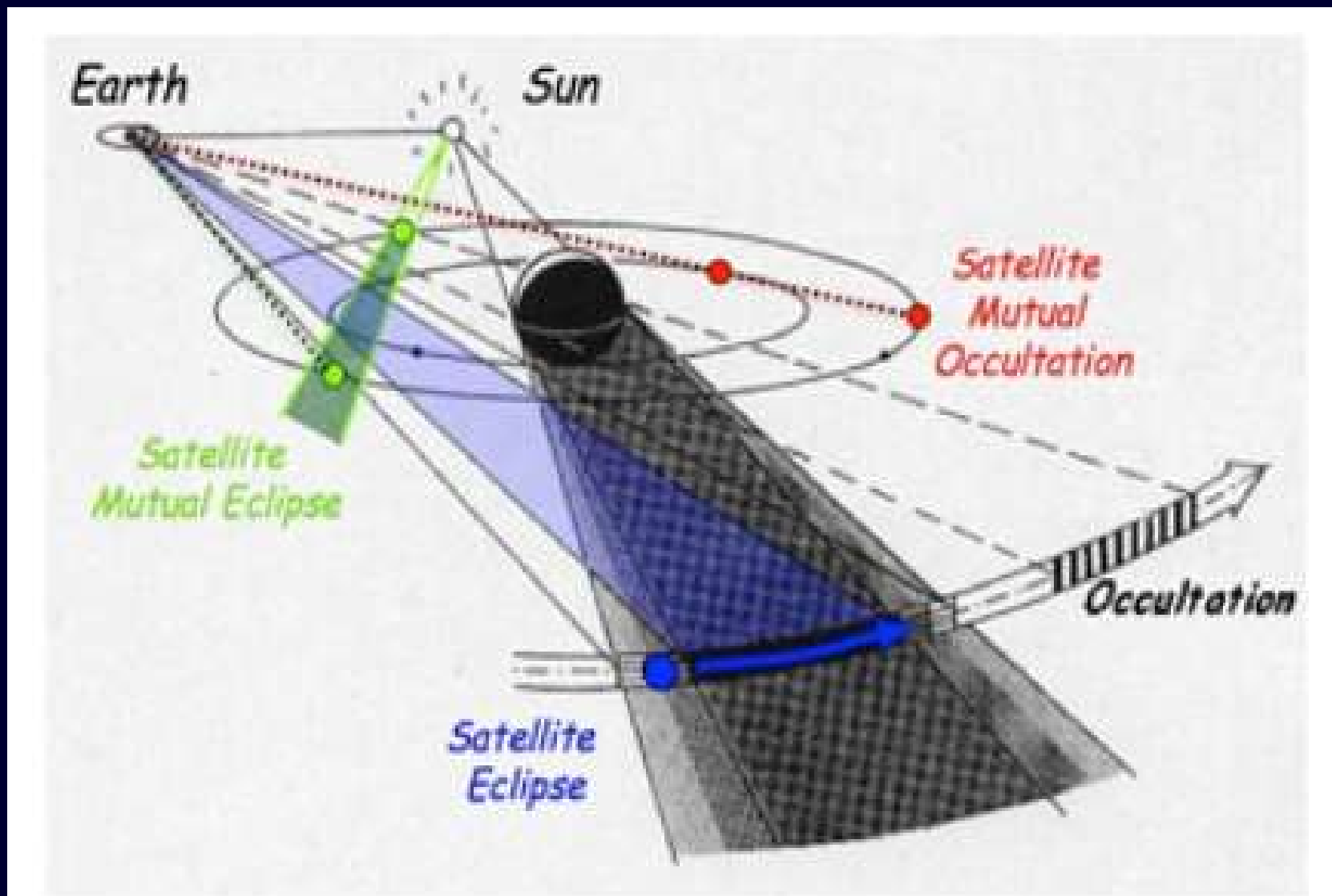
dates	Type d'observation	Dispersion en km
1891-1905	héliomètre visuel	700
1893-1967	plaques photographiques courte focale	800
1967-1978	plaques photographiques longue focale	300
1990-2010	TDI transit circle CCD	150
2000	HST	100
2000	CCD stacking images+ Gaia reference system	50
2010	NAROO + Gaia reference system	90
2015-2025	Gaia TDI transit CCD	à venir avec DR4
1985	Voyager CCD	10
1995	Galileo CCD	10
2000	FAST transit CCD	200

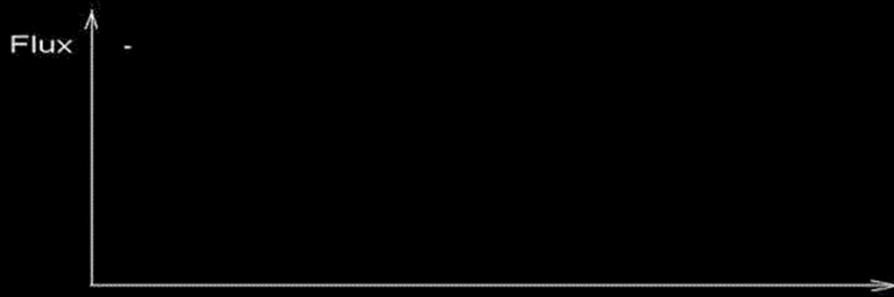
# Précision et exactitude des observations

## Observation de phénomènes

dates	Type d'observation	Dispersion en km	Nombre d'observations possibles
1655-1802	éclipses visuelles	800	passé
1889-1909	Occultations visuelles	1000	passé
1893-1901	éclipses photométriques	600	Tous les jours pendant l'opposition
1973-2003	phénomènes mutuels	50 à 200	200 à 400 tous les 6 ans
2016-2018	rapprochements mutuels	50	Tous les jours mais une composante seulement
2017	occultations d'étoiles	5	Une ou deux par an

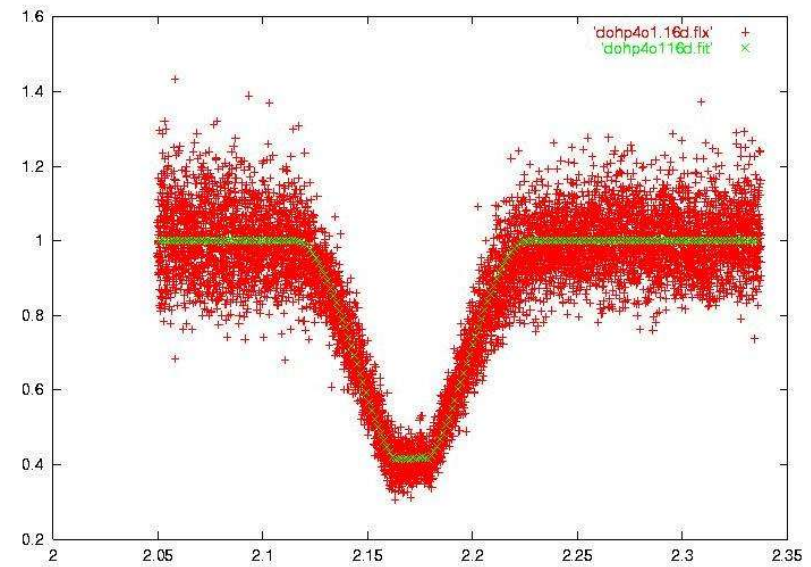
Les satellites galiléens présentent régulièrement des éclipses par l'ombre de Jupiter et tous les 6 ans des éclipses et occultations mutuelles (équinoxe sur Jupiter).



