

# *Étude des astéroïdes binaires par occultations stellaires*

*-  
Gaiamoons*

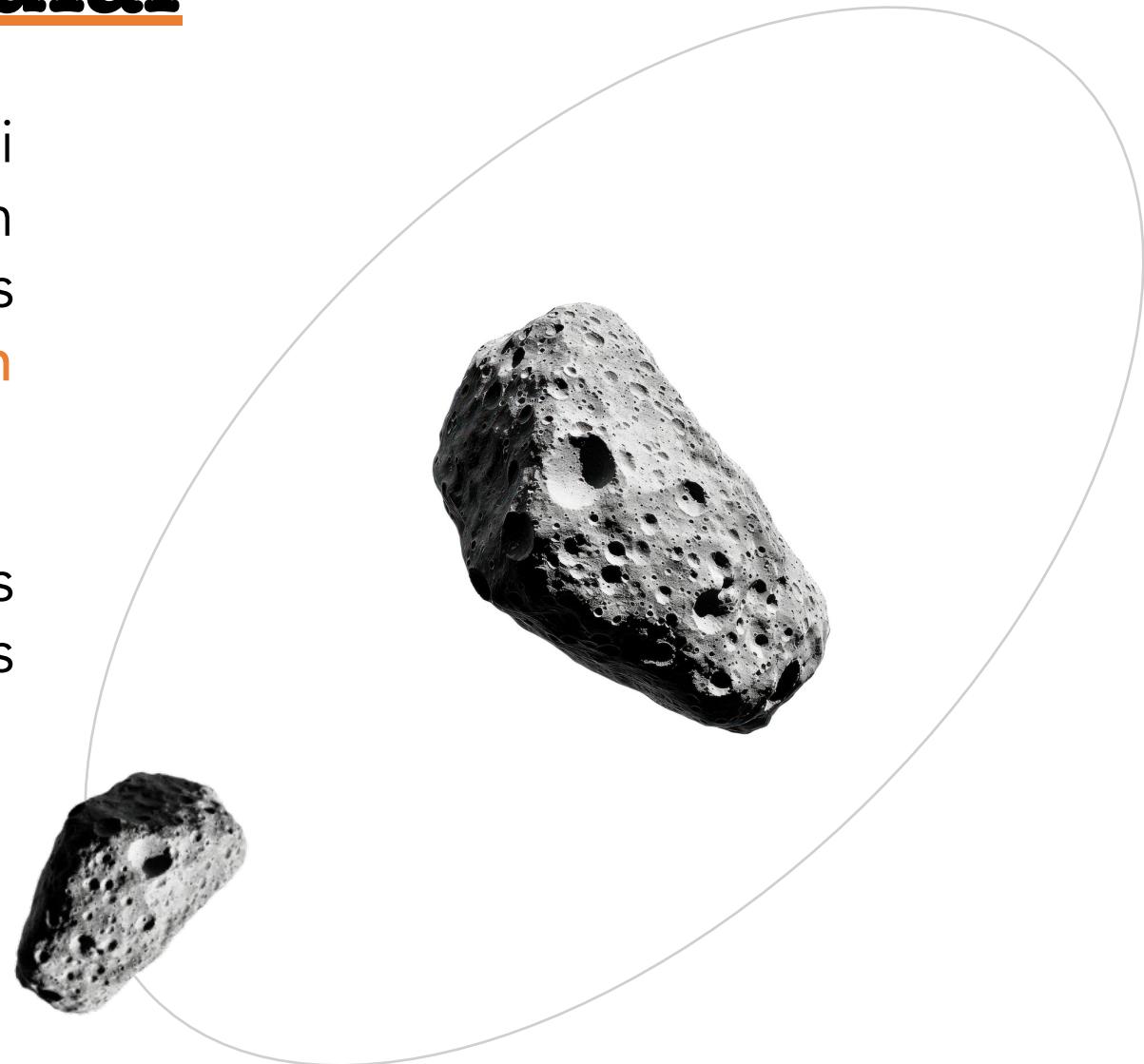


*Raphaël Lallemand,  
Josselin Desmars,  
Bruno Sicardy*

# Les astéroïdes : des vestiges du système solaire primordial

Les astéroïdes sont des corps qui ont subi **très peu d'altérations** depuis la formation du système solaire et qui contiennent des **informations essentielles pour retracer son histoire**.

Les astéroïdes binaires sont uniques car ils peuvent nous fournir des informations précises sur leur...

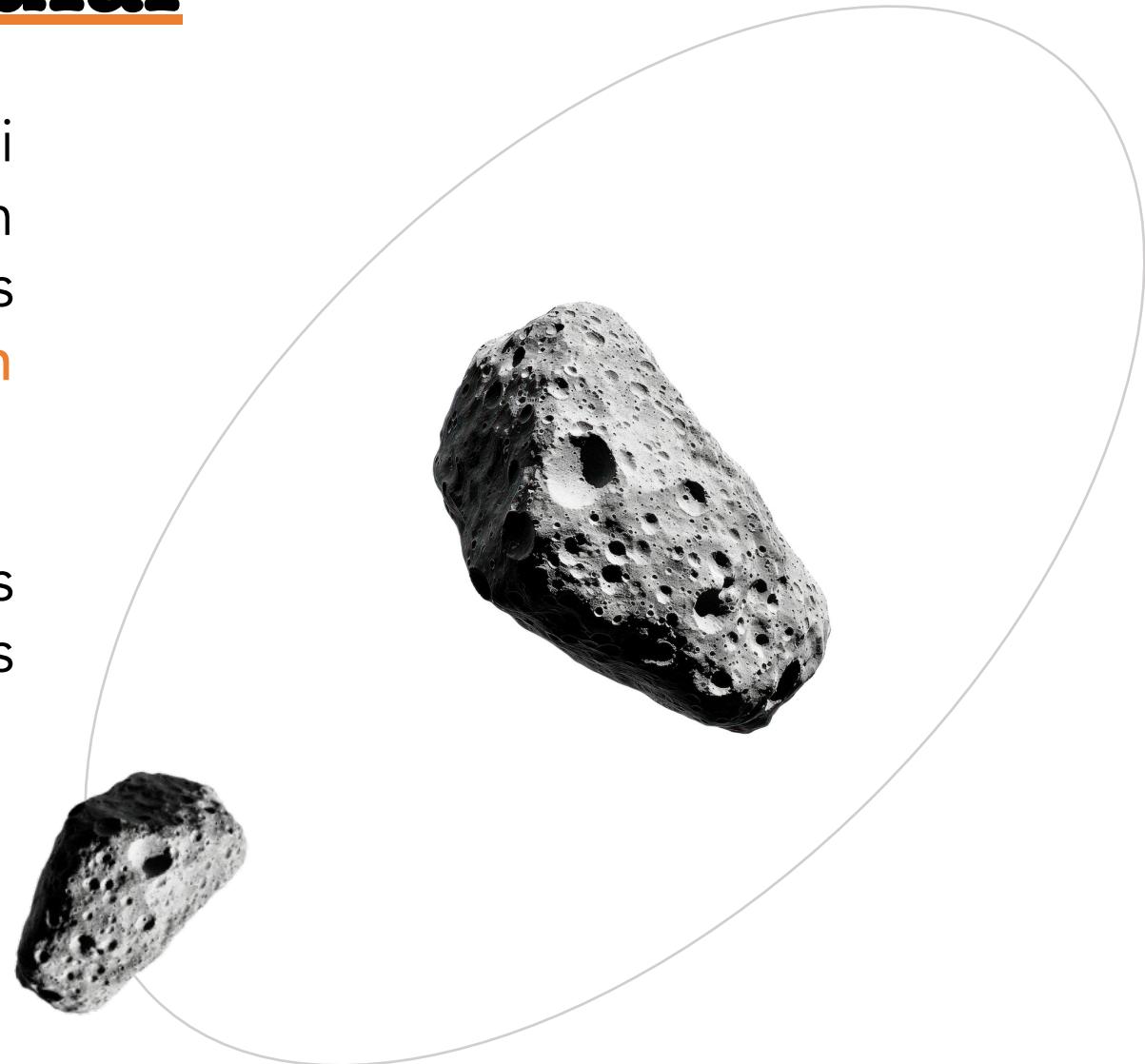


# Les astéroïdes : des vestiges du système solaire primordial

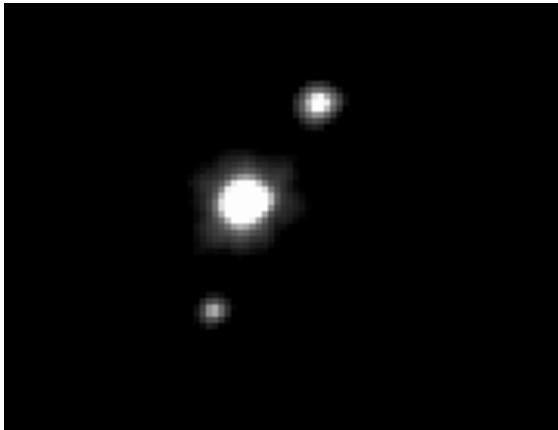
Les astéroïdes sont des corps qui ont subi **très peu d'altérations** depuis la formation du système solaire et qui contiennent des **informations essentielles pour retracer son histoire**.

Les astéroïdes binaires sont uniques car ils peuvent nous fournir des informations précises sur leur...

