

Journée SF2A 2024 – S21



GAIAMOONS

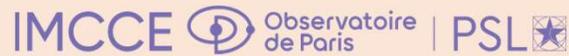
—

Révéler les secrets des astéroïdes binaires

R. LALLEMAND, J. DESMARS, B. SICARDY, P. TANGA

Qui sommes-nous ?

- Observatoire de Paris (IMCCE)



Organisation des campagnes d'observation

Analyse des données des campagnes

Caractérisation physiques des cibles

- Observatoire de la Côte d'Azur (LAGRANGE)



Coordination du projet

Analyse des données GAIA

Identification des cibles

- Université de Poznan, Pologne



Expert photométrie

Qu'est-ce que GAIAMOONS ?

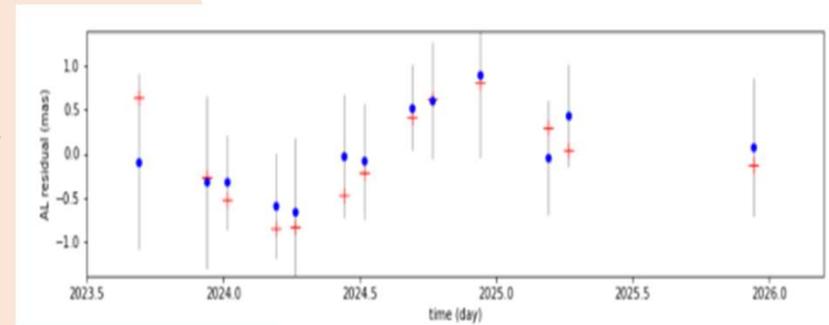
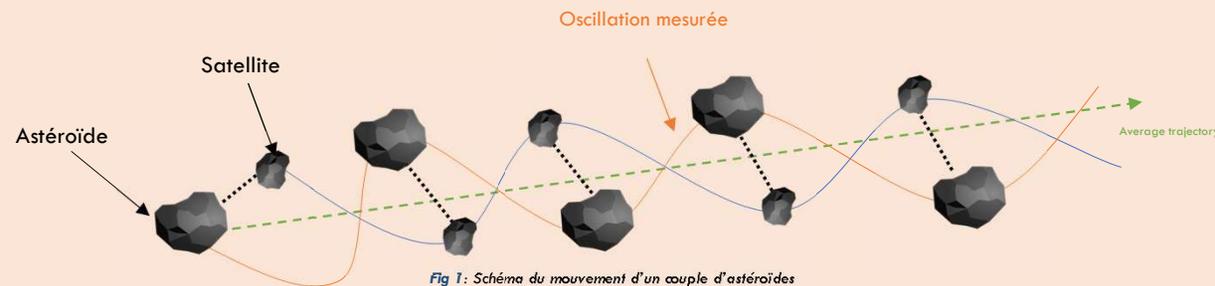


Fig 2: Residual to the orbital fit of (4337) Arecibo (blue dots) and the model predictions (red crosses)

Contexte

Lancement du satellite GAIA a permis d'augmenter significativement la précision de la position des étoiles visibles et également des objets dans le système solaire.

Projet

Projet ANR GAIAMOONS qui se propose d'utiliser les données GAIA pour détecter les oscillations des mouvements de certains objets traduisant la présence d'un satellite (Tanga et al. - **Fig 1 et 2**)

Liste de **156** objets supposés binaires (+ des objets déjà identifiés par le passé ou par collaboration ProAm)

Quel est le but du projet ?

- **Organiser des campagnes d'observations d'occultations**

Observer plusieurs fois un même système permet d'obtenir des informations sur son orbite mutuelle:

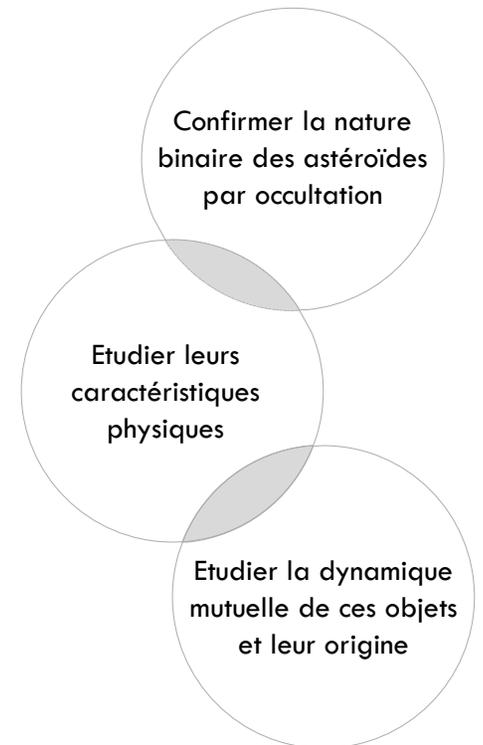
Occultation → Volumes (Astéroïde et Satellite) → Densités (Astéroïde et Satellite)
Orbite mutuelle → Masses (Astéroïde et Satellite)

Cf diapo 11

- **Etude de l'origine de la formation du système solaire**

Les astéroïdes binaires apportent des contraintes sur les modèles de formation planétaire. L'étude des systèmes binaires permet de caractériser précisément les astéroïdes qui sont des témoins de notre système solaire primordial (Nesvorny et al.)

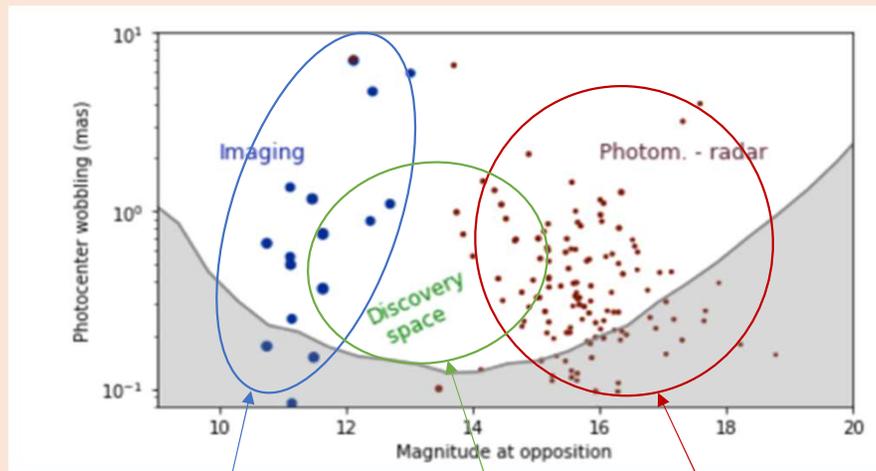
Cadre du projet de thèse



Quel est le but du projet ?

- Acquisition de nouvelles données d'observations

Données actuelles incomplètes ou biaisées par les méthodes d'observations employées (Imagerie direct haute résolution, photométrie, radar... Fig 3).



Known population of binaries by remote high resolution imaging

(Un)known population accessible to GAIA

Known population of binaries known by photometry/radar

Fig 3 : Cartographie de la population actuelle connue d'objets binaires dans le système solaire, séparation en fonction de leur magnitude

Cadre du projet de thèse

Confirmer la nature binaire des astéroïdes par occultation

Etudier leurs caractéristiques physiques

Etudier la dynamique mutuelle de ces objets et leur origine



Moyens mis en place

- Site web

Predictions • GaiaMoons

You can choose to display the events only visible for a specific place or a specific observatory:

IAU observatory code : Map with IAU observatories can be found on [this page](#).

Longitude: ° (East positive) Latitude: ° (North positive)

Date filter: Object filter : Magnitude filter:

Zone Selection :
(East-Asia, Europe & North Africa, Oceania, Southern Africa, North America, South America)

Occultation duration filter:

Date	(ID) Object	G* mag	Occ duration	Zone	Map
2024-May-26 02:19	(209519) 2004RQ326	13.4	.16	South America Southern Africa	
2024-May-26 02:52	(3800) Karayusuf	9.8	.28	Europe and North Africa South America	