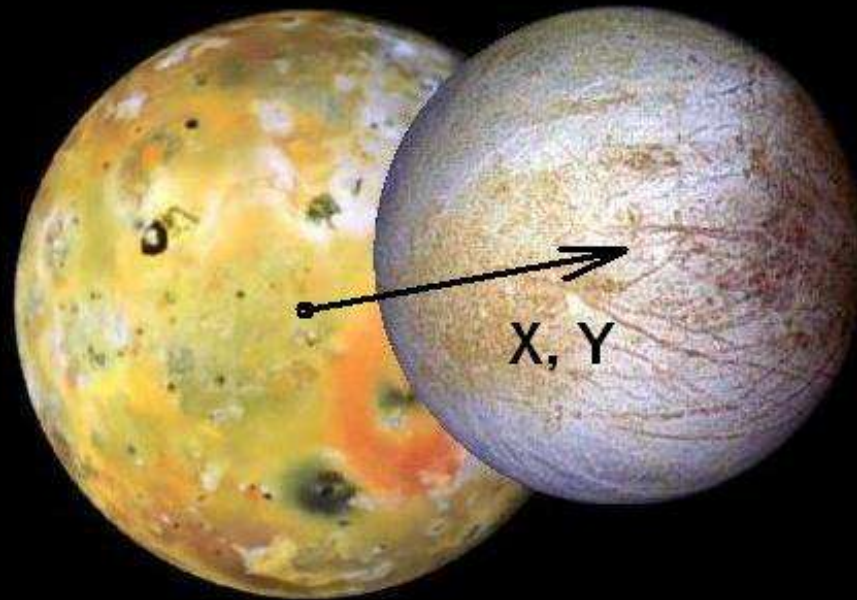


Le principe des éclipses  
et des occultations  
mutuelles

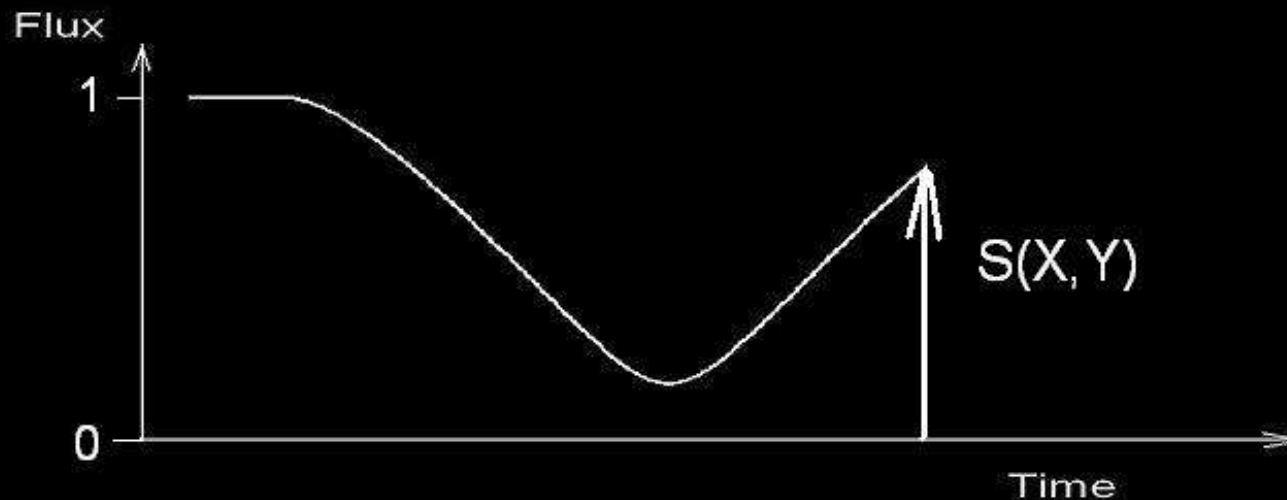
**flux**

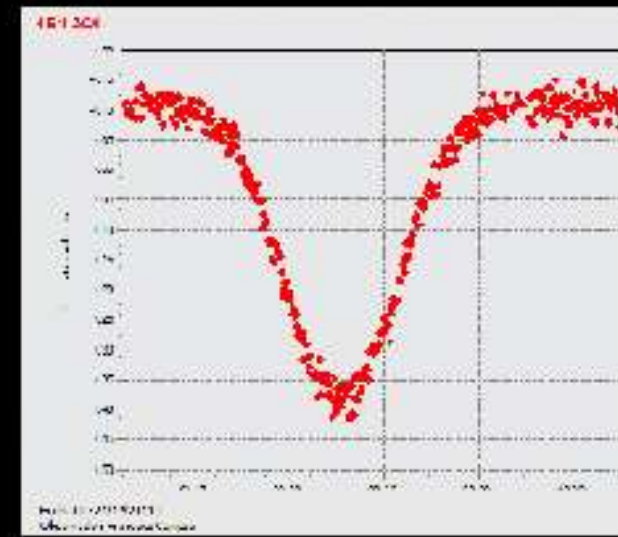
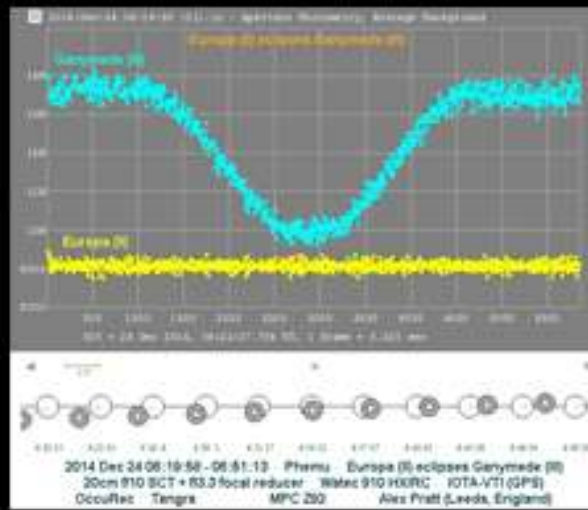
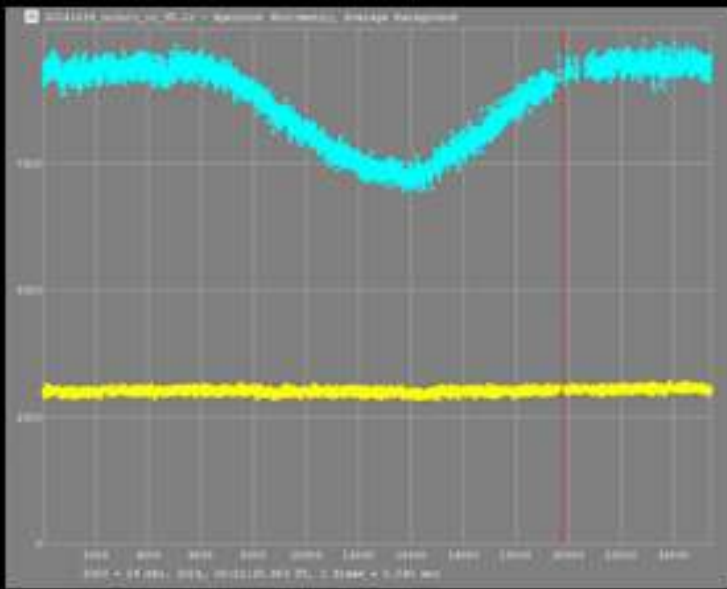


**temps (heures)**



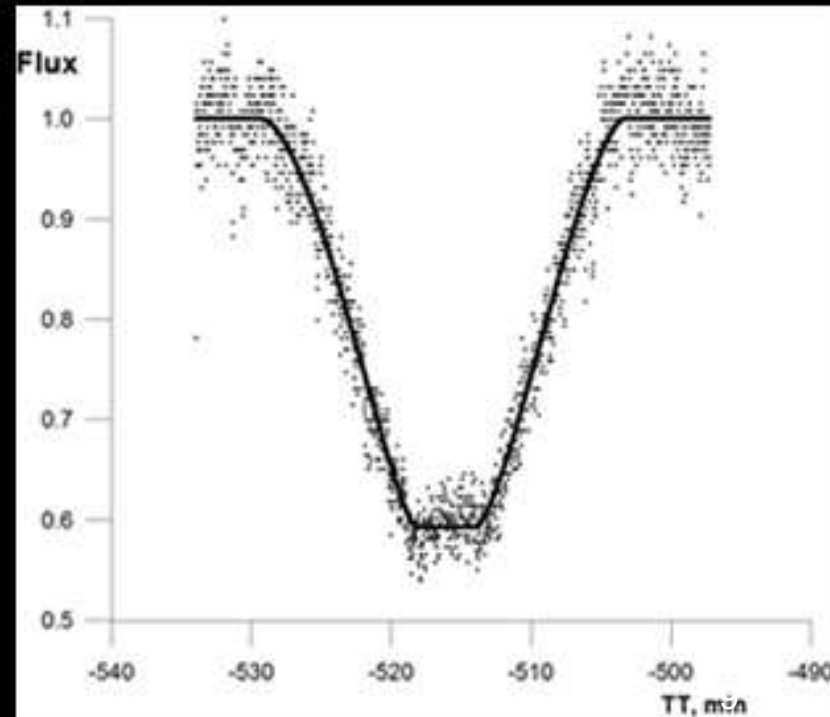
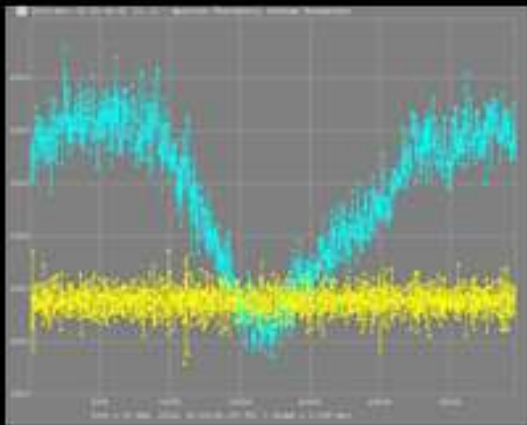
On enregistre le film du phénomène (en UTC à 0.1 seconde de temps près) pour pouvoir ensuite construire une « courbe de lumière » photométrique. La chute en flux permet de déterminer la distance angulaire entre les satellites et des paramètres de leur surface (albédos)



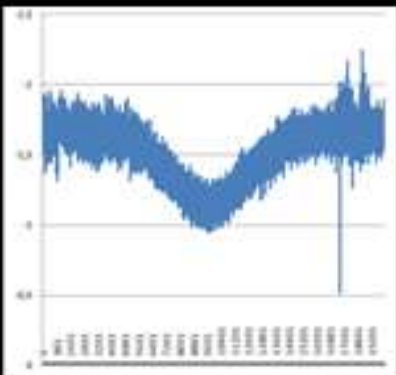


II

Des exemples de courbes de lumière lors d'un phénomène



III  
IV



# Des images à haute résolution grâce au « lucky imaging »

16:38UT



Io Shadow Transit on Ganymede  
August 16, 2009  
© Christopher Go (Cebu, Philippines)

Ganymede occulting Io  
25/05/2009 1842 - 1915 UT

Mike Salway

[www.mikesalway.com.au](http://www.mikesalway.com.au)

La haute résolution n'est pas nécessaire pour des observations photométriques

# Bilan des campagnes d'observation:

	Nombre d'observations	Nombre de sites d'observation	Nombre de phénomènes observés	Nombre de phénomènes observables
Jupiter				
1973	91	26	65	176
1979	18	7	9	60
1985	166	28	64	248
1991	374	56	111	221
1997	275	42	148	390
2003	361	42	116	360
2009	523	68	206	237
2015	658	89	202	255
2021	85	29	40	192
2026	-	-	-	269

# L'évolution des observateurs

- changement d'observateurs (plus d'amateurs) et inclure les débutants
- évolution des instruments et équipements :
  - plus de petits télescopes avec des « smart telescopes »
  - Plus de gros télescopes amateurs de la classe 50cm à 1m
  - Plus de sensibilité et rapidité avec les cameras digitales APS CMOS
  - Intérêt des filtres 880 – 900nm bande du Methane
  - Datation absolue unifiée par les récepteurs GPS (TimeBoxII) ou via Ethernet par NTP Meinberg

# Organisation internationale pour l'observation des phénomènes: Le réseau des sites d'observation



# La campagne de 2026-2027

Quels phénomènes observer?

Les phénomènes mutuels des satellites galiléens et les éclipses des satellites intérieurs Amalthée et Thébé

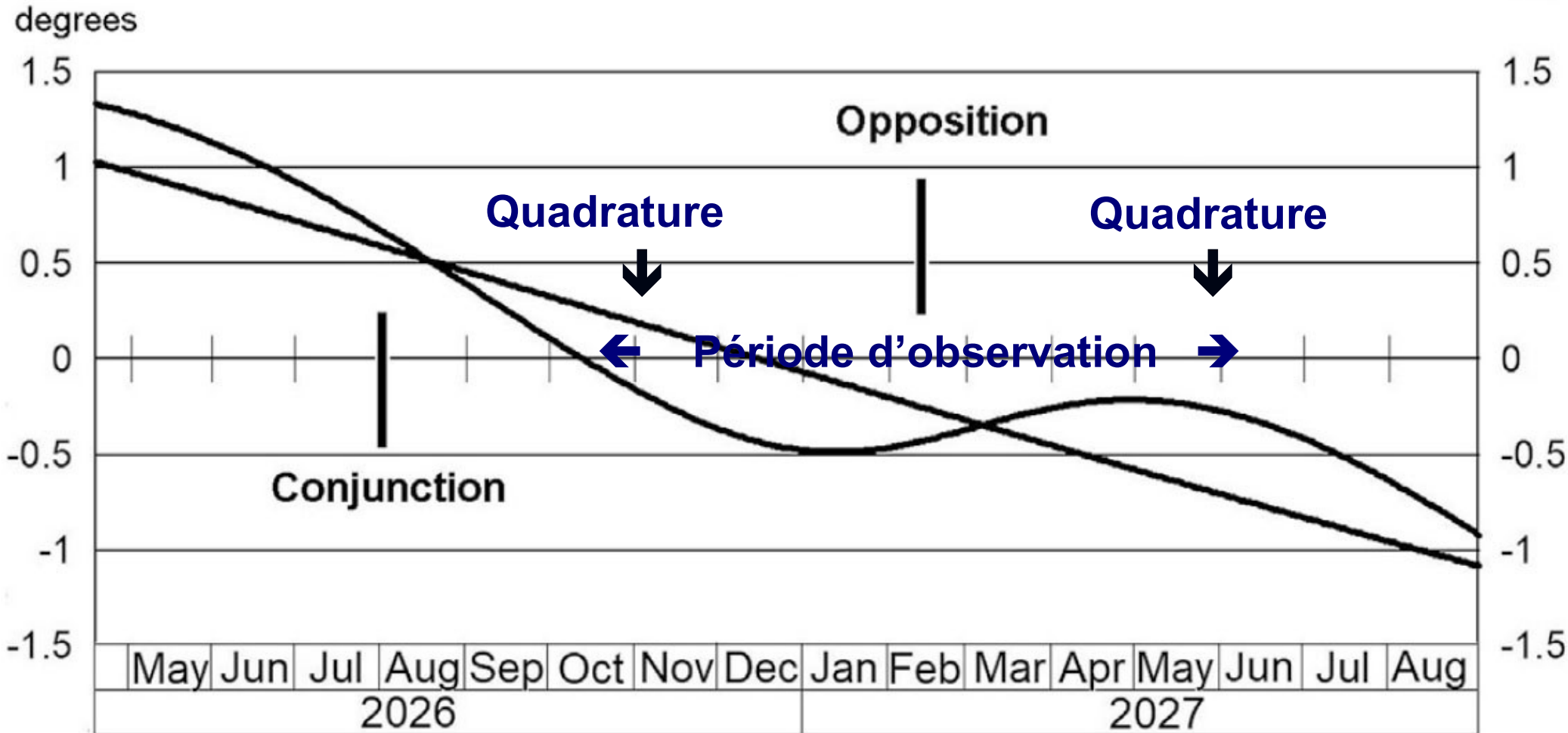
# Les dates importantes de 2026-27

	<b>dates</b>
conjonctions	26 juillet 2026 - 25 août 2027
opposition	11 février 2027
quadratures	18 novembre 2026 - 16 mai 2027
Terre dans le plan équatorial	10 octobre 2026
Soleil dans le plan équatorial (*)	16 décembre 2026
Déclinaison de Jupiter	de +22 à +5 degrés
Période d'observation	mai 2026 à juin 2027