- Composition
- Dynamique
- Structure



# Comment étudie-t-on les astéroïdes (binaires) ?



(130108) Haumea

## Imagerie directe

- Besoin de télescopes performants
- Grands objets ( $D > 100\text{km}$ )
- Satellites résolus, donc éloignés

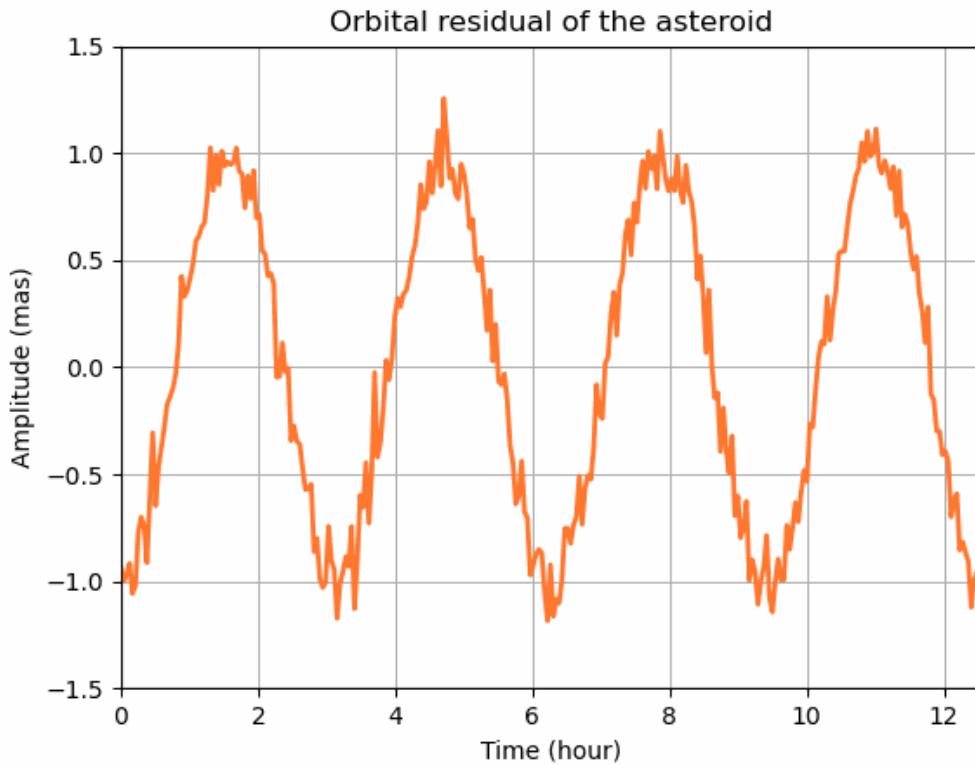
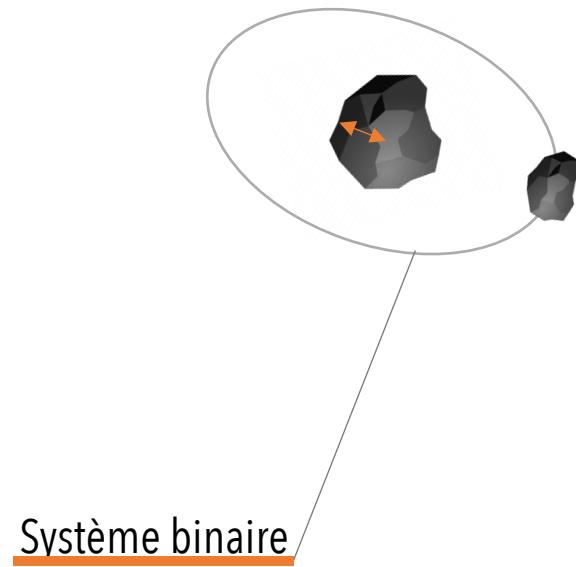


(3122) Florence (et 2 satellites...)

## Observations photométriques/radar

- Objets plus proches
- Brillants (i.e. gros or glacés)
- Besoin de géométrie favorable

# Le projet Gaiamoons

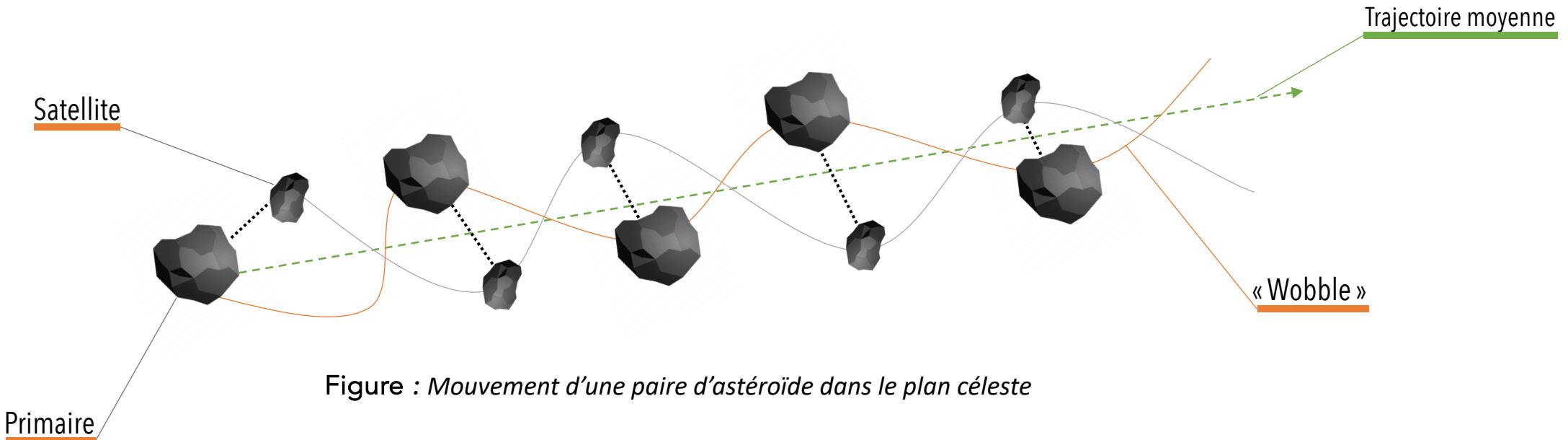


L'observatoire GAIA de l'ESA a considérablement amélioré la précision de la position des étoiles (max ~500  $\mu$ as) et des objets du système solaire (~1 mas pour les astéroïdes avec  $G \sim 15$ ), ce qui permet de mesurer le décalage entre le photocentre et le centre de masse des astéroïdes.

→ Liste de 360+ candidats binaires à suivre (Liberato et al. 2024).

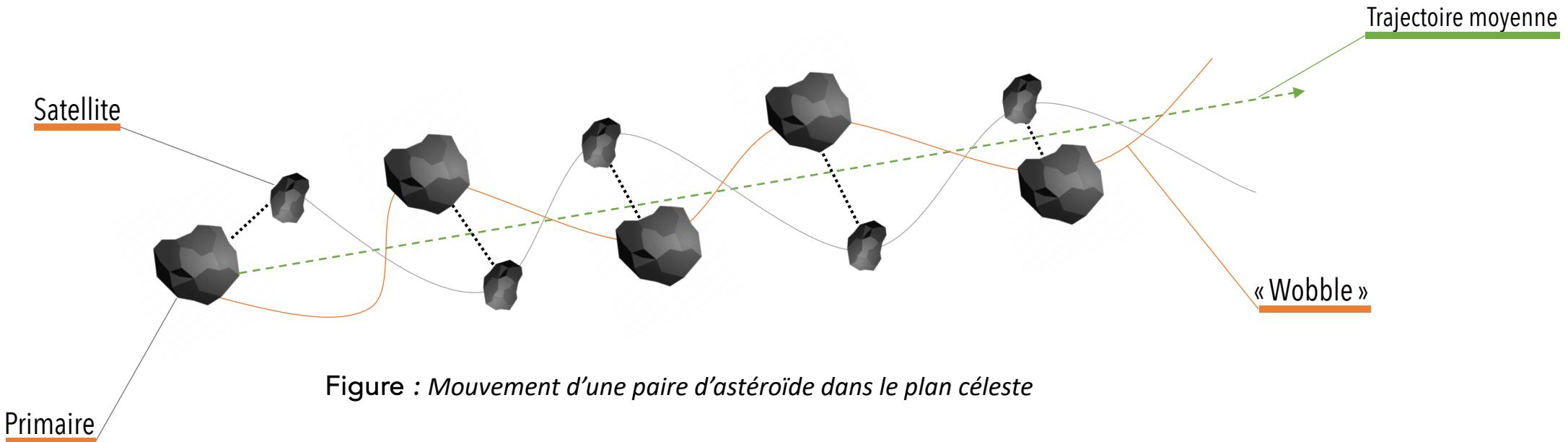
# Le projet Gaiamoons

Gaia MOONS



# Le projet Gaiamoons

Gaia MOONS

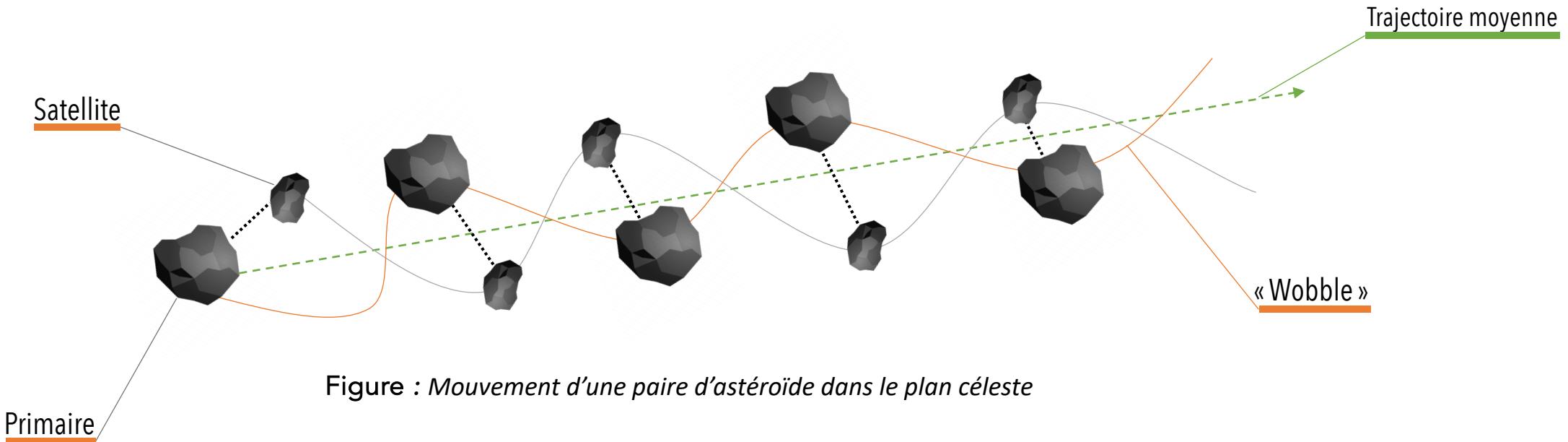


## Objectifs

- En raison des techniques d'observation actuelles, les données sur les astéroïdes binaires sont biaisées (taille >100km, configurations, composition...).
  - Un des objectifs est de combler ce biais.

