Doctorat de l'Université PSL
préparé à l'Observatoire de Paris

AVIS DE SOUTENANCE

Raphael LALLEMAND

Astronomie et astrophysique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Étude des Astéroïdes Binaires dans le Système Solaire par occultations stellaires et Astrométrie Gaia

Soutenance prévue le **30 septembre 2026** à **14h00**

Lieu : Amphithéâtre de l'IAP
98bis Bd Arago, 75014 Paris

Composition du jury proposé

M. Bruno SICARDY	Professeur émérite	Observatoire de Paris - Laboratoire Temps Espace (LTE)	Directeur de these
M. Josselin DESMARS	Maître de conférences	Observatoire de Paris - Laboratoire Temps Espace (LTE)	CoDirecteur de these
M. Pierre VERNAZZA	Chargé de recherche	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille	Rapporteur du jury
M. Jean-Marc PETIT	Directeur de recherche	Observatoire de Besançon - Institut UTINAM	Rapporteur du jury
Mme Sonia FORNASIER	Professeur	Observatoire de Paris - Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA)	Membre du jury
Mme Anna MARCINIAK	Professeur des universités	Adam Mickiewicz University	Membre du jury
M. Sebastien CHARNOZ	Chargé de recherche	Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité	Membre du jury

Mots-clés : Occultation,Astéroïdes,Structure,Système Solaire,Astrométrie,Satellites

Keywords : Occultation,asteroids,Structure,Solar System,Astrometry,Satellites

Résumé :
Avec plus de 1.5 millions d'objets cartographiés à ce jour, les astéroïdes représentent des témoins directs et accessibles de la formation de notre Système Solaire. Leur distribution actuelle en taille, leurs familles dynamiques, leurs compositions et leur structures renseignent sur les caractéristiques initiales du disque protoplanétaire. Parmi eux, les astéroïdes binaires en particulier, offrent un moyen naturel de détermination de leur masse par l'étude dynamique de leur orbite mutuelle, permettant ensuite d'estimer la densité moyenne et la structure interne des composantes. Bien qu'estimée autour de 15%, la population de binaires parmi les petits corps du Système Solaire est mal connue notamment à cause de biais observationnels. Cette étude s'inscrit dans le projet Gaiamoons qui vient combler ce biais en combinant les données d'une précision unique de la mission

Gaia (catalogues DR3 et FPR) avec les occultations stellaires. De fait, pour certains objets, Gaia mesure un signal périodique entre leur photocentre et leur barycentre. En principe, un objet de forme irrégulière peut produire un effet similaire mais l'existence d'un satellite amplifie fortement cet écart, ces objets sont alors identifiés comme des candidats binaires. Pour pouvoir confirmer ou infirmer la nature binaire de ces objets, on se propose de mener des campagnes d'observations par occultation stellaire. Cette technique consiste à observer le signal émis par une étoile momentanément occultée par un objet plus proche et d'en déterminer les instants de disparition et de réapparition. De ce fait, il est possible de déterminer avec précision la position de l'objet occultant grâce à la position de l'étoile ainsi que d'en déduire sa forme et de sonder son environnement direct. Entre Octobre 2023 et textbf{Mai} 2026, 272 campagnes d'observations ont été menées pour 153 candidats binaires. Dans l'ensemble de ces observations, on dénombre 33 campagnes d'observations sans précédents pour 27 objets qui ont pour certains été observé pour la première fois. Cinq de ces objets - (1127) Mimi, (2388) Gaze, (35420) 1998 AG$_6$, (206) Hersilia et (36882) 2000 SW$_{155}$ — présentent des caractéristiques suggérant une nature binaire cohérente avec les caractéristiques estimées à l'aide des données Gaia. Outre la discussion détaillée sur ces objets, un résumé des résultats, sur la taille, position et forme dérivées par occultations d'autres candidats binaires est présenté. En particulier les occultations par (5447) Shestaka, (550) Senta, (712) Boliviana, (247) Eukrate, (4337) Arecibo et (542) Susanna qui ont rassemblé un grand nombre d'observateurs.

Summary :
With more than 1.5 million objects observed to date, asteroids are direct and accessible witnesses to the formation of our Solar System. Their current size distribution, dynamical families, compositions, and structures provide information on the initial characteristics of the protoplanetary disk. Among them, binary asteroids in particular offer a natural way of determining their mass through the dynamical study of their mutual orbit, subsequently allowing to estimate the average bulk density and internal structure of the components. Although estimated at around 15%, the binary population among small Solar System bodies remains poorly known, notably due to observational biases. This study is part of the Gaiamoons project, which aims to fill this gap by combining the uniquely precise data from the Gaia mission (DR3 and FPR catalogues) to target follow-up stellar occultation observations. Indeed, for some objects, Gaia measures a periodic signal between their photocenter and barycenter. In principle, an irregularly shaped object can produce a similar effect, but the presence of a satellite greatly amplifies this discrepancy; these objects are then identified as binary candidates. To infer their binary nature, we conduct stellar occultation observation campaigns. This technique consists of observing the signal from a star momentarily occulted by a closer object and determining the instants of immersion and emersion. It is then possible to accurately determine the position of the occulting object thanks to the star's position, as well as to deduce its shape and probe its immediate surroundings with great accuracy. Between October 2023 and textbf{May} 2026, 272 observation campaigns were carried out for 153 binary candidates. Among them, there are 33 unprecedented observation campaigns for 27 objects, some of which were observed for the first time. Five among them — (1127) Mimi, (3288) Gaze, (35420) 1998 AG$_6$ (206) Hersilia, and (36882) 2000 SW$_{155}$ — show characteristics suggesting a binary nature consistent with the features estimated from Gaia data.In addition to the detailed discussion of these objects, a summary of the results on the size, position, and shape derived from occultations of other binary candidates is presented. In particular, the occultations by (5447) Shestaka, (550) Senta, (712) Boliviana, (247) Eukrate, (4337) Arecibo, and (542) Susanna, which gathered a large number of observers.