(\*): équinoxe sur Jupiter

# La campagne de 2026-27: équinoxe sur Jupiter

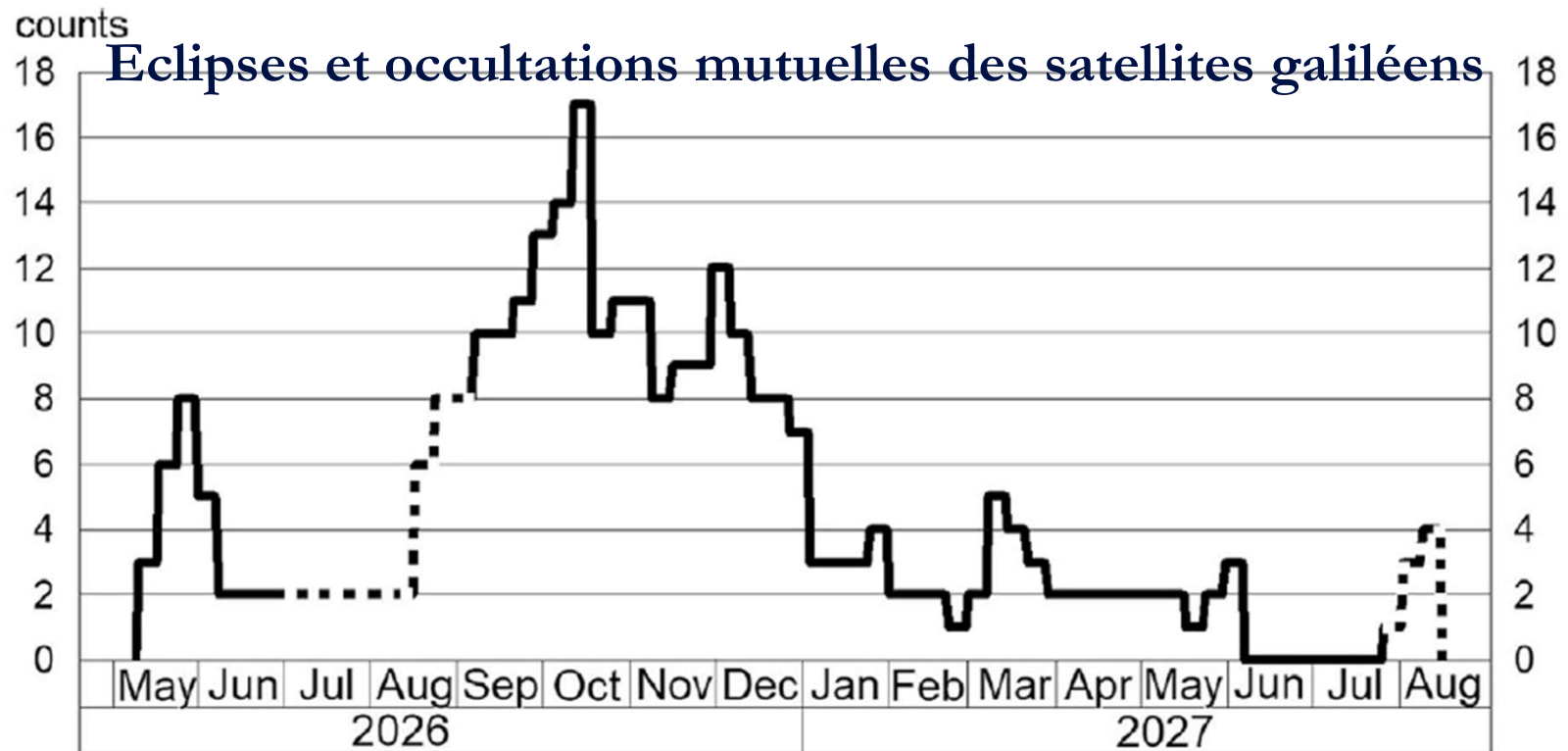
## Déclinaisons jovicentriques du Soleil et de la Terre



Nb de phénomènes  
observables en  
France

M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
3	2	0	0	5	11	17	18	9	2	7	0	5

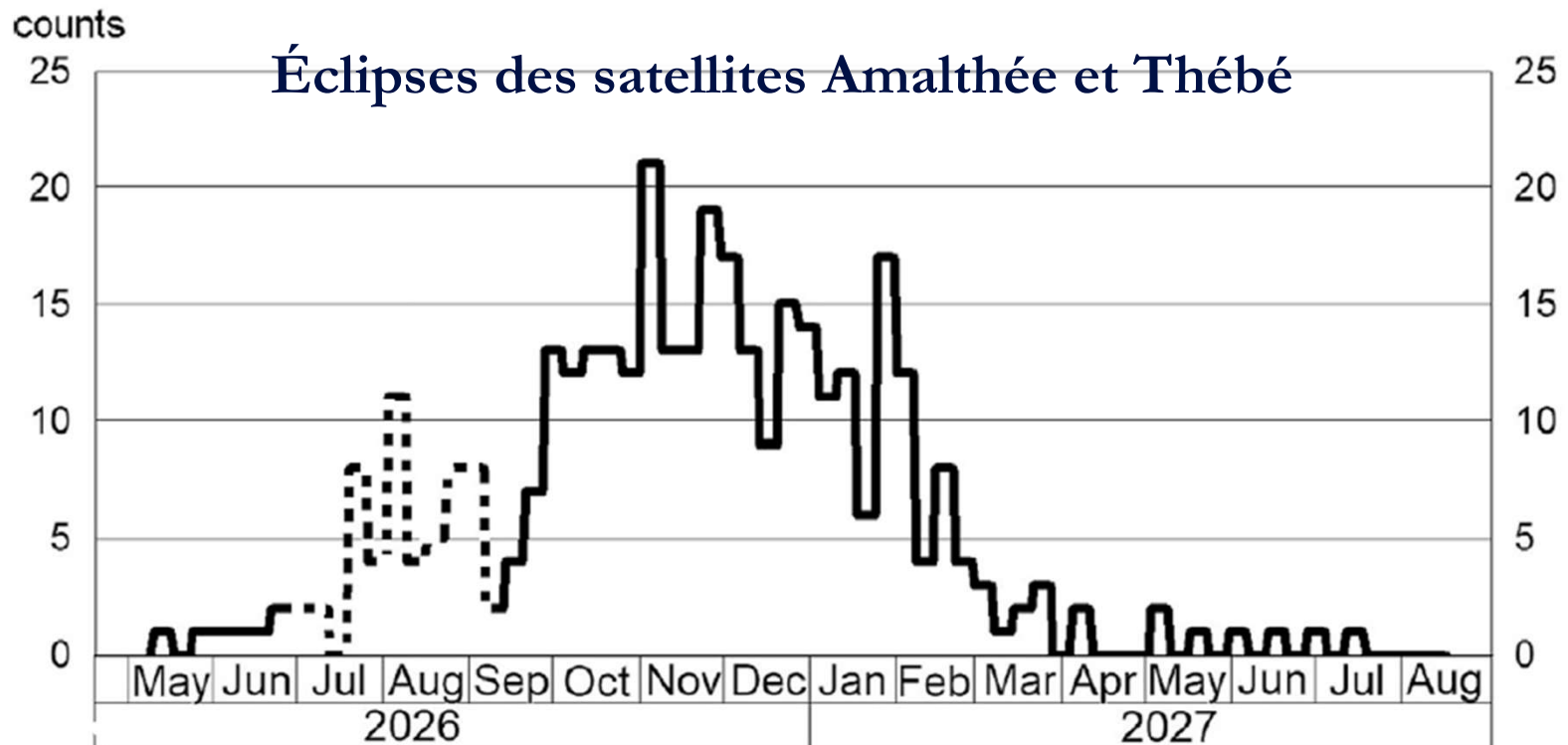
# La campagne de 2026-27: équinoxe sur Jupiter



Parameters of the Earth-Sun-Jupiter configuration during the mutual phenomena of the Galilean satellites in 2026–2027: number of phenomena per week (Monday to Sunday), the dashed sectors correspond to unobservable phenomena.

## Nombre de phénomènes observables chaque semaine

# La campagne de 2026-27: équinoxe sur Jupiter



Parameters of the Earth-Sun-Jupiter configuration during the eclipses of the Inner Jovian satellites in 2026–2027: number of phenomena per week (Monday to Sunday), the dashed sectors correspond to unobservable phenomena.

Nombre de phénomènes observables chaque semaine

Site de la campagne: <https://www.imcce.fr/recherche/campagnes-observations/>

Période	Déclinaison de Jupiter
1990-1991	+18° à +20°
1997-1998	-18° à -4°
2002-2003	+23° à +18°
2009-2010	-20° à -10°
2014-2015	+23° à +15°
2020-2021	-20° à -5°
2026-2027	+20° à +5°

Périodes favorables soit à l'hémisphère Nord, soit à l'hémisphère Sud

# Le site web consacré à la campagne Phemu26

## Recherche

### Campagnes d'observations

Présentation •

PHEMU-PHESAT 2024-2025-2026-2027 Équinoxe sur Jupiter en 2026 et sur Saturne en 2025 •

Le guide de l'observateur •

## Outils interactifs pour les observateurs: les dates des phénomènes

- [Phénomènes des satellites naturels: dates et visibilité \(ssp\)](#)
- [Phénomènes mutuels des satellites galiléens en 2026-2027 \(Multisat\)](#)
- [Configurations et positions des satellites de Jupiter](#)

[Envoyez vos observations sur la page de téléchargement](#)

ou bien, dans le cas où vous ne réussiriez pas:

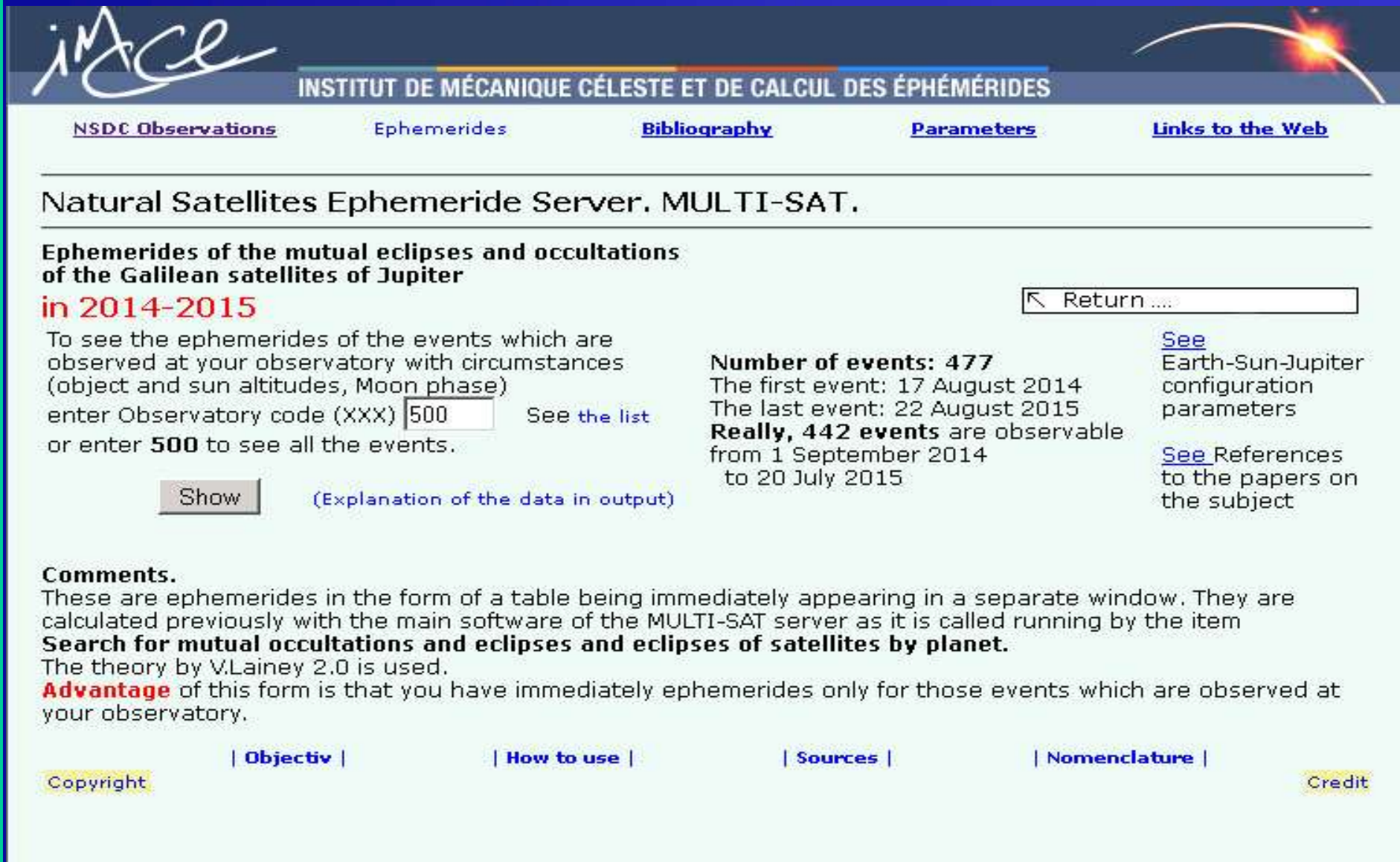
[Téléchargez ici la fiche d'observation](#) à remplir et à renvoyer avec les données après chaque observation de phénomène.