# Le projet Gaiamoons

Gaia MOONS

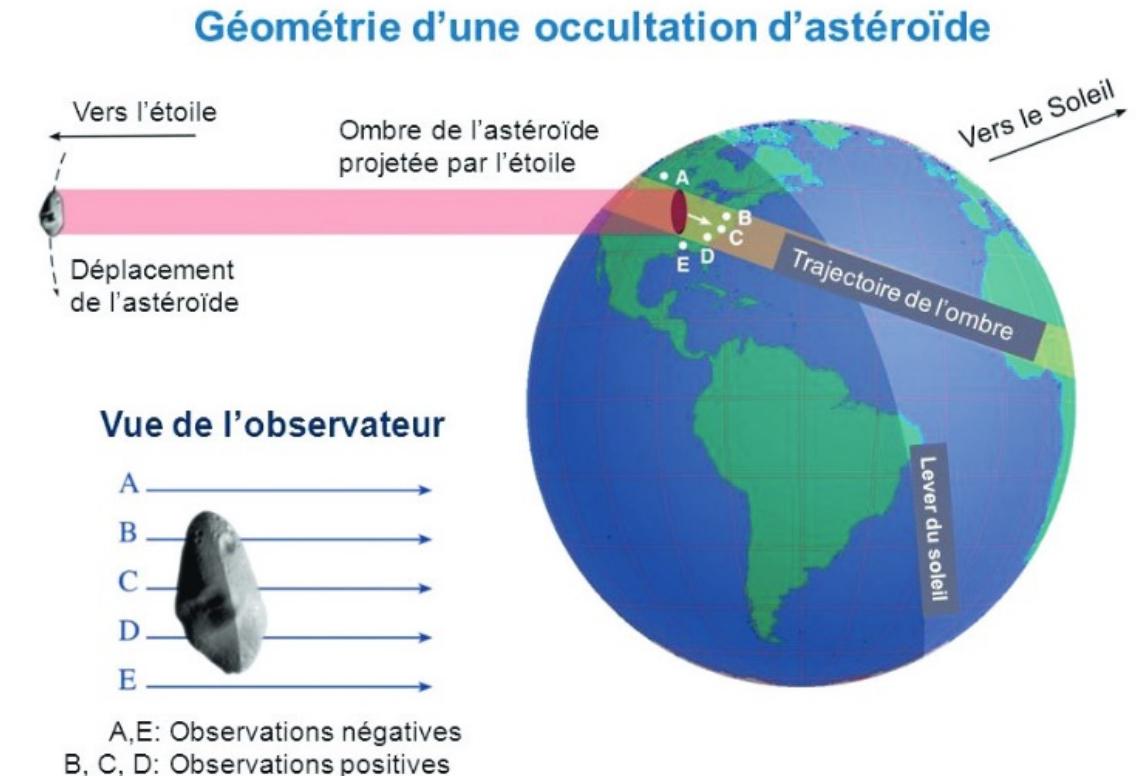


## Objectifs

- En raison des techniques d'observation actuelles, les données sur les astéroïdes binaires sont biaisées (taille  $>100\text{km}$ , configurations, composition...).
  - Un des objectifs est de combler ce biais.
- Faire un suivi d'observation des candidats binaires avec la **technique d'occultation stellaire**.
- Étude approfondie de leurs propriétés – physiques et dynamiques.

# Comment marchent les occultations?

- Alignement de trois corps. **L'observateur, l'astéroïde et une étoile.**
- On mesure le flux provenant de l'étoile pour déterminer les **temps d'immersion et d'émergence.**
  - On observe depuis différentes stations (cordes)
  - Plus il y a de stations, plus il y a de détails.
  - Importance des **cordes négatives.**
  - Importance de la collaboration Pro-Am



© P. Soborg (Astrosurf magazine)

# En quoi sont-elles utiles ?

- Taille et forme avec une précision kilométrique - contre  $\sim 20$  km pour les images en optique adaptative.
- Sondage de l'environnement direct (satellite, anneaux, activités)
- Découverte et mesure d'atmosphères (jusqu'à quelques nanobars)
- Position astrométrique très précise (grâce à Gaïa)