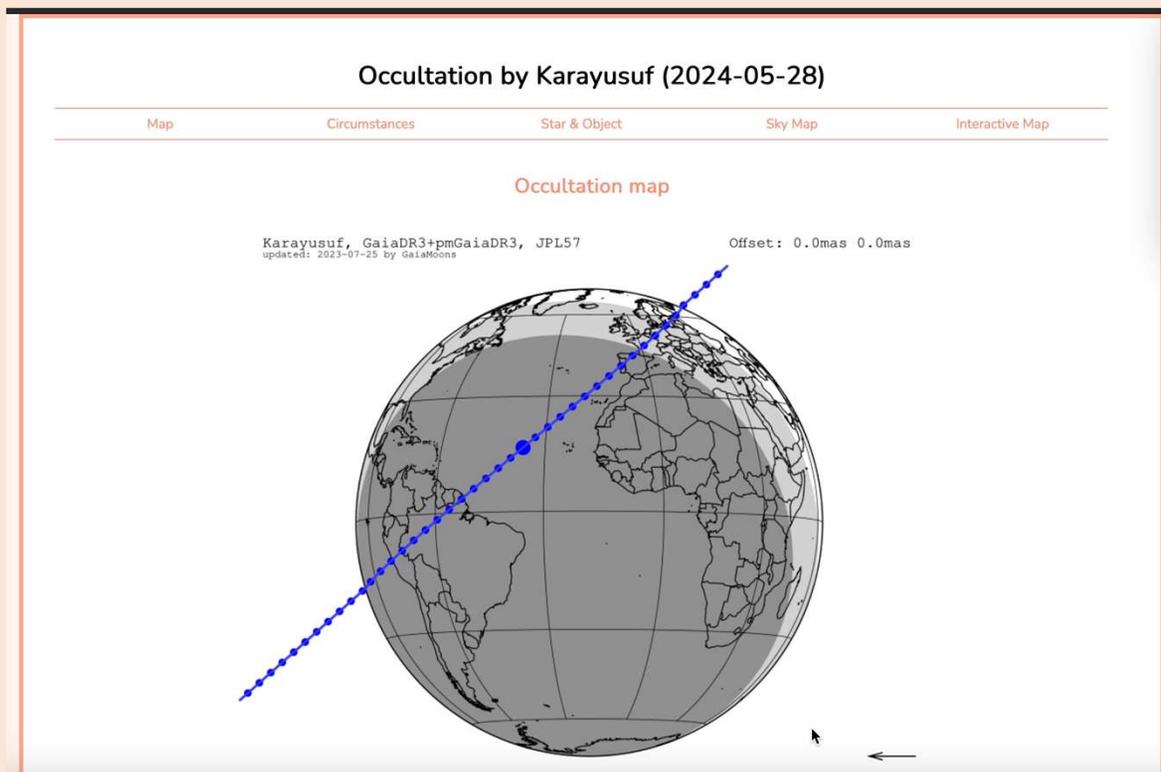


<https://gaiamoons.imcce.fr/>



Moyens mis en place

- Site web



<https://gaiamoons.imcce.fr/>



Moyens mis en place

- Site web

Page principale

Liste des évènements sur une année
Filtrage en fonction de la magnitude, la durée d'occultation, la période, la zone...

Page évènement

Accès aux détails de l'évènement

- Date de l'évènement
- Trajectoire de l'évènement
- Durée d'occultation estimée de l'objet et du satellite
- Position de l'étoile
- Champ de vue
- Caractéristiques estimée du système binaire



<https://gaiamoons.imcce.fr/>

Moyens mis en place

• Programme API/Formations - ROADIES

Grâce au budget de l'API ProAm, l'observatoire de Paris peut fournir :

- Système de localisation (GPS)/Timebox
- Caméras
- PC (bientôt)

→ Présentation du programme à l'école de photométrie le 08/06 !



Challenges

Difficulté de détecter un satellite par occultation

La majorité des événements sont très courts : temps d'occultation ~ 0.2 sec

- Nécessité d'un temps d'exposition très court
- Nécessité de se concentrer sur les étoiles les plus brillantes (mag apparente max ~ 13)

Bonne couverture au sol

- Réseau dense d'observateurs
- Collaboration avec les astronomes amateurs (vous !)