## Notes techniques PHEMU

- Note technique n°1 : [Présentation des satellites galiléens et des phénomènes mutuels](#)
- Note technique n°2 : Présentation des satellites de Saturne et d'Uranus (en préparation)
- Note technique n°3 : [L'observation photométrique des phénomènes mutuels](#)

<https://www.imcce.fr/recherche/campagnes-observations/phemus/phemu#1>

# Trouver les phénomènes observables pour votre site



**imae** INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

[NSDC Observations](#)   [Ephemerides](#)   [Bibliography](#)   [Parameters](#)   [Links to the Web](#)

---

## Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

---

### Ephemerides of the mutual eclipses and occultations of the Galilean satellites of Jupiter in 2014-2015

To see the ephemerides of the events which are observed at your observatory with circumstances (object and sun altitudes, Moon phase) enter Observatory code (XXX)  [See the list](#) or enter **500** to see all the events.

  [\(Explanation of the data in output\)](#)

**Number of events: 477**  
The first event: 17 August 2014  
The last event: 22 August 2015  
**Really, 442 events** are observable from 1 September 2014 to 20 July 2015

[Return ...](#)

[See](#) Earth-Sun-Jupiter configuration parameters

[See](#) References to the papers on the subject

**Comments.**  
These are ephemerides in the form of a table being immediately appearing in a separate window. They are calculated previously with the main software of the MULTI-SAT server as it is called running by the item **Search for mutual occultations and eclipses and eclipses of satellites by planet.**  
The theory by V.Lainey 2.0 is used.  
**Advantage** of this form is that you have immediately ephemerides only for those events which are observed at your observatory.

[Copyright](#)   | [Objectiv](#) |   | [How to use](#) |   | [Sources](#) |   | [Nomenclature](#) |   | [Credit](#)

Lien vers le site:

<https://www.sai.msu.ru/neb/nss/html/multisat/nsszph5he.htm>

# L'observation des phénomènes mutuels

- C'est une observation photométrique
- Elle doit être datée en UTC à mieux que 0.1 s
- On observe le phénomène et les satellites proches
- Un même phénomène est observable par tous les observateurs d'un même hémisphère terrestre

# Un site web d'éphémérides des satellites

The screenshot shows the website header with logos for Sternberg Astronomical Institute and Moscow University. The main navigation bar includes links for NSDB Observations, Ephemerides, Bibliography, Parameters and constants, and Internet links. A sub-menu under Ephemerides is open, showing options like 'Ephemerides with constant step on time' and 'Ephemerides and (O-C) for a file of dates and positions'. The main content area is titled 'MULTISAT. Ephemerides of planets and natural satellites.' and features a configuration section for 'Galilean and inner satellites of Jupiter'. This section contains several form fields: a dropdown for 'Satellite' (Jupiter center), a dropdown for 'Put' (Jupiter center), a text input for 'Observatory code (XXX)' (500), a dropdown for 'Epoch of equator and equinox' (J2000), radio buttons for 'Time Scale' (UTC selected), a dropdown for 'format of the initial date' (Year month day hour min sec.decimals), a text input for 'Enter initial moment' (2000 01 01 0 0 0.0), dropdowns for 'step unit' (day) and 'step value' (1), a dropdown for 'the field' (12°), and a dropdown for 'type of coordinates' (Diff. X, Y (arcsec)). A 'Return ...' button is at the top right, and a 'Show' button is at the bottom right. Footer links include 'User's manual', 'Sources', and 'Nomenclature', along with 'Copyright' and 'Credit' labels.

Г А И Ш М Г У  
Sternberg Astronomical Institute  
Insitut d'Astronomie Sternberg

Московский Университет  
Moscow University  
Université Moscou

[NSDB Observations](#)   [Ephemerides](#)   [Bibliography](#)   [Parameters and constants](#)   [Internet links](#)

▸ [Ephemerides with constant step on time](#) ▸ [Ephemerides and \(O-C\) for a file of dates and positions](#)   [Configuration](#)

## MULTISAT. Ephemerides of planets and natural satellites.

### Configuration of the system of satellites

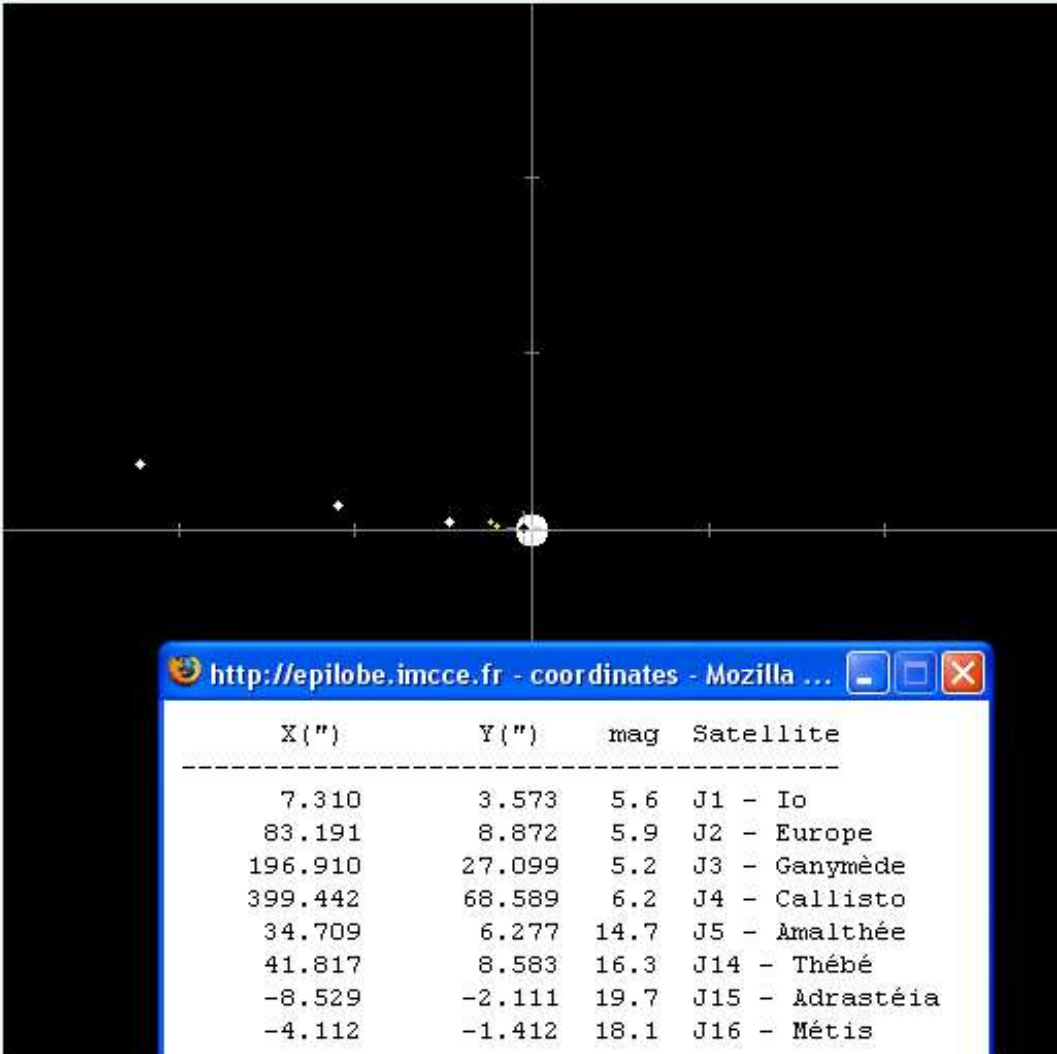
#### Galilean and inner satellites of Jupiter

- Choose a Satellite  that will be cross-marked.
- Put  at the center of field
- Enter Observatory code (XXX)  (500 for geocenter)   See [the list](#)
- Epoch of equator and equinox
- Choose Time Scale:  UTC    TT
- Choose format of the initial date
- Enter initial moment
- Choose the step unit  the step value  the field
- Choose type of coordinates    ([Explications](#))

[| User's manual |](#)   [| Sources |](#)   [| Nomenclature |](#)

Copyright   [Credit](#)

<https://www.sai.msu.ru/neb/nss/html/multisat/nssima5he.htm>



Champ de l'  
Date: 2008  
Observatoire

http://epilobe.imcce.fr - coordonnées - Mozilla ...

X (")	Y (")	mag	Satellite
7.310	3.573	5.6	J1 - Io
83.191	8.872	5.9	J2 - Europe
196.910	27.099	5.2	J3 - Ganymède
399.442	68.589	6.2	J4 - Callisto
34.709	6.277	14.7	J5 - Amalthée
41.817	8.583	16.3	J14 - Thébé
-8.529	-2.111	19.7	J15 - Adrastéia
-4.112	-1.412	18.1	J16 - Métis

**IMCCE/SAI.**  
**Serveur d'éphémérides**  
**des satellites naturels. MULTI-SAT.**

**Satellites de Jupiter**

Objet de référence:  
**Jupiter**  
Satellite marqué:  
**J1 - Io**  
L'époque de l'équateur et l'équinoxe  
J2000  
**Coordonnées différentielles**

Réactualiser  
avec l'échelle de 18'  
Un pas de 1.0000 jours  
 Arrière  
 No  
 En avant

Satellite marqué:  
J1 - Io

Centre du champ:  
 $\alpha = 19^h 19^m 21.975^s$  N  
E + W  
 $\delta = -22^\circ 32' 54.37''$  S

[Coordonnées et magnitudes](#)

L'observation: un film de tout le phénomène  
et de plusieurs satellites qui serviront de référence

Halo de Jupiter rejeté  
juste hors du champ  
(et y pénètre parfois)



Callisto

Défocaliser est souvent un impératif pour éviter la saturation:  
la photométrie est améliorée

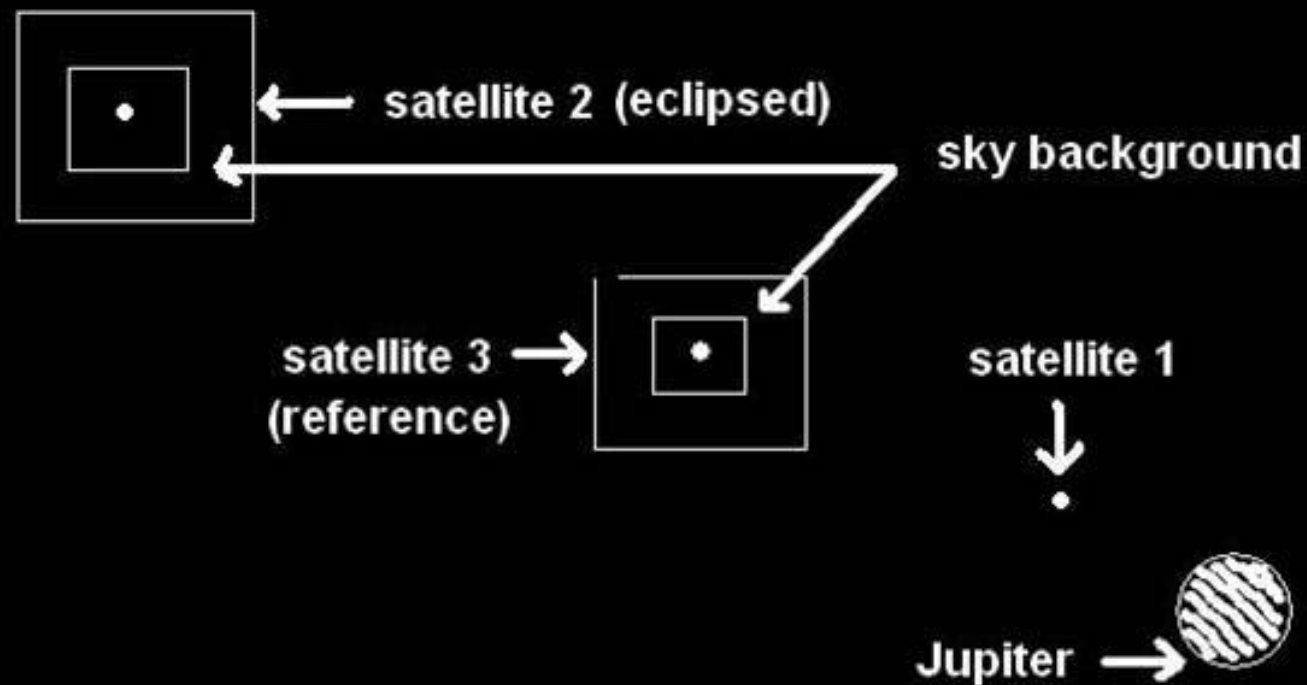
1 : 30 : 24 937 957 894592

# Défocaliser légèrement les images



- Les images des satellites ont été légèrement défocalisées pour éviter la saturation du récepteur
- Attention à la saturation lorsque les images se superposent