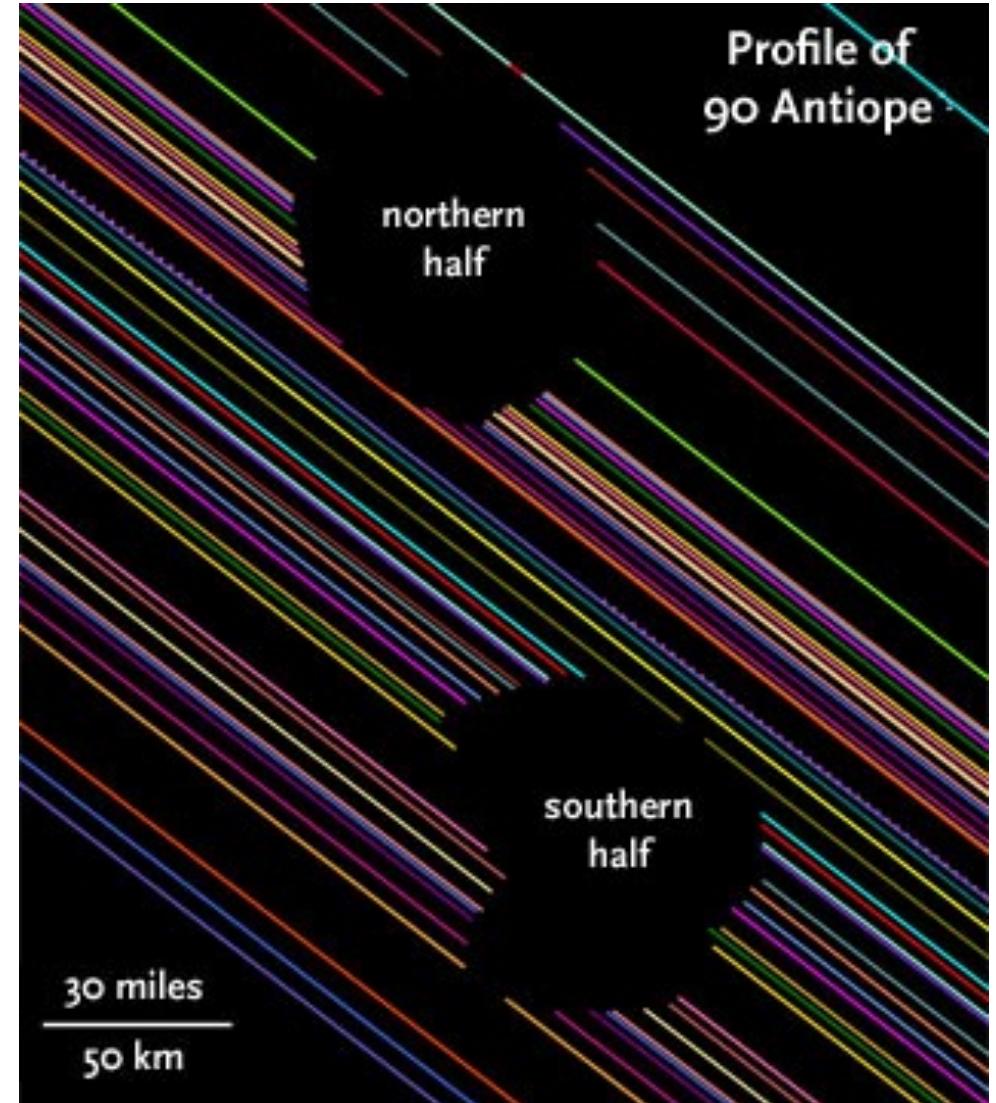


Figure : Système binaire (90) Antiope- occultation du 09 sept. 2011

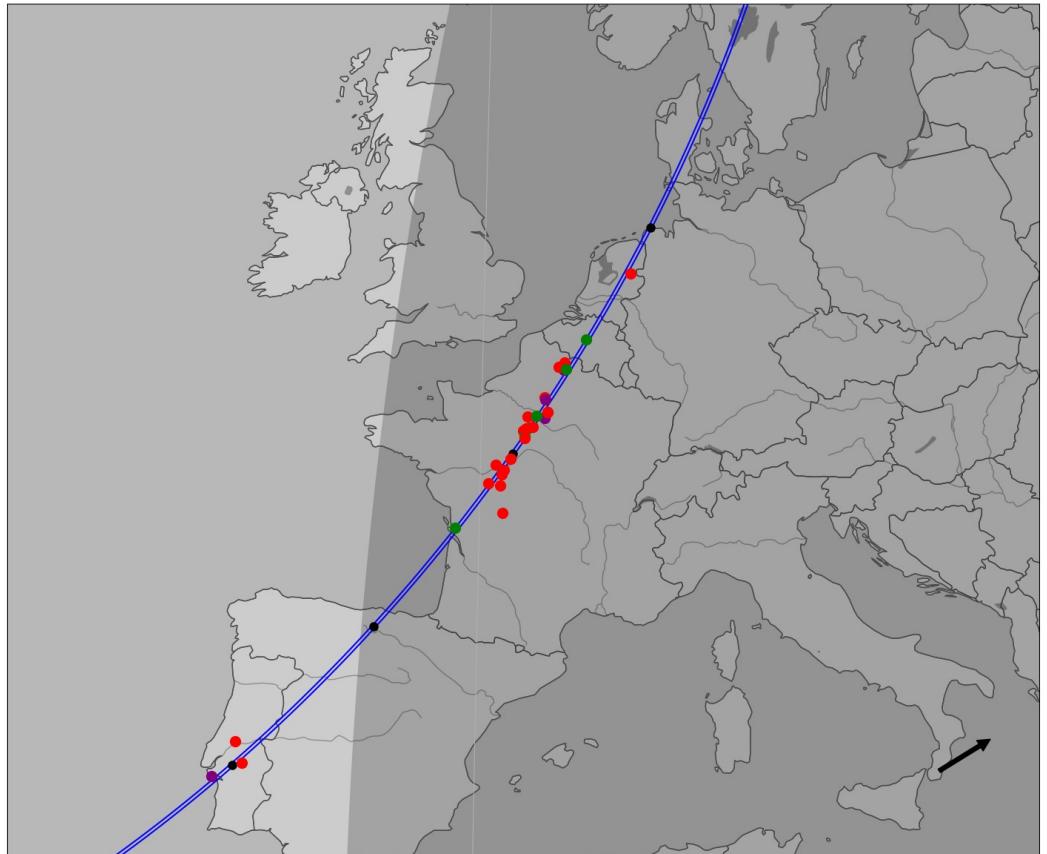
# **Focus sur une campagne d'observation / 60**

# Focus observation

## (5044) Shestaka

- Magnitude de l'étoile 10.5
- 30 stations, campagne la plus ambitieuse du projet.

Object 5044 Shestaka (1977 QH4) Diam 6 km Tmax 0.7s dots <> ra\_offset\_dec 60 s <> +0.0 +0.0



| year-m-d   | h:m:s UT     | ra_dec_J2000                | candidate | C/A    | P/A  | vel  | Delta | G* | long |
|------------|--------------|-----------------------------|-----------|--------|------|------|-------|----|------|
| 2024-10-23 | 18:55:14.300 | 21 30 27.3364 -14 18 30.604 | 4.562     | 328.34 | 9.01 | 1.49 | 9.7   | 6  |      |

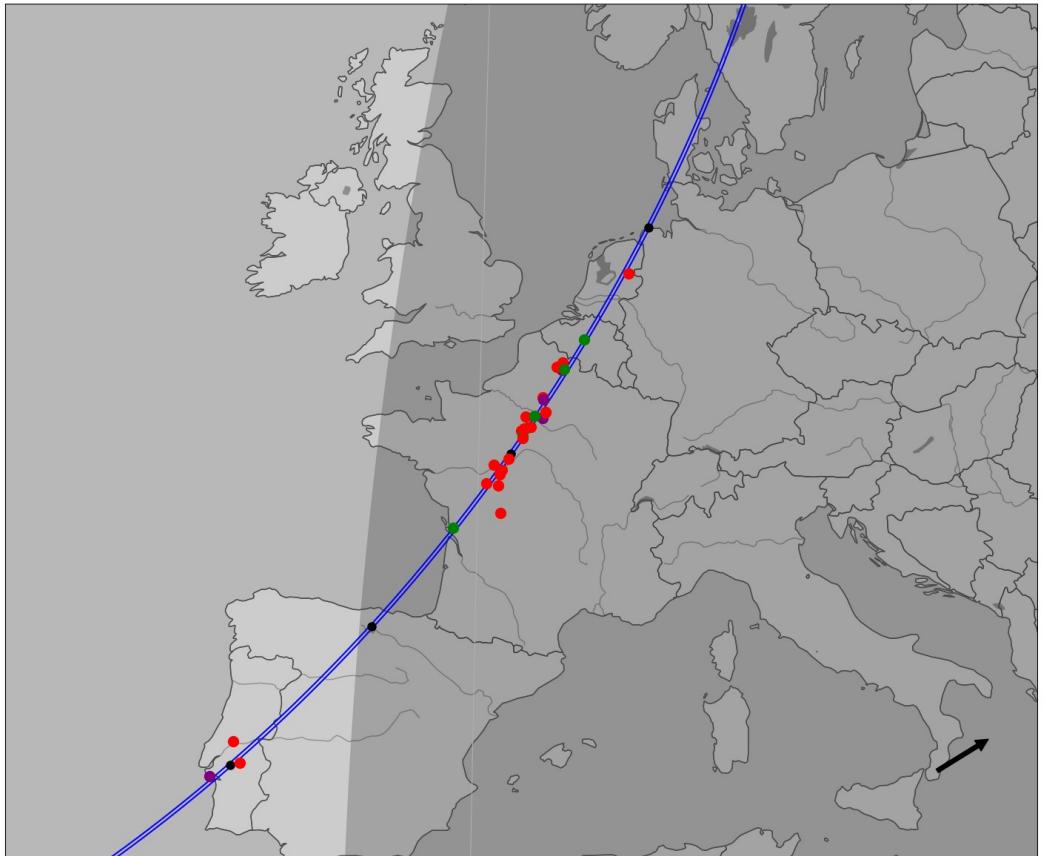
Figure : Occultation par (5044) Shestaka le 23 oct. 2024

# Focus observation

## (5044) Shestaka

- Magnitude de l'étoile 10.5
- 30 stations, campagne la plus ambitieuse du projet.
  - 7 positives
  - 19 négatives
  - 4 fails

Object 5044 Shestaka (1977 QH4) Diam 6 km Tmax 0.7s dots <> ra\_offset\_dec 60 s <> +0.0 +0.0



| year-m-d   | h:m:s UT     | ra_dec_J2000                | candidate | C/A    | P/A  | vel  | Delta | G* | long |
|------------|--------------|-----------------------------|-----------|--------|------|------|-------|----|------|
| 2024-10-23 | 18:55:14.300 | 21 30 27.3364 -14 18 30.604 | 4.562     | 328.34 | 9.01 | 1.49 | 9.7   | 6  |      |

Figure : Occultation par (5044) Shestaka le 23 oct. 2024

2024-10-23 19:00:17.2



© Pierre-Louis Phan, LTE 2024

2024-10-23 19:00:17.2



© Pierre-Louis Phan, LTE 2024

2024-10-23 19:00:20.9



© Pierre-Louis Phan, LTE 2024

**Durée d'occultation de 0.7s!**

2024-10-23 19:00:21.4



© Pierre-Louis Phan, LTE 2024

# Focus observation

## (5044) Shestaka

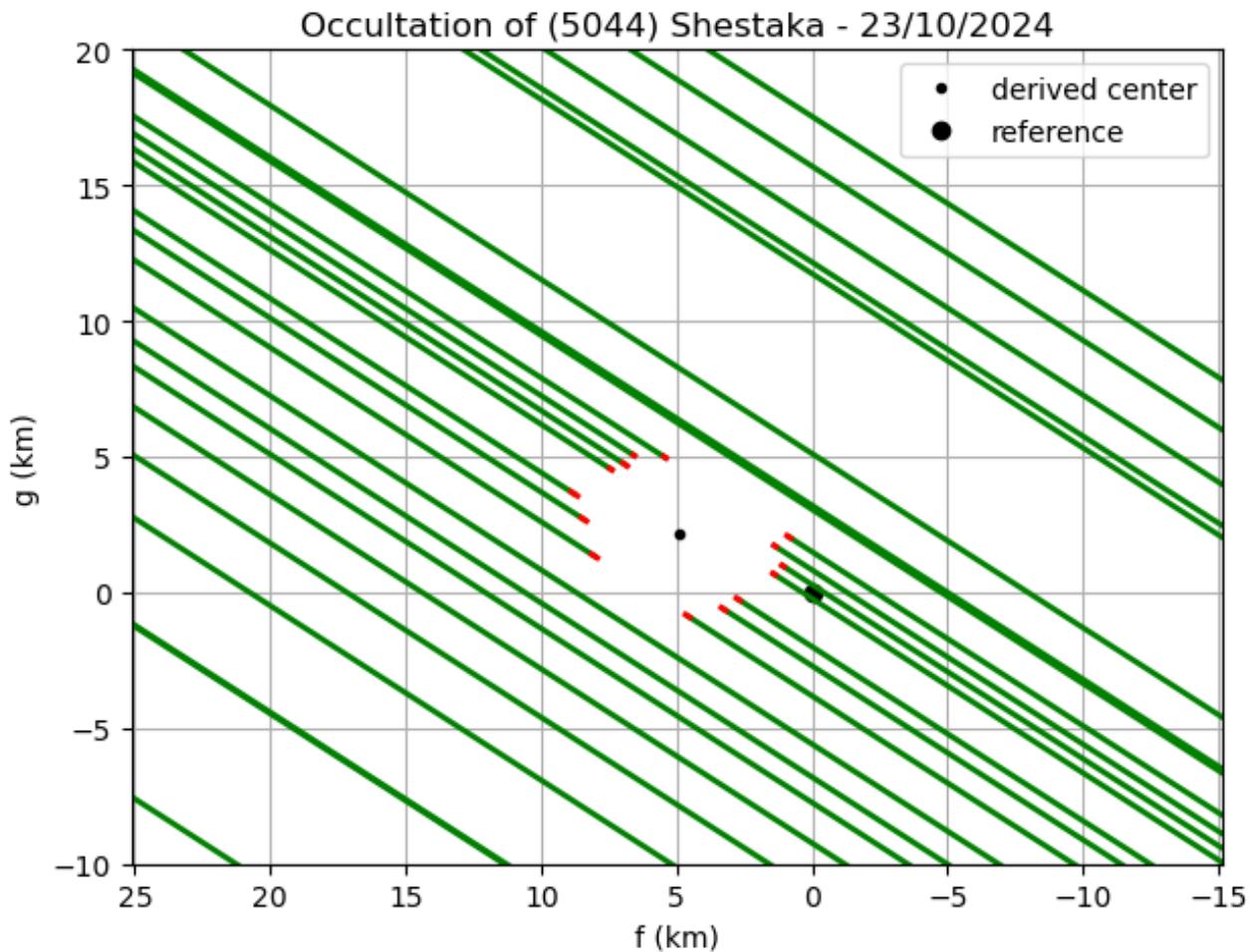


Figure : Résultat de l'observation lors l'occultation de (5044) Shestaka projeté dans le plan céleste.