Besoin de ressources observateurs

- Localisation précise (GPS)
- Disponibilités
- Formation
- Engagement et accès à l'information

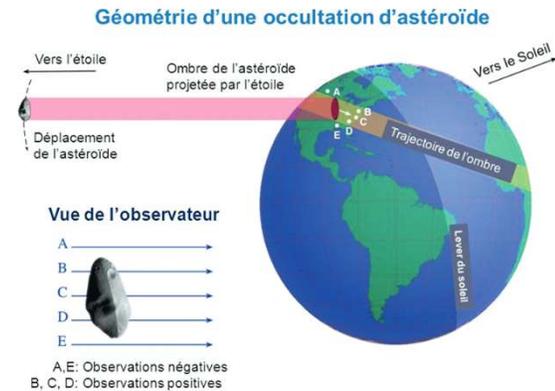


Fig 4: Schéma d'une occultation d'astéroïde

Evènements à venir !

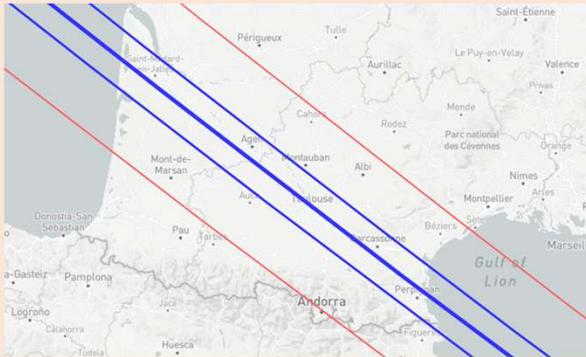


Fig 6 : Passage de l'occultation de Senta le 06/07/2024

(550) Senta

06/07/2024 23:11:29 (UT)

- Magnitude étoile 12.5
- Passage en Occitanie
- Diamètre 37.9 km
- Diamètre satellite estimé:
Solution 1 : 8 km
Solution 2 : 34 km
- Séparation estimé 62 km

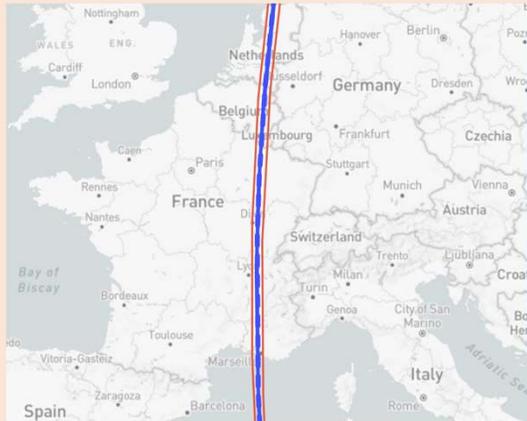


Fig 7 : Passage de l'occultation de Karayusuf le 27/07/2024

(3800) Karayusuf

27/07/2024 20:51:18 (UT)

- Magnitude étoile 12.3
- Passage dans l'est de la France
- Diamètre 1.9 km
- Diamètre satellite estimé:
Solution 1 : 0.4 km
Solution 2 : 1.6 km
- Séparation estimée : 11.3 km

Une diversité
d'évènements, en
terme de taille et
de séparation !

Evènements à venir !

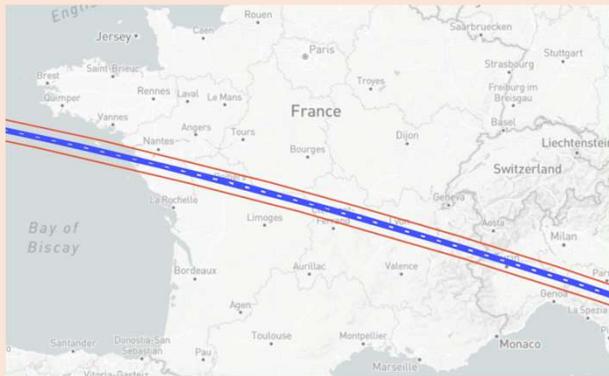


Fig 8 : Passage de l'occultation de Aguilar le 04/04/2025

(1800) Aguilar

04/04/2025 20:30:47 (UT)

- Magnitude étoile 10.1
- Passage dans le centre de la France
- Diamètre 7.3 km
- Diamètre satellite estimé:
 - Solution 1 : 2 km*
 - Solution 2 : 5.8 km*
- Séparation estimé : 15.3 km