La réduction: mesure de flux du phénomène, d'un satellite de référence et des fonds de ciel



Phénomène: le satellite 3 eclipse le satellite 2

# The PHEMU15 catalog and astrometric results of the Jupiter's Galilean satellite mutual occultation and eclipse observations made in 2014-2015. <sup>\*,\*\*</sup>

E. Saquet<sup>1,2</sup>, N. Emelyanov<sup>3,2</sup>, V. Robert<sup>1,2</sup>, J.-E. Arlot<sup>2</sup>, P. Anbazhagan<sup>4</sup>, J. Bardecker<sup>5</sup>, A.A. Berezhnoy<sup>3</sup>, M. Bretton<sup>6</sup>, C. Calderon<sup>7</sup>, F. Campos<sup>8</sup>, L. Capannoli<sup>9</sup>, B. Carry<sup>2</sup>, M. Caster<sup>10</sup>, Y. Charbonnier<sup>11</sup>, M.M. Chernikov<sup>12</sup>, A. Christou<sup>13</sup>, F. Colas<sup>2</sup>, J.-F. Coliac<sup>14</sup>, G. Dangl<sup>15</sup>, O. Dechambre<sup>16</sup>, M. Delcroix<sup>17</sup>, A. Dias-Oliveira<sup>18</sup>, C. Drillaud<sup>16</sup>, Y. Duchemin<sup>2</sup>, R. Dunford<sup>19</sup>, P. Dupouy<sup>20</sup>, C. Ellington<sup>21</sup>, P. Fabre<sup>11</sup>, V.A. Filipov<sup>22</sup>, J. Finnegan<sup>13</sup>, S. Foglia<sup>23</sup>, D. Font<sup>6</sup>, B. Gaillard<sup>10</sup>, G. Gall<sup>23</sup>, J. Garltz<sup>23</sup>, A. Gasm<sup>1</sup>, D. Gault<sup>25</sup>, K. Gazeas<sup>26</sup>, T. George<sup>27</sup>, S.Y. Gorda<sup>28</sup>, D.L. Gorshakov<sup>29</sup>, C. Gualdoni<sup>30</sup>, K. Guhl<sup>31</sup>, K. Halir<sup>32</sup>, W. Hanna<sup>33</sup>, X. Henry<sup>11</sup>, D. Herald<sup>34</sup>, G. Houdin<sup>35</sup>, Y. Ito<sup>36</sup>, I.S. Izmailov<sup>29</sup>, J. Jacobsen<sup>37</sup>, A. Jones<sup>38</sup>, S. Kamoun<sup>39</sup>, E. Kardasis<sup>40</sup>, A.M. Karimo<sup>22</sup>, M.Y. Khovritchev<sup>29</sup>, A.M. Kulikova<sup>29</sup>, J. Laborde<sup>20</sup>, V. Lainey<sup>2</sup>, M. Lavayssiere<sup>20</sup>, P. Le Guen<sup>11</sup>, A. Leroy<sup>10</sup>, B. Loader<sup>33</sup>, A.Y. Lyashenko<sup>29</sup>, P.G. Lysenko<sup>22</sup>, N. Maigurova<sup>11</sup>, J. Manek<sup>42</sup>, A. Marchini<sup>43</sup>, T. Midavaine<sup>44</sup>, J. Montier<sup>45</sup>, K.N. Naumov<sup>29</sup>, A. Nedelcu<sup>46</sup>, J. Newman<sup>47</sup>, J.M. Ohlert<sup>48</sup>, A. Oksanen<sup>49</sup>, H. Pavlov<sup>50</sup>, E. Petrescu<sup>51</sup>, A. Pomazan<sup>41</sup>, M. Popescu<sup>46</sup>, A. Pratt<sup>52</sup>, V.N. Raskhozhev<sup>12</sup>, J.-M. Resch<sup>11</sup>, D. Robilliard<sup>45</sup>, E. Roschina<sup>29</sup>, E. Rothenberg<sup>53</sup>, M. Rottenborn<sup>54</sup>, S.A. Rusov<sup>29</sup>, F. Saby<sup>11</sup>, L.F. Saya<sup>9</sup>, G. Selvakumar<sup>4</sup>, F. Signoret<sup>55</sup>, V.Y. Slesarenko<sup>29</sup>, E.N. Sokov<sup>29</sup>, J. Soldateschi<sup>42</sup>, A. Sonka<sup>45</sup>, G. Soulie<sup>20</sup>, J. Talbot<sup>56</sup>, V.G. Tejfel<sup>21</sup>, W. Thuillot<sup>2</sup>, B. Timerson<sup>57</sup>, R. Toma<sup>13</sup>, S. Torsellini<sup>9</sup>, P. Traverse<sup>58</sup>, M. Unwin<sup>59</sup>, T. Vagelis<sup>60</sup>, F. Van Den Abbeel<sup>61</sup>, H. Vandenberg<sup>62</sup>, R. Vasundhara<sup>4</sup>, Y.I. Velikodsky<sup>63</sup>, A. Vienne<sup>64</sup>, J. Vilar<sup>65</sup>, J.-M. Vugnon<sup>66</sup>, N. Wuensche<sup>67</sup>, and P. Zeleny<sup>68</sup>

(Affiliations can be found after the references)

Received XX Xxxxx 2017 / Accepted XX Xxxxx 2017

## ABSTRACT

**Aims.** During the 2014-2015 mutual events season, the IMCCE, Paris France, and the Sternberg Astronomical Institute, Moscow Russia, lead an international observation campaign to record ground-based photometric observations of Galilean moon mutual occultations and eclipses. We focused on processing the complete photometric observations database to compute new accurate astrometric positions.

**Methods.** We used our method to derive astrometric positions from the lightcurves of the events. We developed an accurate photometric model of mutual occultations and eclipses, while correcting for the satellite albedos, Hapke's light scattering law, the phase effect and the limb darkening.

**Results.** We processed 607 lightcurves and we compared the observed positions of the satellites with the theoretical positions from IMCCE NOE-5-2010-GAL satellite ephemerides and INPOP13c planetary ephemeris. The internal precision in equatorial positions is 24 mas, or 75 km at Jupiter. The rms (O-C) in equatorial positions is  $\pm 50$  mas, or 150 km at Jupiter.

**Key words.** astronomical databases: miscellaneous – techniques: photometric – planets and satellites: individual: Io – planets and satellites: individual: Europa – planets and satellites: individual: Ganymede – planets and satellites: individual: Callisto – occultations – eclipses – ephemerides

## 1. Introduction

The Jovian system and the Galilean moons have been studied for their motion, in particular. Their respective dynamical models allow us to constrain their structure and their origin theories.

Photometric observations of mutual events of the Galilean moons are essential to improve their ephemerides, mainly because we are able to extract high-precision astrometric positions of the satellites from the photometry. Moreover, Robert et al. (2017) have recently demonstrated that the positioning accuracy derived from photometric observations still remains more pre-

cise than that derived from direct astrometry, even if the use of the most recent Gaia-DR1 catalog (Gaia Collaboration et al. 2016) allowed them to eliminate the systematic errors due to the star references. Thus, our work is crucial for current and future spacecraft navigation (Dirkx et al. 2016), and for dynamical purposes, since the ephemerides are improved by adjusting the new astrometric positions to the theories.

Photometric observations of mutual events of the Galilean moons are essential to improve the ephemerides. Indeed, we can extract astrometric positions of the satellites from the photometry. The determined positioning accuracy is more precise than that derived from direct astrometry (Robert et al. 2017). Then, we can improve the ephemerides by adjusting the astrometric positions to the theories. This work is crucial for current and future spacecraft navigation, and for dynamical purposes.

In 2014-2015, the Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides (IMCCE) and the Sternberg Astronomical

Article number, page 1 of 9

# The PHEMU21 catalogue and astrometric results of the observations of the mutual occultations and eclipses of the Galilean satellites of Jupiter made in 2021

N. Emelyanov,<sup>1,2\*</sup> J.-E. Arlot,<sup>2</sup> P. Anbazhagan,<sup>3</sup> P. André,<sup>4</sup> J. Bardecker,<sup>5</sup> G. Canaud,<sup>6</sup> J. F. Coliac,<sup>7</sup> J. De Elias Cantalapiedra,<sup>8</sup> C. K. Ellington,<sup>9</sup> J. M. Fernandez,<sup>10</sup> M. Forbes,<sup>11</sup> K. Gazeas,<sup>12</sup> D. Gault,<sup>13</sup> T. George,<sup>14</sup> F. Gourdon,<sup>15</sup> D. Herald,<sup>16</sup> D. Huber,<sup>17</sup> R. Iglesias-Marzoa,<sup>18</sup> J. Izquierdo,<sup>8</sup> R. Jorba Lloveras,<sup>8</sup> S. Kerr,<sup>16</sup> A. Lasala,<sup>19</sup> P. Le Guen,<sup>20</sup> A. Leroy,<sup>6</sup> M. Lutz,<sup>21</sup> P. Maley,<sup>22</sup> T. Mannchen,<sup>21</sup> J. M. Mari,<sup>17</sup> A. Maury,<sup>17,18</sup> J. Newman,<sup>16</sup> S. Palafouta,<sup>12</sup> J. Prieto Gallego,<sup>8</sup> P. Roger,<sup>15</sup> D. Röschi,<sup>23</sup> G. Selvakumar,<sup>3</sup> V. Serra,<sup>21</sup> P. Stuart,<sup>24</sup> M. Turchenko,<sup>1,25</sup> R. Vasundhara<sup>26</sup> and E. Velasco<sup>8,27</sup>

Affiliations are listed at the end of the paper

Accepted 2022 September 2. Received 2022 September 2; in original form 2022 June 24

## ABSTRACT

2021 was the year of Jupiter's equinox, that is the Sun and the Earth passed through the equatorial plane of the planet and therefore the orbital planes of its main satellites. This occurrence made it possible to observe mutual occultations and eclipses between the satellites. Our former experience shows that observations of such events provide accurate astrometric data that can be used to obtain new information on the dynamics of the Galilean satellites. The observations are a series of photometric measurements of a satellite which are carried out through the organization of a world wide campaign of observations thus maximizing the number and the quality of the data obtained. This work focuses on processing the photometric observations of the mutual occultations and eclipses of the Galilean satellites of Jupiter made during the international campaign in 2021. The final goal is to derive new accurate astrometric data. We used an accurate photometric model of mutual events in conjunction with the accuracy of observation. We obtained and processed the 84 light curves obtained during the campaign. As compared with the current best ephemerides, the rms of 'O-C' residuals are equal to 49 and 48 mas in right ascension and declination, respectively.

**Key words:** ephemerides – planets and satellites: general.

## 1 INTRODUCTION

Photometric observations of mutual occultations and eclipses of natural satellites of planets offer an efficient source of new astrometric data. Adding this new data makes it possible to significantly refine the model of the motion of Jupiter's satellites. It is from observations of mutual phenomena in the system of Galilean satellites that the secular acceleration of the moon Io was derived by Aksnes & Franklin (2001). It was concluded for the first time by the authors of this work that Io is losing more orbital energy from internal dissipation than it gains from Jupiter's tidal torque.