# Focus observation

## (5044) Shestaka

- Diamètre dérivé : 7.7 km
  - Détails de la surface présentée lors de l'occultation

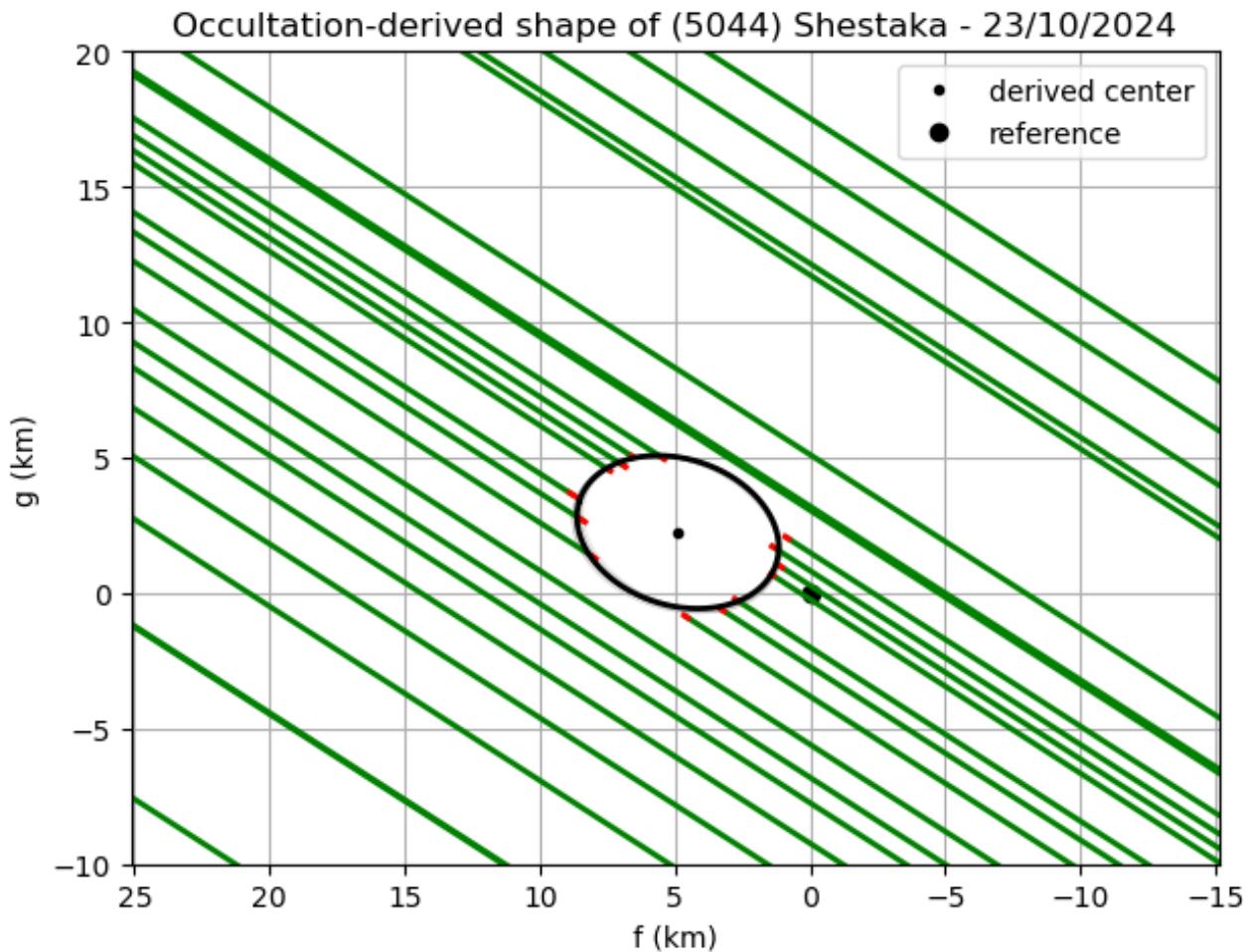


Figure : Résultat de l'observation lors l'occultation de (5044) Shestaka projeté dans le plan céleste.

# Focus observation

## (5044) Shestaka

- Diamètre dérivé : 7.7 km
  - Détails de la surface présentée lors de l'occultation
- Décalage par rapport à la prédition :  $5.3 \pm 0.05$  km /  $4.8 \pm 0.04$  mas
  - Incertitude prévue:  $\sim 2$  mas ( $3\sigma$ )
  - Le shift peut être due à l'influence d'un satellite?
  - Moins de cordes que prévues dans les stations à forte probabilité

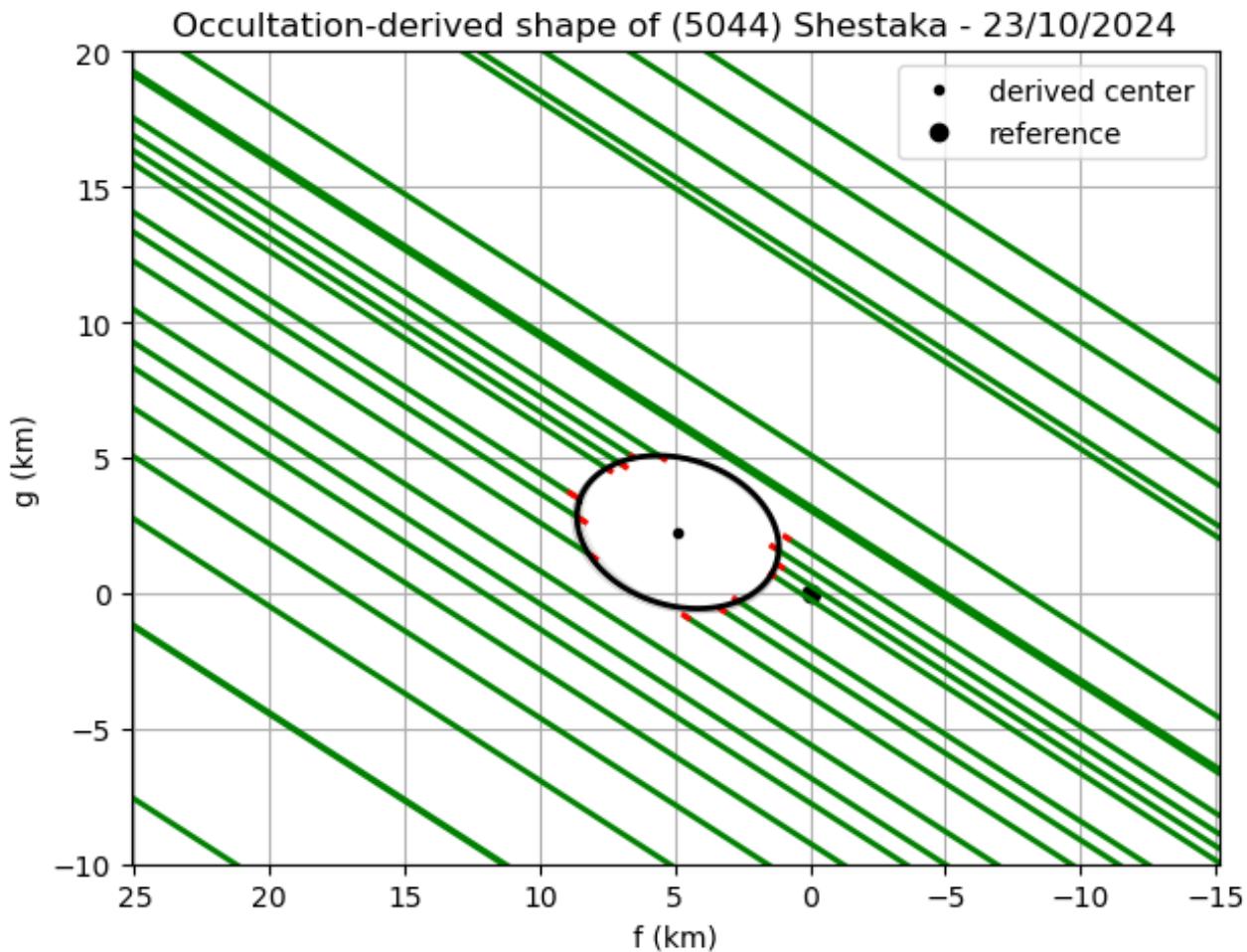


Figure : Résultat de l'observation lors l'occultation de (5044) Shestaka projeté dans le plan céleste.