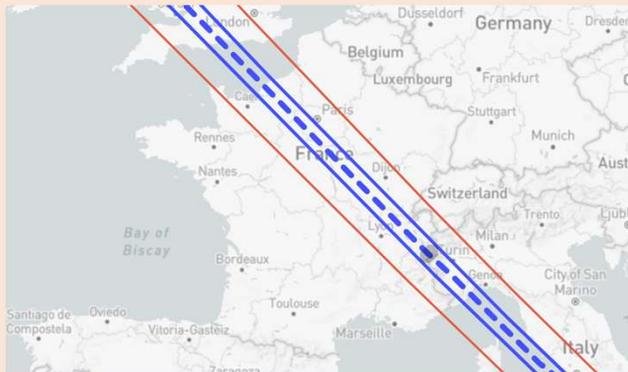


Fig 9 : Passage de l'occultation de Susanna le 02/05/2025

(542) Susanna

02/05/2025 00:08:58 (UT)

- Magnitude étoile 10.1
- Passage en région parisienne et sud-est
- Diamètre 48.4 km
- Diamètre satellite estimé:
 - Solution 1 : 6.4 km*
 - Solution 2 : 45.3 km*
- Séparation estimée : 71 km

Une diversité
d'évènements, en
terme de taille et
de séparation !

À vos agendas !

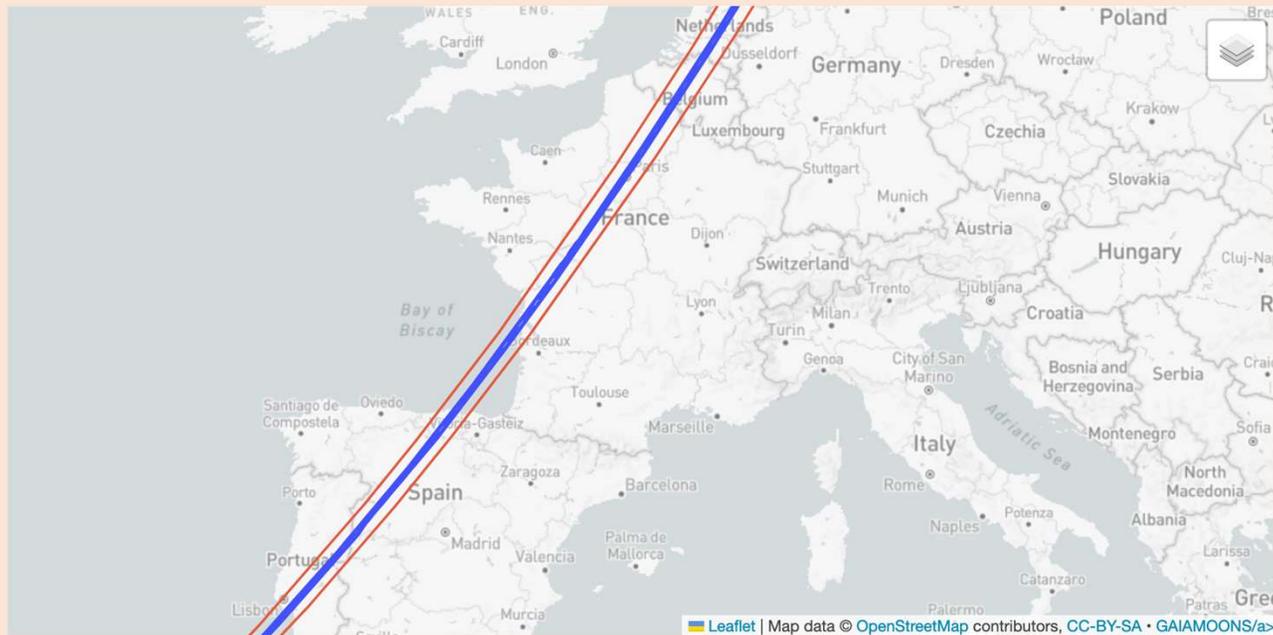


Fig 10 : Passage de l'occultation de Shestaka le 23/10/2024

(5044) Shestaka

23/10/2024 18:55:16 (UT)

- Magnitude étoile 10.5
- Passage sur une large partie de la France du Portugal et de l'Espagne
- Diamètre 6.4 km
- Diamètre satellite estimé:
Solution 1 : 2.2 km
Solution 2 : 4.7 km

Merci de votre écoute !
Des questions ?

raphaël.lallemand@obspm.fr



<https://gaiamoons.imcce.fr/>