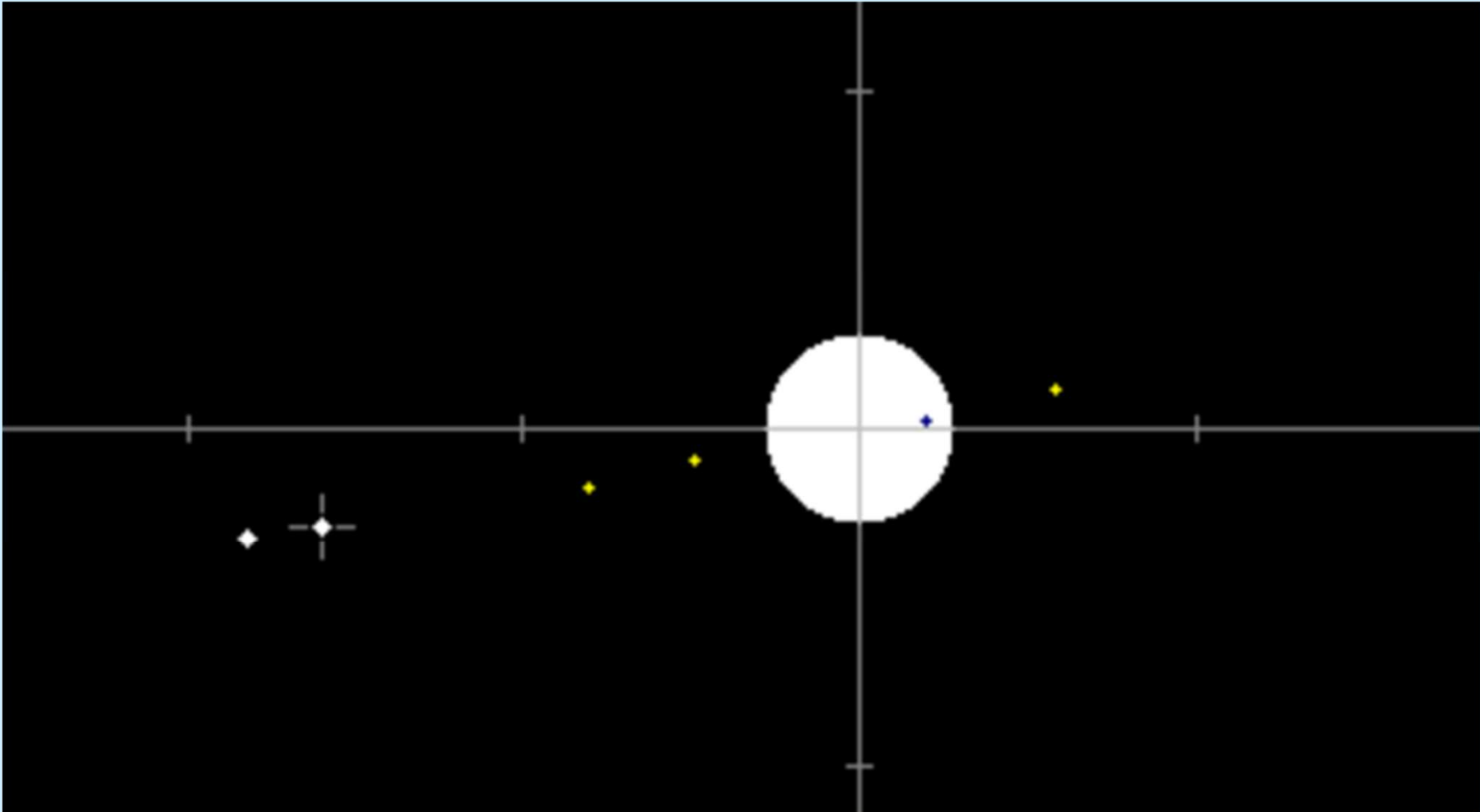
Refinement of the model of motion of the Galilean satellites based on observations was continued in (Lainey et al. 2009). Observations of the mutual occultations and eclipses of the Galilean moons occurring every six years from 1973 to 2003 were used. The observations of mutual events, known to be among the most accurate observations, have high accuracy and provide the best constraint of the satellite orbits for the past decades. Lainey et al. (2009) reported a new determination of the tidal dissipation in Io and Jupiter through its effect on the orbital motions of the Galilean moons. With these data the transport of the internally generated energy was analysed.

\* E-mail: 4emelia6@gmail.com

© 2022 The Author(s)

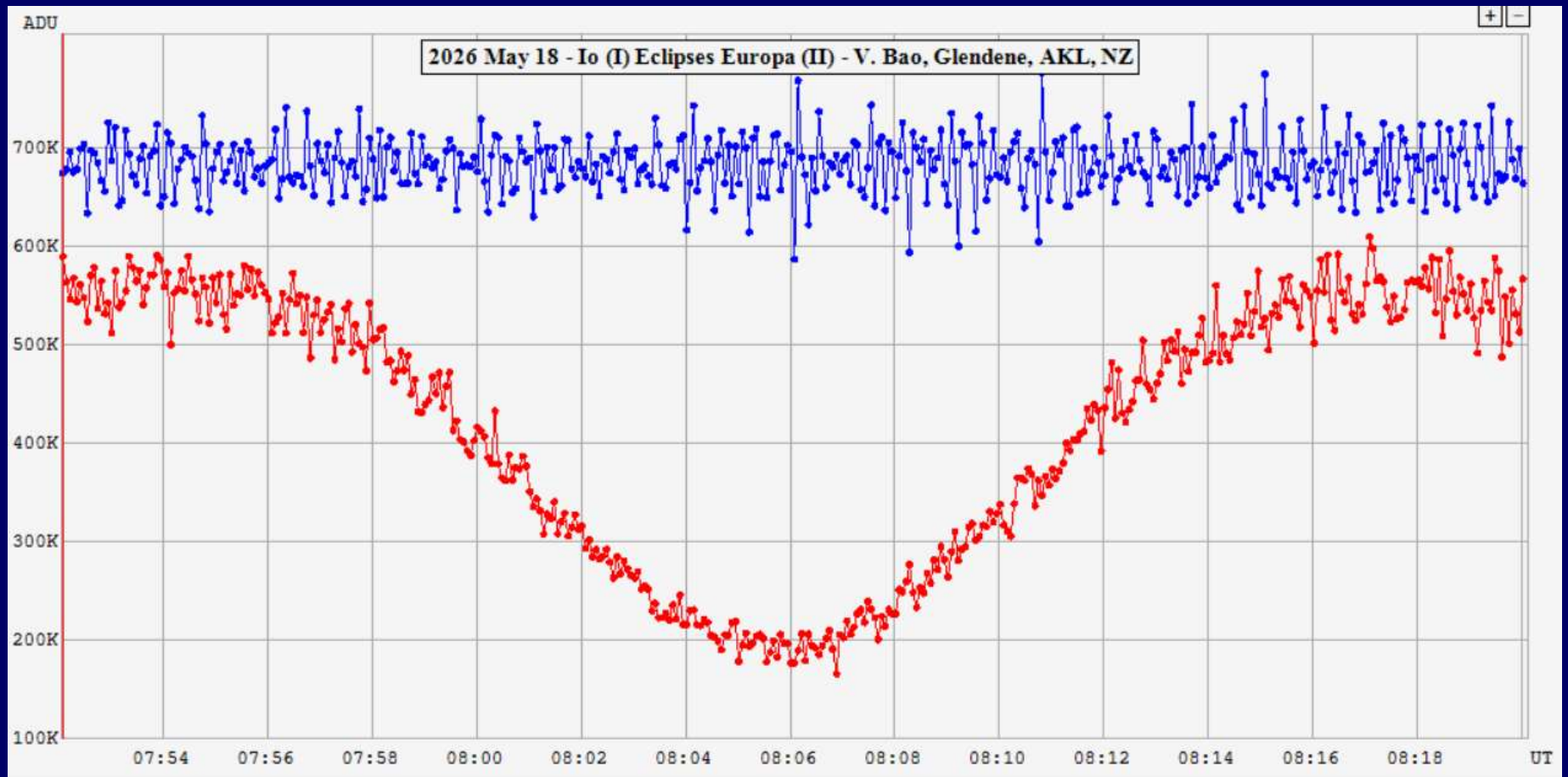
Published by Oxford University Press on behalf of Royal Astronomical Society

# La première éclipse de la campagne: éclipse de J2 par J1 du 18 mai 2026



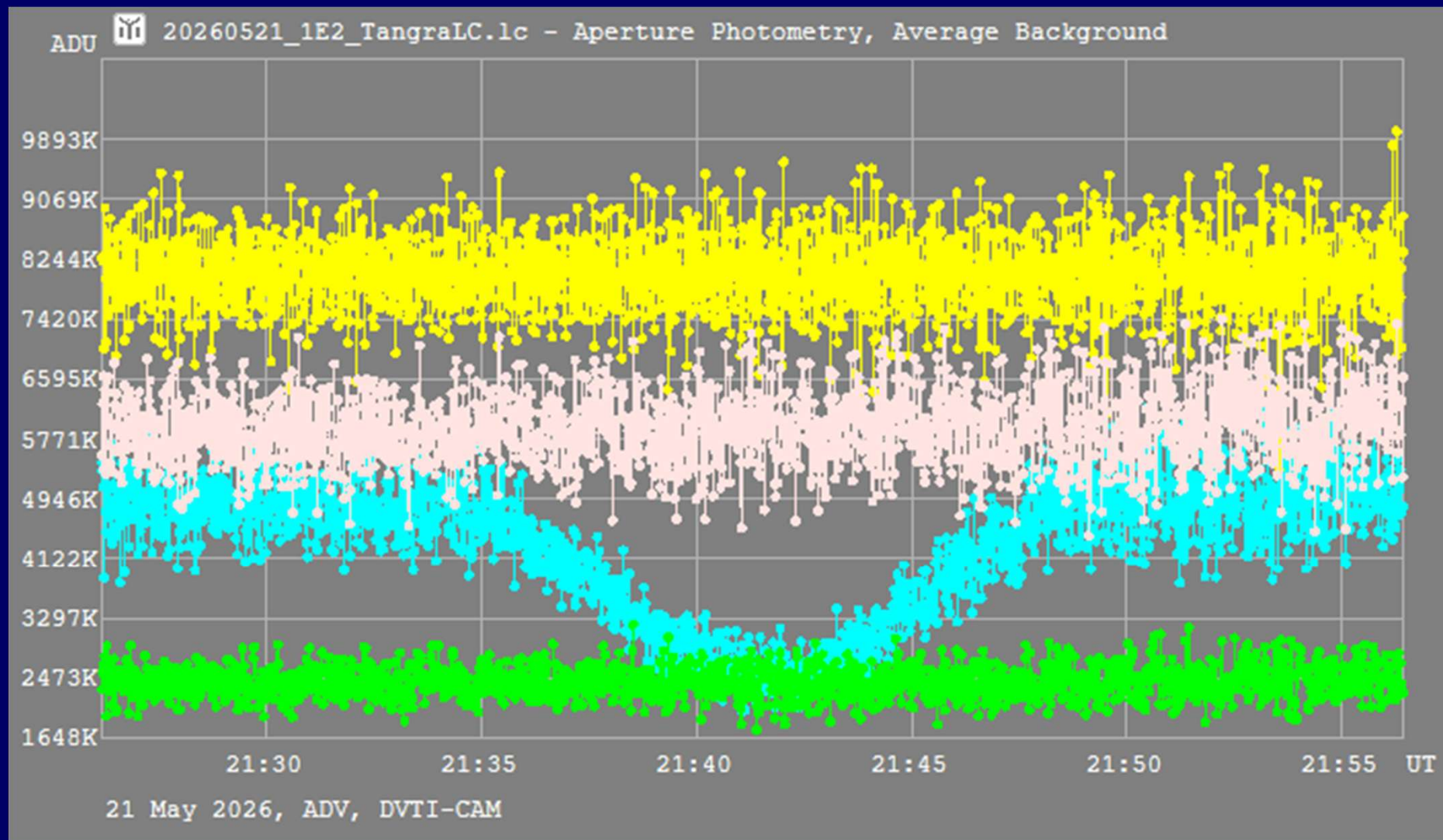
J1 ecl J2 2026-5-18 de 7h 54m 49s à 8h 16m 55s durée: 22.1min  
Impact: 0.340 dMag=0.474 DJup: 98.54'' Dsat: 16.28''