# Focus observation

## (5044) Shestaka

- Diamètre dérivé : 7.7 km
  - Détails de la surface présentée lors de l'occultation
- Décalage par rapport à la prédition :  $5.3 \pm 0.05$  km /  $4.8 \pm 0.04$  mas
  - Incertitude prévue:  $\sim 2$  mas ( $3\sigma$ )
  - Le shift peut être due à l'influence d'un satellite?
  - Moins de cordes que prévues dans les stations à forte probabilité
- Prochaines observations fin 2025/début 2026

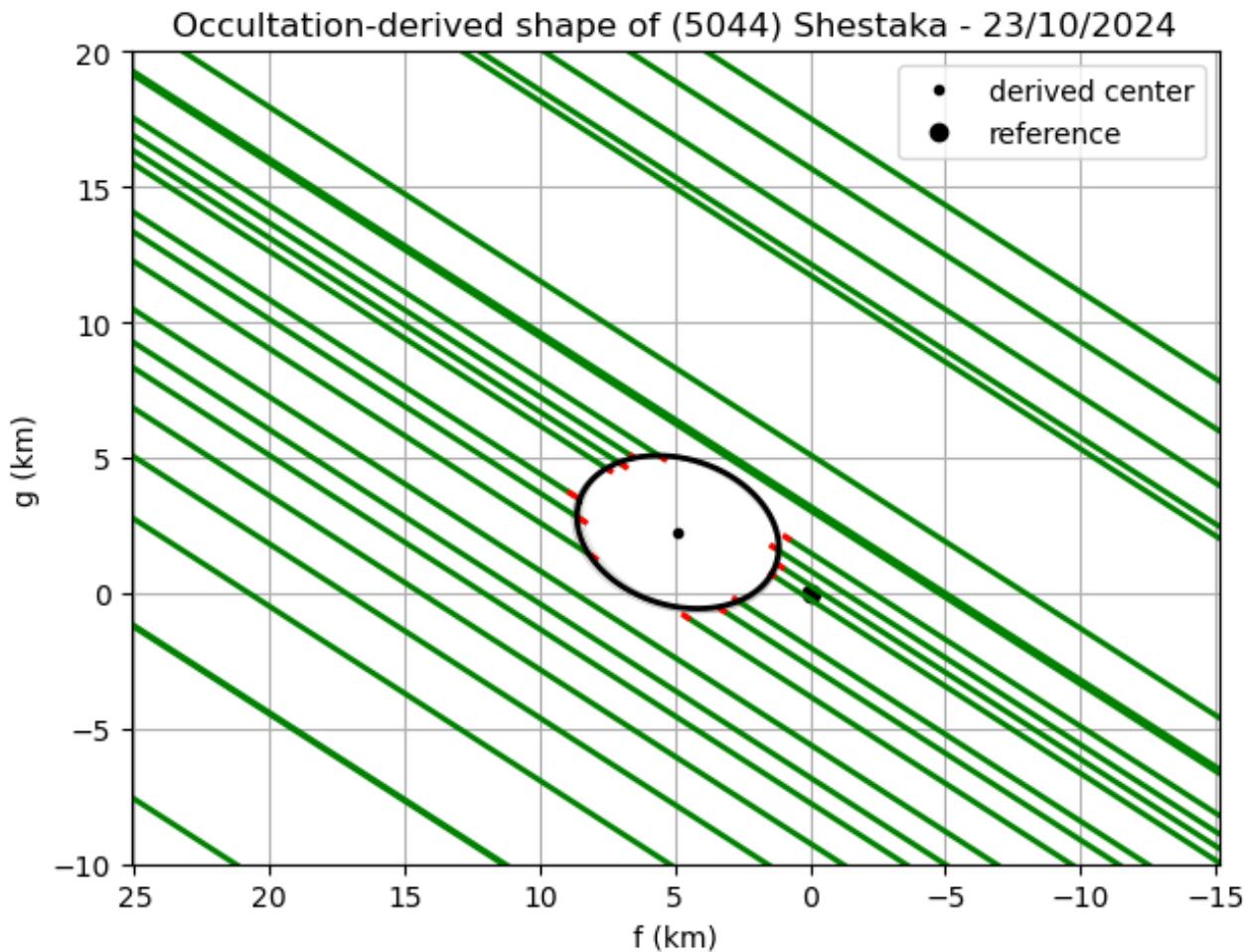


Figure : Résultat de l'observation lors l'occultation de (5044) Shestaka projeté dans le plan céleste.

# **Focus sur un objet spécifique**

# Focus système

## (1127) Mimi

- On fit des Ellipses pour coller avec les données d'occultation.
  - Pour un même objet, il peut correspondre différentes ellipses, correspondant à la face observée
  - Le diamètre équivalent doit lui rester cohérent entre chaque observation

# Focus système

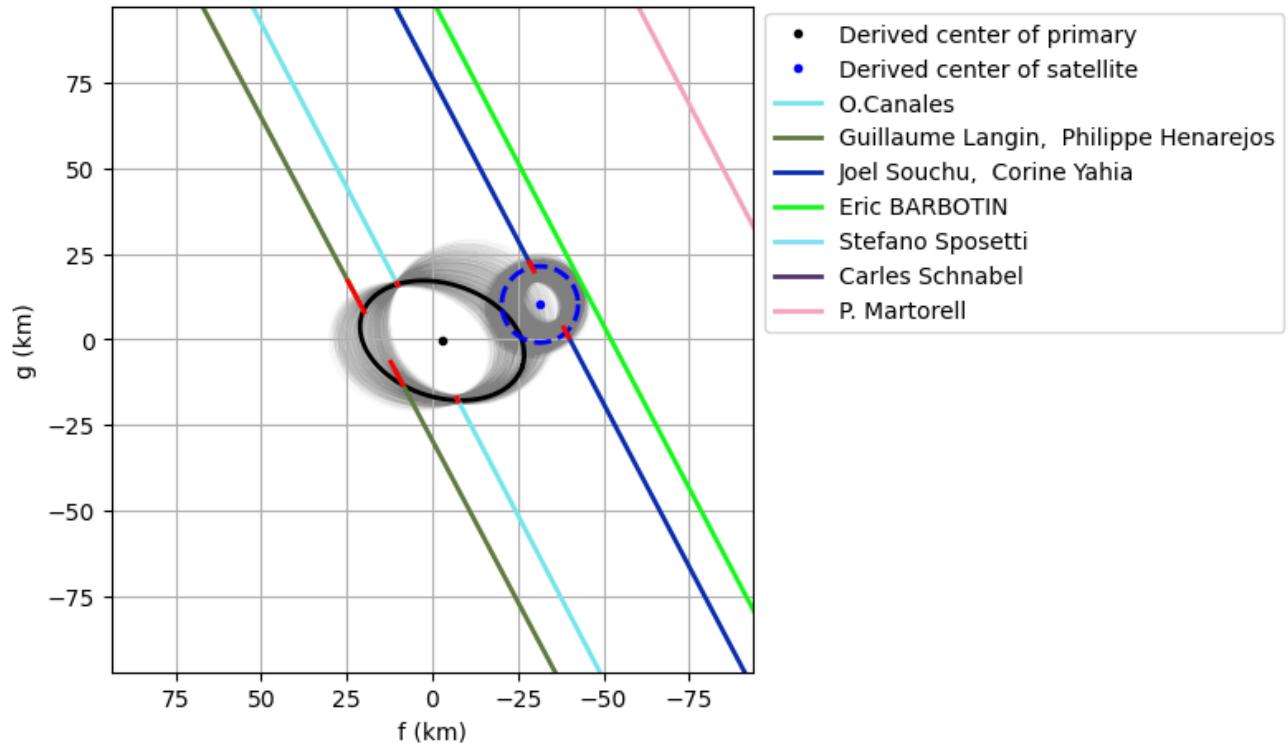
## (1127) Mimi

- On fit des Ellipses pour coller avec les données d'occultation.
  - Pour un même objet, il peut correspondre différentes ellipses, correspondant à la face observée
  - Le diamètre équivalent doit lui rester cohérent entre chaque observation
- Cas de (1127) Mimi
  - Observé par occultations 8 fois depuis 2011
  - Diamètre équivalent ~46 km

# Focus système

## (1127) Mimi - Hypothèse satellite

- On fit des Ellipses pour coller avec les données d'occultation.
  - Pour un même objet, il peut correspondre différentes ellipses, correspondant à la face observée
  - Le diamètre équivalent doit lui rester cohérent entre chaque observation
- Cas de (1127) Mimi
  - Observé par occultations 8 fois depuis 2011
  - Diamètre équivalent ~46 km



*Figure : Résultat de l'occultation par (1127) Mimi projeté dans le plan céleste le 26 fév. 2025. Hypothèse satellite. 3 positives and 3 négatives.*

# Focus système

## (1127) Mimi - Hypothèse satellite

- On fit des Ellipses pour coller avec les données d'occultation.
  - Pour un même objet, il peut correspondre différentes ellipses, correspondant à la face observée
  - Le diamètre équivalent doit lui rester cohérent entre chaque observation
- Cas de (1127) Mimi
  - Observé par occultations 8 fois depuis 2011
  - Diamètre équivalent ~46 km