# Le premier phénomène observé: J1 éclipse J2 le 18 mai 2026 à 8h06m UTC (Victor Bao, Nouvelle-Zélande)



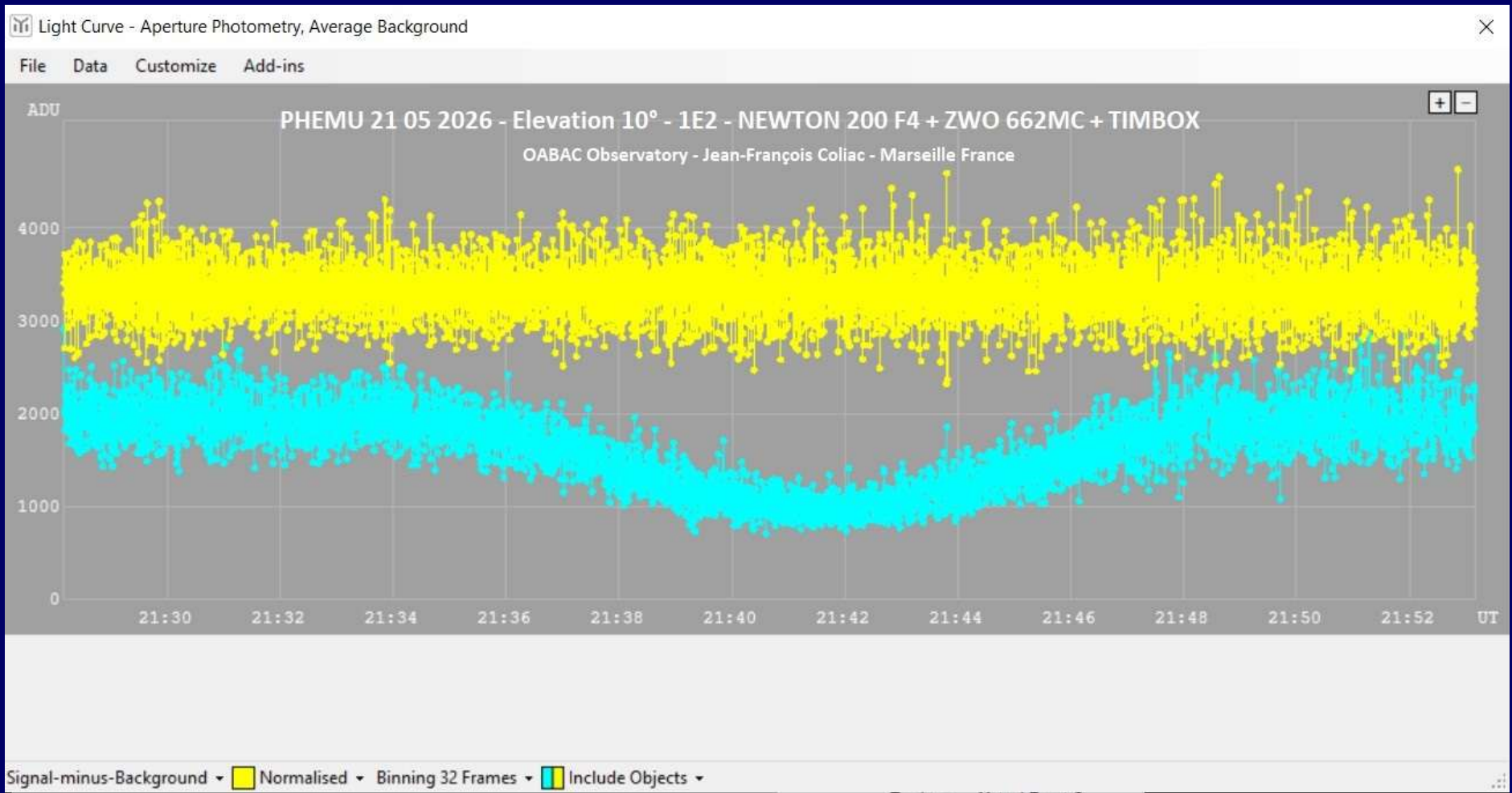
J1 ecl J2 2026-5-18 de 7h 54m 49s à 8h 16m 55s durée: 22.1min  
Impact: 0.340 dMag=0.474 DJup: 98.54" Dsat: 16.28"

# J1 éclipse J2 le 21 mai 2026 à 21h42m (Chad K. Ellington)



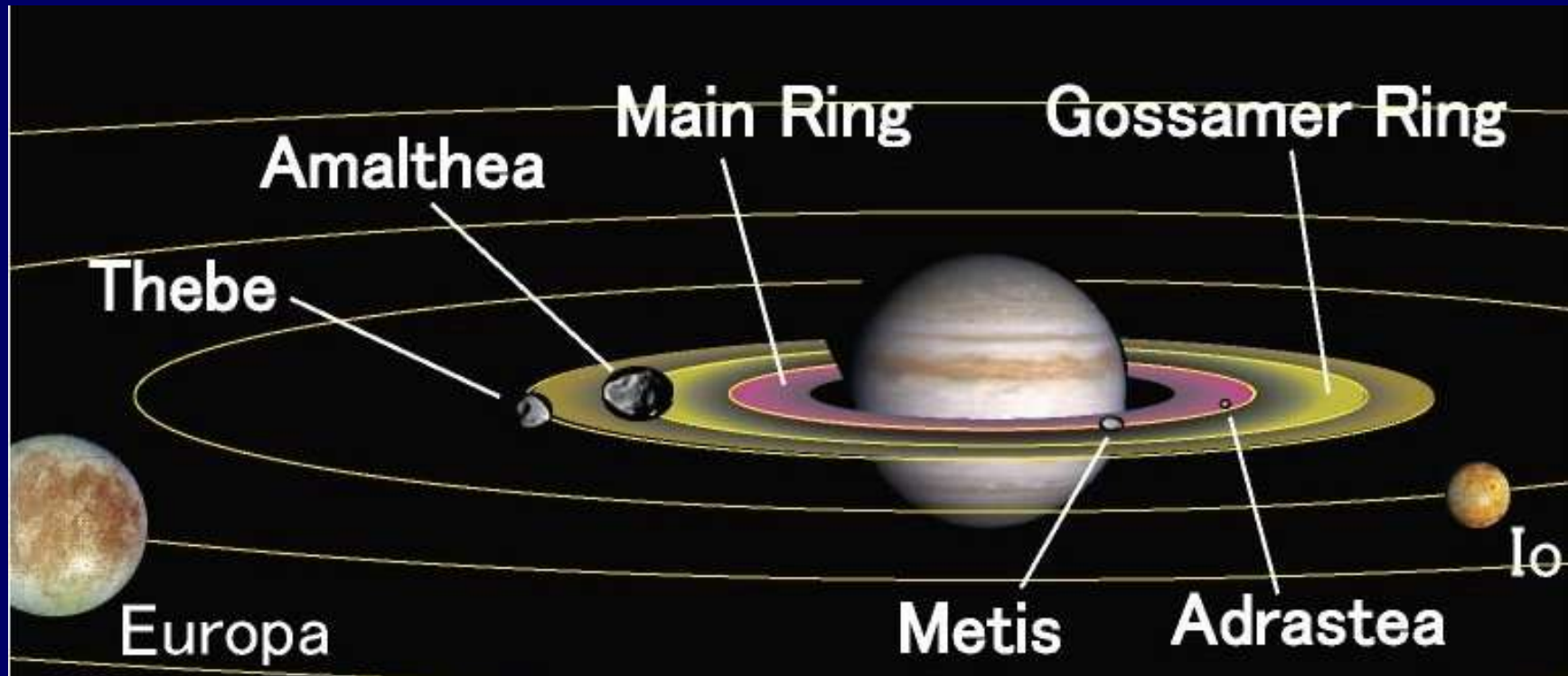
J1 ecl J2 2026-5-21 de 21h33m24s à 21h50m8s durée:16.7m  
Impact: 0.447 Dmag: 0.363 Djup: 99.08" Dsat: 16.58"

# J1 éclipse J2 le 21 mai 2026 à 21h42m (J.F. Coliac, Marseille)



J1 ecl J2 2026-5-21 de 21h33m24s à 21h50m8s durée:16.7m  
Impact: 0.447 Dmag: 0.363 Djup: 99.08" Dsat: 16.58"

# Le cas des satellites proches de Jupiter: ils sont mal connus et n'ont pas été observés par GAIA



# Phénomènes impliquant les petits satellites intérieurs proches de Jupiter, Amalthée et Thebe.

Les meilleures conditions d'observation concernent:

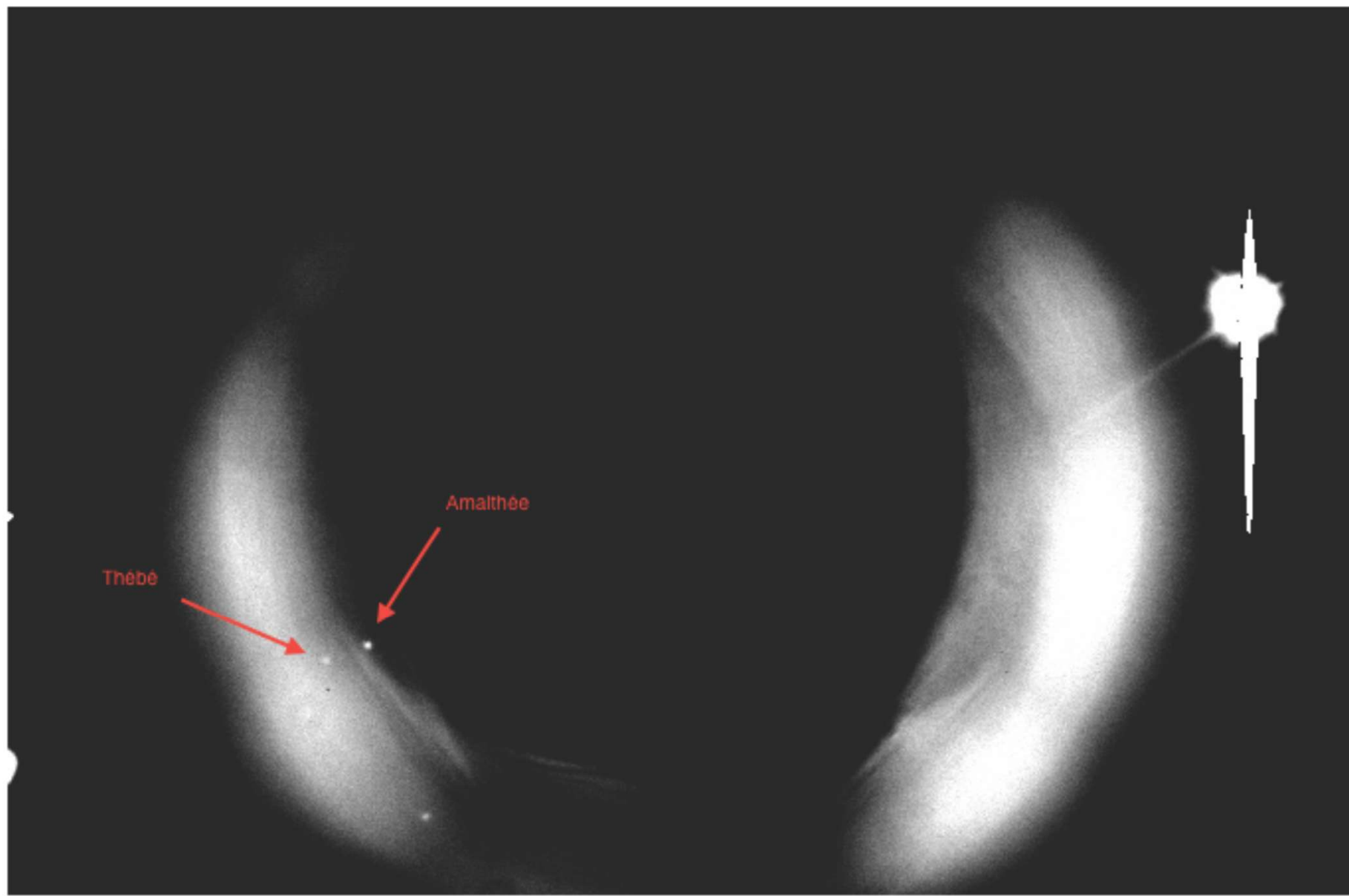
Amalthée, magV=14

à 30'' du limbe de Jupiter

La durée maximale d'une éclipse d'Amalthée est de 8 minutes

Amalthée en infra-rouge →





8088

14378

20729

27018

33369

39659

45948

52299

58589

# Observations infrarouges

Utiles pour observer dans des conditions difficiles:

- Très près de Jupiter
- Pendant le crépuscule

En particulier pour les éclipses d'Amalthée ( $m_v=14$ )

On utilise la bande d'absorption du méthane:

- Jupiter plus sombre
- Ciel plus sombre

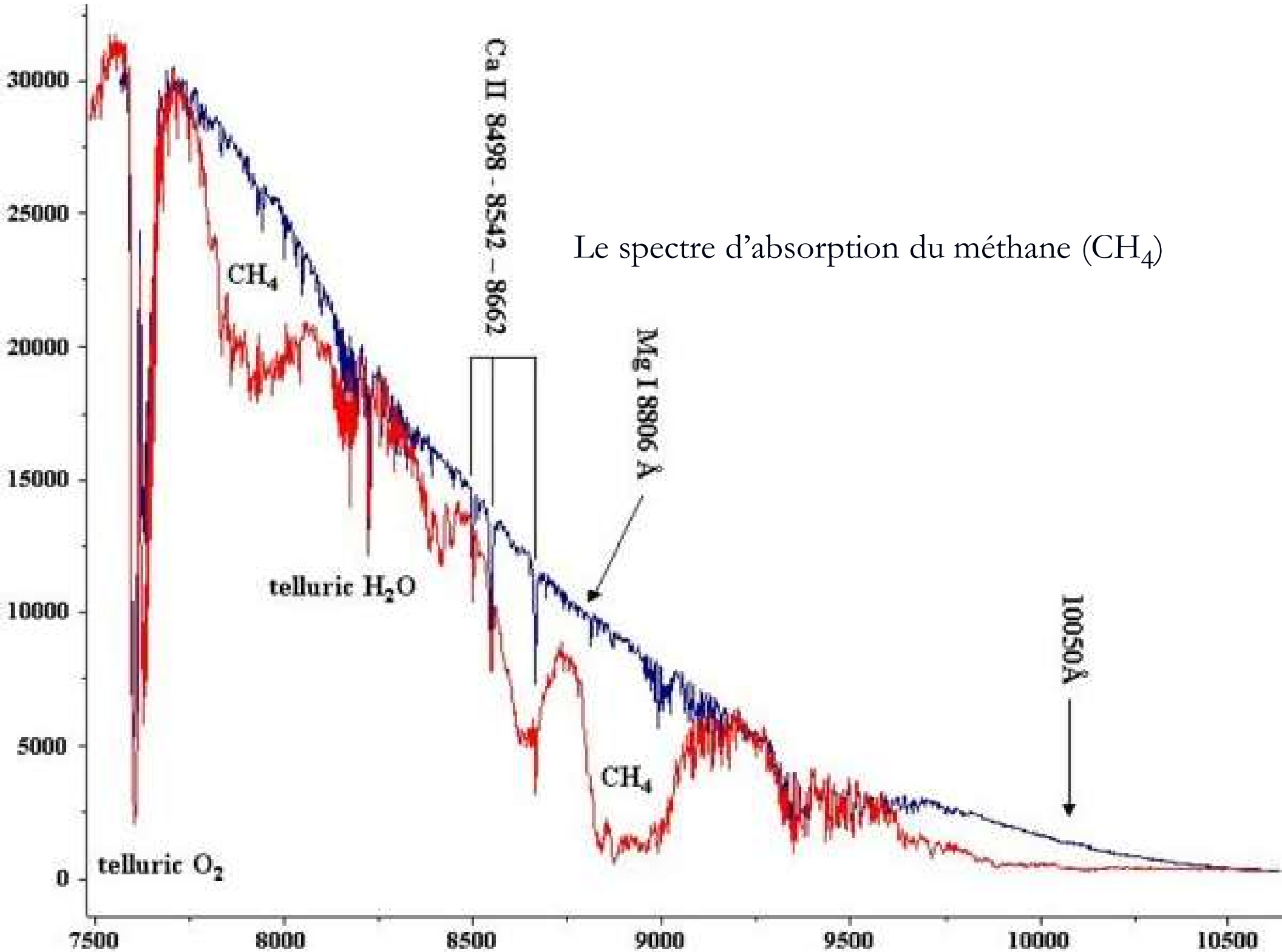
Bandes: 890 nm, 1.3 micromètre, 2.2 micromètres, ...

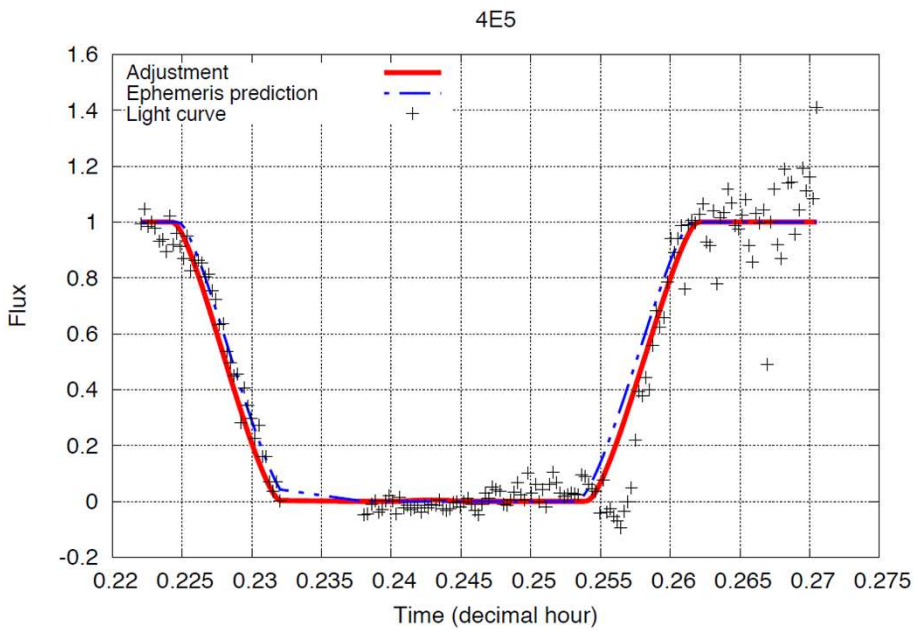
Attention, les flux sont bien plus faibles!

→ Besoin de plus grands télescopes!

→ Observation réussie avec TC60 Saint Sulpice par  
B. Christophe et O. Dechambre (Club Eclipse)

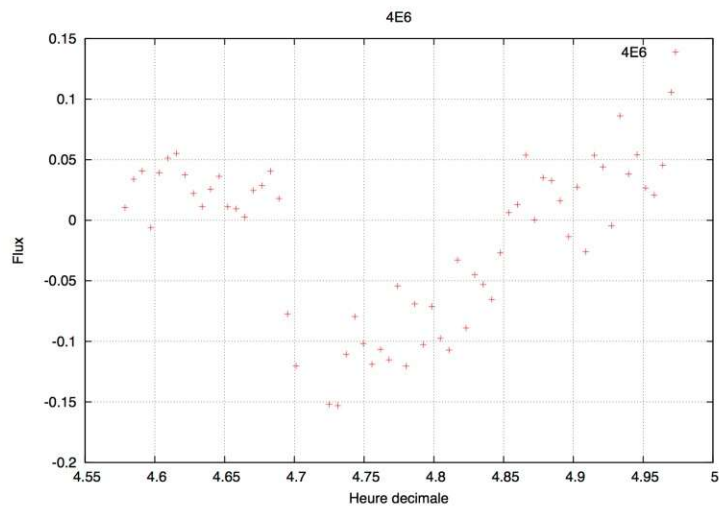
Le spectre d'absorption du méthane ( $\text{CH}_4$ )



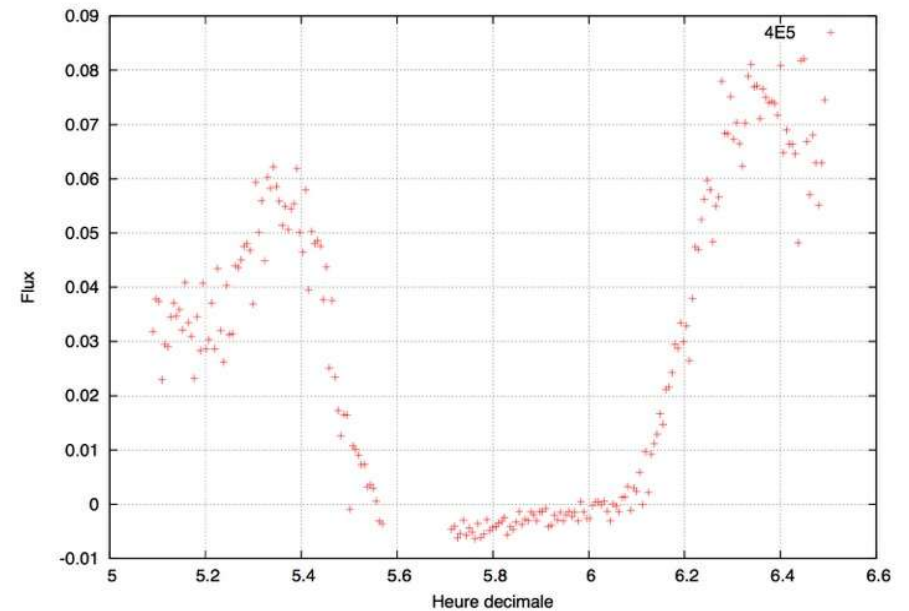


## Eclipse d'Amalthee et Thébé par Callisto

Callisto éclipse Amalthee le 7 janvier 2015  
au Pic du midi (Saquet et al, A&A 2021)

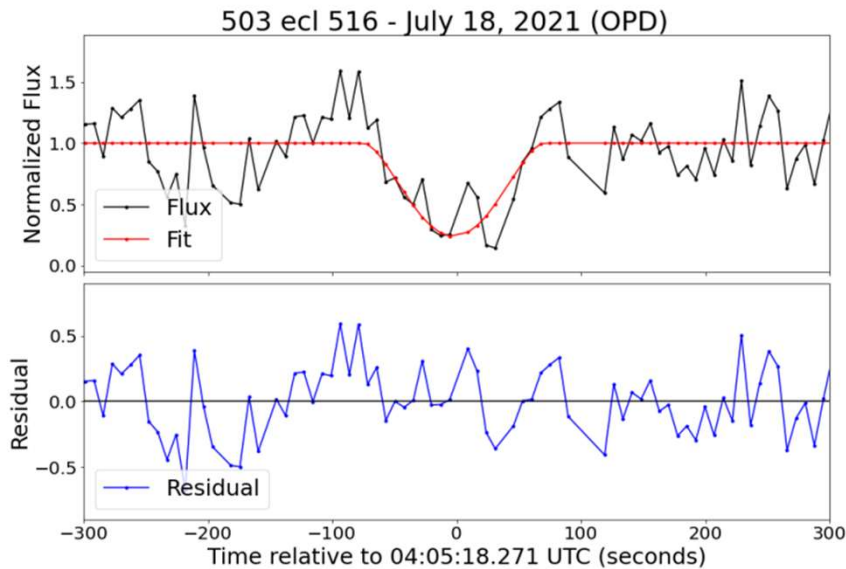


Callisto éclipse Thébé



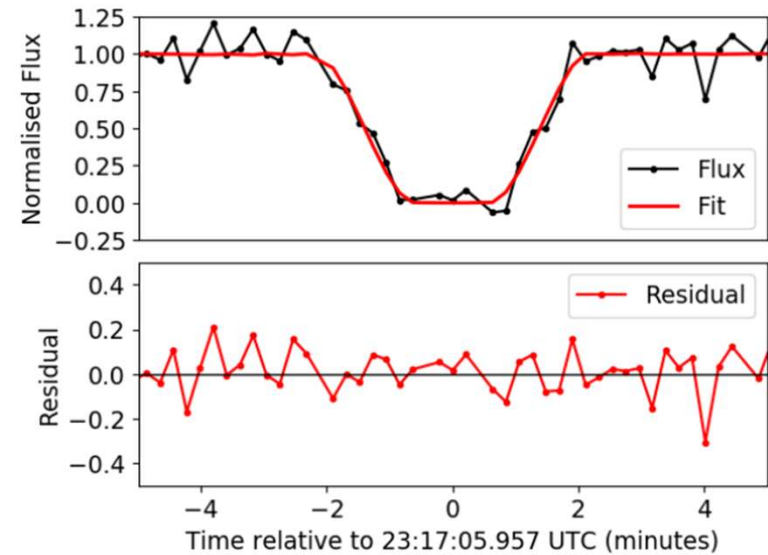
Callisto éclipse Amalthee

# Eclipse d'Amalthée et Thébé par Ganymède



**Figure 5.** Light curve fit of an eclipse between Ganymede (503) and Thebe (514) observed on 1.6 m telescope on Pico dos Dias observatory (OPD) in July 18, 2021.

Ganymède éclipse Thébé  
(Catani et al, MNRAS 2023)



**Figure 8:** Light curve of the event when Amalthea was eclipsed by Ganymede on March 02 2015, observed with the 1.6 m telescope at OPD.

Ganymède éclipse Amalthee  
(Morgado et al, PSS 2019)

# Conclusion

- Les phénomènes mutuels donnent de grande précision astrométrique avec des observations photométriques!
- Les Phemus Galiléens sont faciles et constituent un bon sujet pour débiter. Mesures photométriques, pour déconvolutions ?
- Les Phemus Amathée et Thébé sont attendus pour améliorer leurs éphémérides pour la mission Juice et comprendre les phénomènes de marée dans Jupiter (V. Lainey LTE).
- Participez à la campagne Phemu26-27
- <https://gemini.obspm.fr/20260613-phemus-2026-2027/>