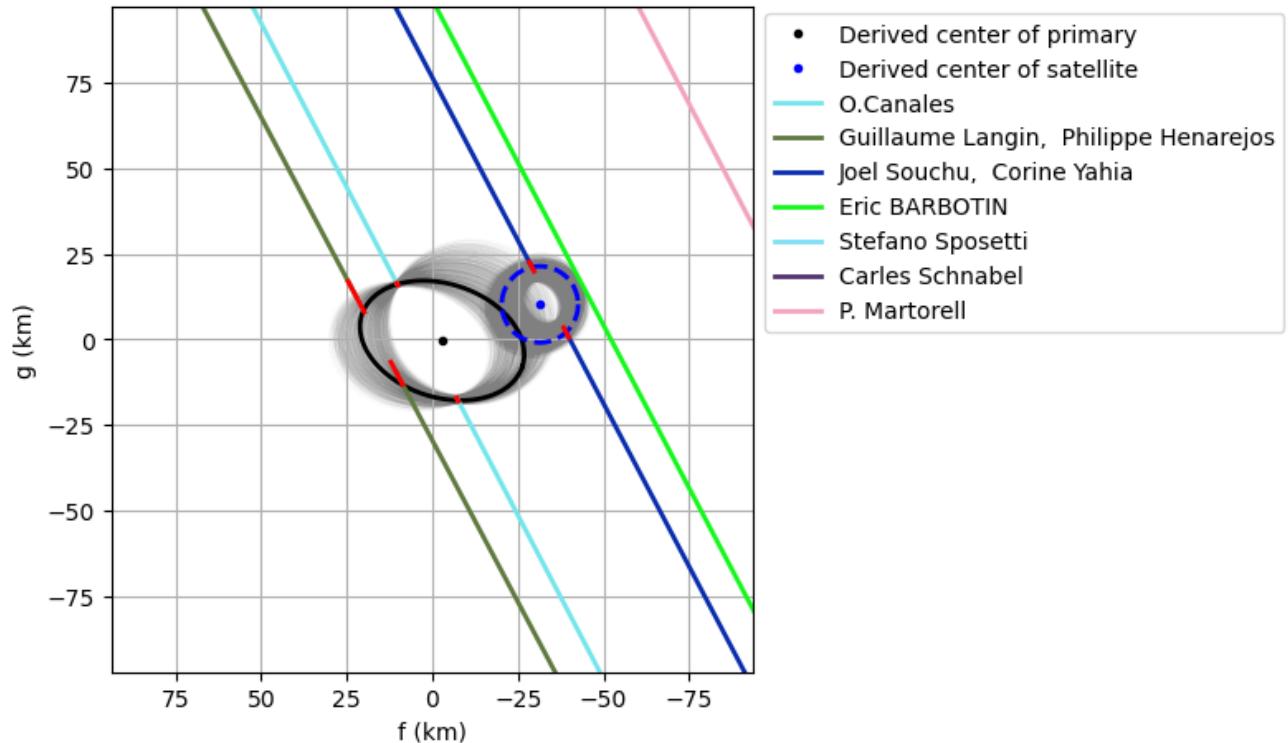


Figure : Résultat de l'occultation par (1127) Mimi projeté dans le plan céleste le 26 fév. 2025. Hypothèse satellite. 3 positives and 3 négatives.

→ Recherche sur les données d'archives et sur les futurs observations (2026)

# À vos agendas !

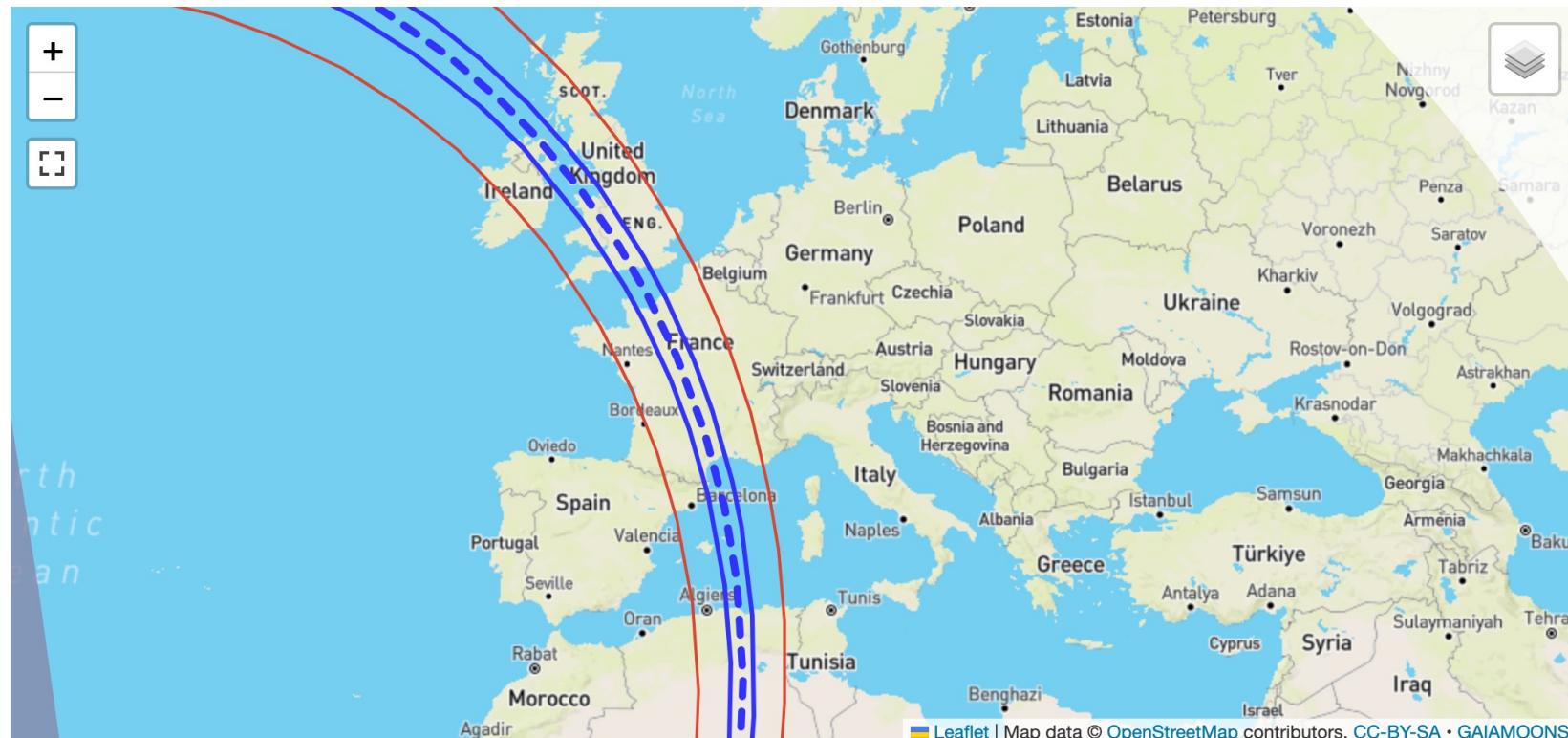


Figure : Occultation par (605) Juvisia le 19 Juillet. 2025

# À vos agendas !

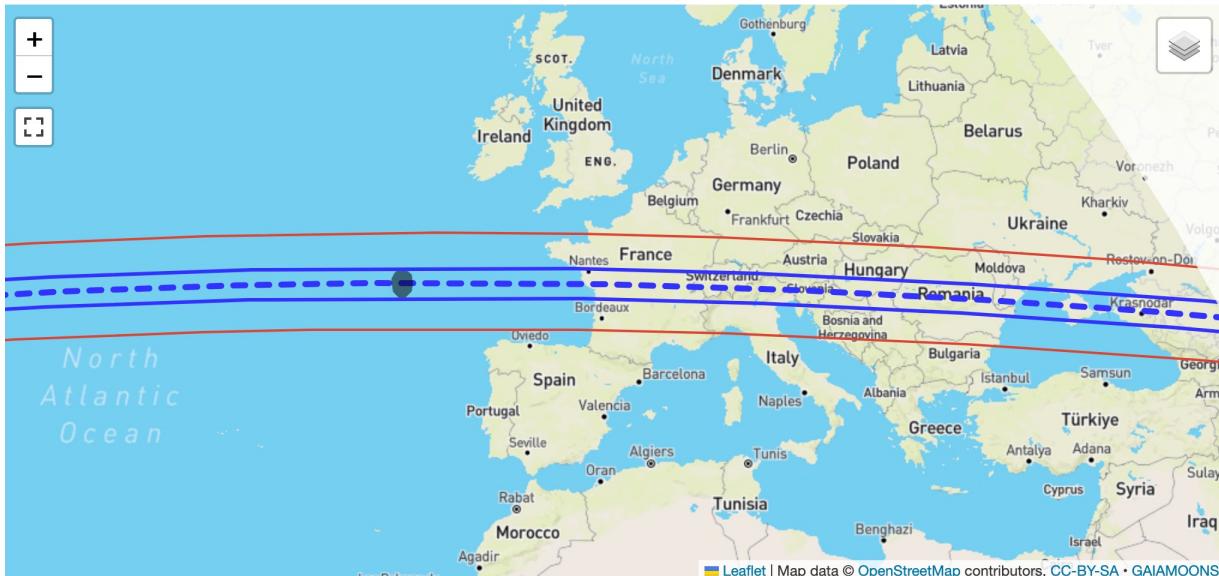


Figure : Occultation par (712) Boliviana le 26 Juil. 2025

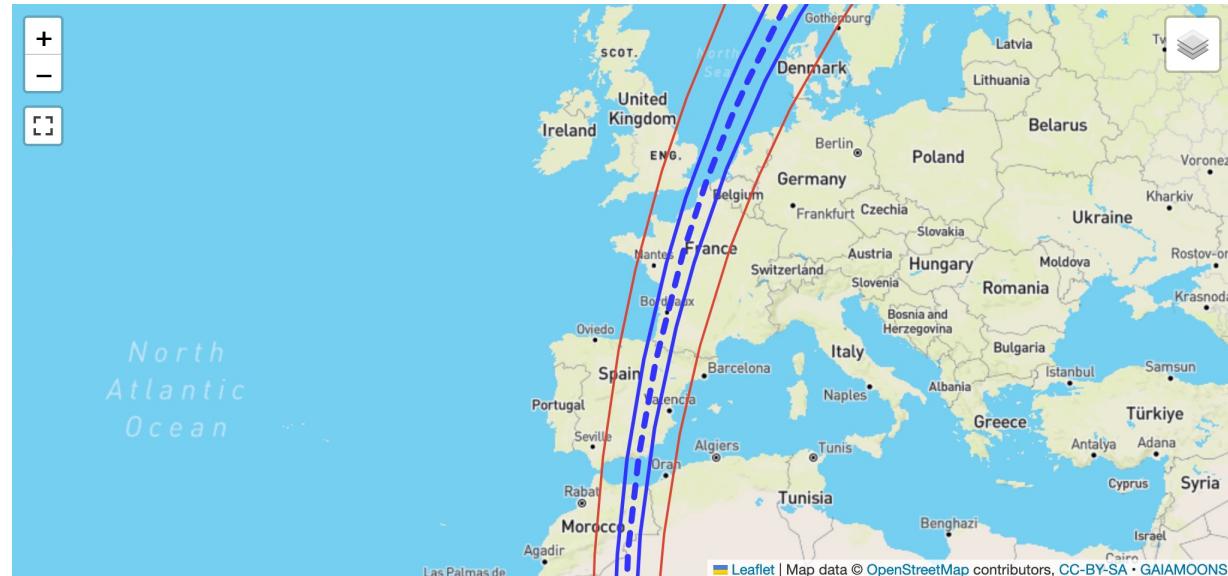


Figure : Occultation par (712) Boliviana le 25 sept. 2025

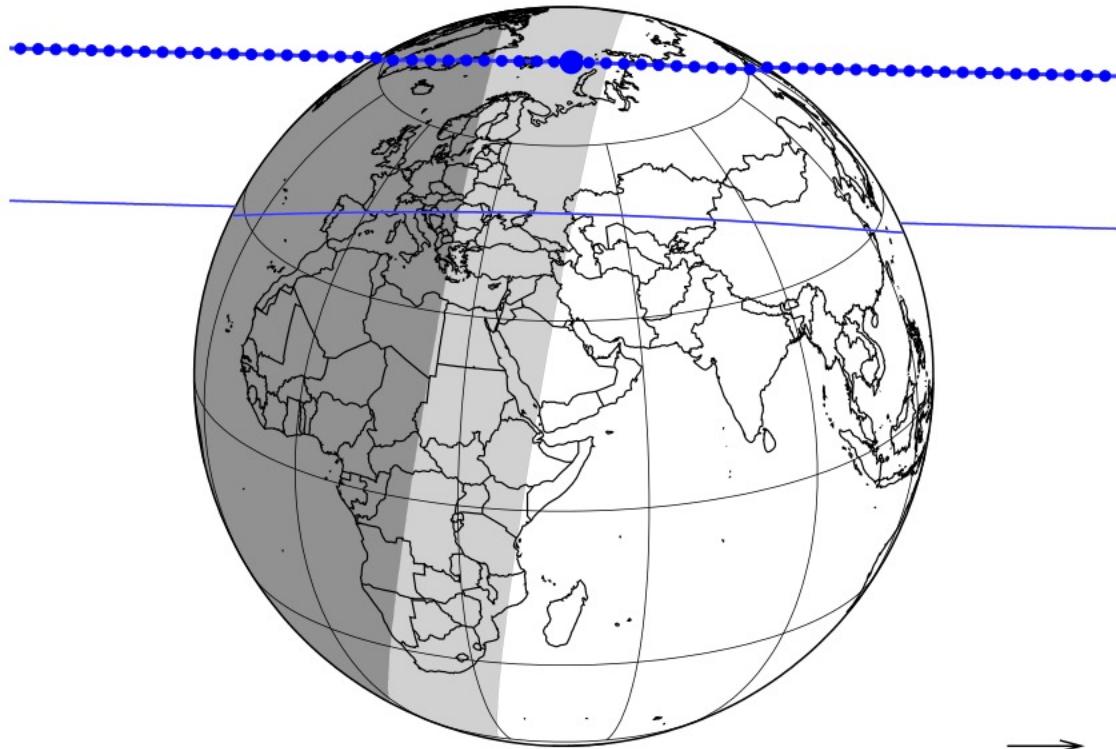


# À vos agendas !



Ganymede, GAIADR2+pmGAIADR2, DE438JUP310  
updated: 2020-10-23 by JD

app.dis.to planet:  $9.3R_p$

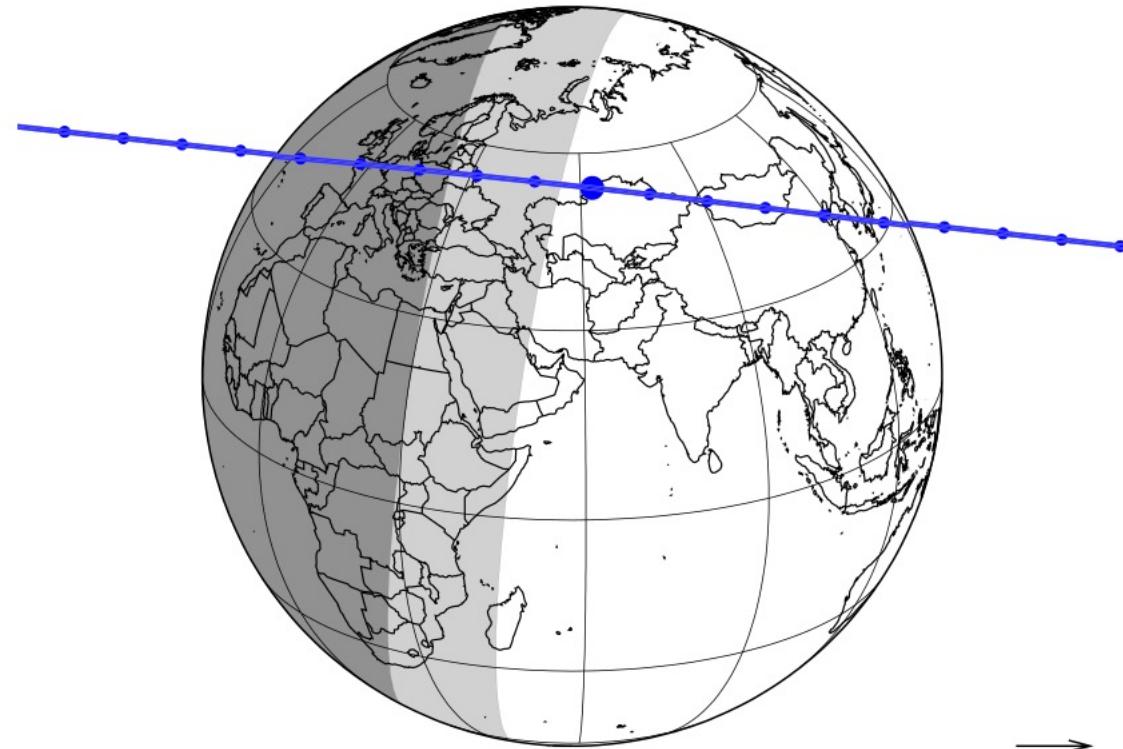


| YYYY mm dd hh:mm:ss.s | RA_star_J2000 | DE_star_J2000 | C/A   | P/A  | vel  | Delta  | G   | RP  | H   |
|-----------------------|---------------|---------------|-------|------|------|--------|-----|-----|-----|
| 2025-10-14 03:04:33.9 | 07 41 12.7200 | +21 26 47.820 | 1.457 | 1.43 | 5.12 | 5.1304 | 7.5 | 6.8 | 5.3 |

Figure : Occultation par **Ganymede** le 14 Oct. 2025

Pasiphae, GAIADR2+pmGAIADR2, DE438JUP341  
updated: 2020-10-23 by JD

app.dis.to planet:  $416.8R_p$



| YYYY mm dd hh:mm:ss.s | RA_star_J2000 | DE_star_J2000 | C/A   | P/A  | vel   | Delta  | G    | RP   | H    |
|-----------------------|---------------|---------------|-------|------|-------|--------|------|------|------|
| 2025-10-07 02:37:35.8 | 07 31 30.3513 | +22 55 22.089 | 0.880 | 6.17 | 16.95 | 5.1001 | 13.4 | 13.1 | 12.5 |

Figure : Occultation par **Pasiphae** le 07 Oct. 2025

# À vos téléphones !



Si vous souhaitez participer, scannez ce QR code pour rejoindre la **mailing list** et demander du prêt de matériel si besoin !

# Des questions ?

Merci aux observateurs !

Guillaume Langin, Jean-Luc Dauvergne, Melaine Saillenfest, Adrien Stachowicz, Arnaud Leroy, Ryan Dahoumane, Aisha Ashimbekova, Ziyu Liu, Pierre-Louis Phan, Carole Lavault, Gilles Vanwalleghem, Rui Gonçalves, Daniel Hestroffer, Jeremie Vaubaillon, Vincent Lapeyrère, Miguel Montargès, Jordan Raffard, Karim Hussein, Olivier Schreurs, Manon Lecoisois, Frederic Denjean, Thomas Salomon, Joel Souchu, Alain Vienne, Frédéric Vachier, Stéfan Renner, Jean-Pierre Masini, Lionel Rousselot, Benoit Lott, Stephane Kindt, Philippe Lemoine, Yueh-Ning Lee, Zhong-Yi Lin, Serge Quinet, Henk de Groot, Thierry Legault, Jean-Louis Dumont, Pierre-Jean Mercier, Pierre Le Cam, Eric Vauthrin, Isabelle Auvray, Jean-Paul Arnoud, Pierre Barroy, Alex Siakas, Rodrigo Leiva, Stefano Sposetti, Philip Stuart, Carsten Ziolek, Jean-François Counhil Oscar Canales, Christophe Rizan, Estéban Jacquet, Anna Marciniak, Deborah Smith, Eric Smith, S. Chairetas, Philip Denyer, Philippe Couvée, Jean-Paul Nombret, Paolo Fini, Stefan Meister, Albert Ossola, Wolfgang Beisker, Roland Boninsegna, Ferrando Casarramona, Bruno Guillet, Karl-Ludwig Bath, Didier Walliang, Régine Hoffmann, Matthieu Conyat, Patrice Le Guen, Javier Prat, Jean Bourgeois, Philippe Henarejos, Corine Yahia, Denirs Bourdens, Eric Barbotin, Carles Schnabel, R. Szakats, A. Pal, N. Takács, Á. Sódor, Cs. Kiss, Julio Spagnotto, Yanzhe Liu, Rick Liu, W. Hanna, Michel Turchenko, Katsumasa Hosoi, Katsuhiko Kitazaki, Hiraku Togashi, Ken Nemoto, Asumi Takimoto, Hidehito Yamamura, Akira Asai, Miyoshi Ida, Jean-Baptiste Marquette