

Table des matières

PREFACE	3
LES GRANDS CHIFFRES (2022)	4
LES TEMPS FORTS SCIENTIFIQUES DE L'ANNEE.....	5
JANVIER.....	5
Les premiers petits corps du système solaire formés dans deux anneaux distincts	5
La structure stellaire la plus sous-métallique de l'Univers	7
FEVRIER.....	10
Un trou noir super massif débusqué dans un nuage de poussière cosmique.....	10
Astéroïde Ryugu : les échantillons récoltés confrontés aux données de la sonde.....	13
ANAtOLIA franchit une étape importante.....	15
AVRIL.....	16
L'âge de la surface de l'astéroïde Bennu rajeuni par l'analyse de ses cratères.....	16
MAI	19
The inside story of NASA's mission to Psyche	19
Motif dansant des étoiles supergéantes rouges dans le ciel	25
JUIN	28
L'astéroïde carboné de Bénou fracturé par des chocs thermiques	28
Adoption de la mission d'exploration spatiale Comet Interceptor	30
Gaia : le catalogue galactique nouveau est arrivé.....	32
AOUT	37
Pourquoi certains astéroïdes en forme de toupie ont des lunes et d'autres pas ?.....	37
SEPTEMBRE	40
Premières images d'une exoplanète vue par le JWST, incluant des images inédites dans l'infrarouge moyen.....	40
Impact réussi pour DART sur Dimorphos !	41
La signature chimique des bras spiraux de la Galaxie révélée par Gaia	42
OCTOBRE	43
Les occultations stellaires franchissent une nouvelle étape avec l'asteroïde Dydimos.....	43
L'effet de l'impact de DART observé par ASTEP+	45
MATISSE fête une belle moisson de résultats.....	46
NOVEMBRE.....	49
Le DPAC Gaia lauréat du Prix Berkeley de l'American Astronomical Society	49
NASA's Webb Reveals an Exoplanet Atmosphere as Never Seen Before	50
DECEMBRE	53
Première lumière pour WEAVE, spectrographe dernière génération	53
Premières simulations complètes de formation d'un cratère sur un astéroïde.....	56
LES EVENEMENTS.....	58
Quelques colloques de 2022	58
Prix et distinctions	61
HDR soutenue en 2022.....	62
Thèses de Doctorat soutenues en 2022	63
Séminaires Lagrange 2022	64

Le MASTER MAUCA 2022-2023	65
Accueil prolongé de Alexey Sergeev	66
Les nouveaux contrats	67
Les moments de convivialités et autres rendez-vous	68

Comité de publication : Philippe Stee (D.U.), Sophie Rousset (R.A.), chef(e)s d'équipe : Giorgio Krsutlovic, Vanessa Hill, Eric Slezak, Nicolas Nardetto, Patrick Michel, André Ferrari, Frantz Martinache, Carole Gouvret.
Sources externes : Hebdo de l'OCA, Une du CNRS, Actualités de l'INSU, Newsletter UCA. Avec nos remerciements ainsi qu'à tous les auteurs d'articles, contributeurs et correcteurs.

PREFACE

Bonjour à toutes et tous,

Une nouvelle année se termine et comme le veut maintenant la "tradition" vous trouverez dans les pages qui suivent la rétrospective de l'année 2022 concoctée par Sophie Rousset avec l'aide de toutes et tous. Comme vous pourrez le voir, encore beaucoup d'activités et de très beaux résultats scientifiques.

Toutes les équipes ont participé à ces temps forts scientifiques et à ces découvertes, que ce soit à travers les petits corps du système solaire, à nouveau à l'honneur, l'observation d'un trou noir super massif au cœur de la galaxie Messier 77, l'avancée du projet Anatolia pour les communications du futur par lien laser, la physique stellaire et l'imagerie de la surface d'étoiles supergéantes rouges, la mission Comet Interceptor qui doit rester cachée dans notre système solaire avant de fondre vers sa proie ou les premiers résultats du JWST dont nous sommes partie prenante. 2022 a également été un temps fort autour des activités Gaia et la remise des données No 3 autour d'un événement planétaire centré sur la Grande Coupole du Mt Gros. La chimie de notre Galaxie a également été re-visitée et des millions d'étoiles de notre Galaxie ont vu leurs paramètres fondamentaux mesurés. La mission NASA/ESA DART a réussi à dévier un Astéroïde de son orbite et le projet HERA, dont le Laboratoire est responsable, va venir caractériser prochainement cet impact majeur. Cette année se termine également sur la première lumière du projet WEAVE dans lequel notre Laboratoire est largement impliqué.

2022 a également été une année de solidarité et d'entraide car la guerre contre l'Ukraine a jeté des milliers d'hommes, de femmes et d'enfants sur la route. Nous avons ainsi accueilli et soutenu quelques collègues Ukrainiens qui ont pu se mettre en sécurité et continuer leur activité scientifique à l'OCA.

2022 a été l'année de notre évaluation par l'HCERES et j'en profite pour remercier à nouveau l'ensemble du Laboratoire pour sa participation active à cette évaluation par le Comité HCERES, y compris les doctorants présents en nombre. Félicitations également aux responsables d'équipes qui ont fait de très belles et pertinentes présentations et à l'équipe administrative pour le soutien sans faille durant ces 3 jours. Bravo à l'équipe qui a guidé le comité dans nos salles blanches. Attendons maintenant le rapport nous concernant mais je suis tout à fait confiant et certain qu'il sera très positif et que l'excellence de notre Laboratoire sera reconnue. 2023 qui s'ouvre sera l'occasion de présenter la prospective scientifique de notre Laboratoire à l'ensemble de nos tutelles (OCA, CNRS, UCA) et, là aussi, beaucoup de travail a été effectué essentiellement par les responsables d'équipes qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour présenter des projets très pertinents pour le futur du Laboratoire, en adéquation avec les priorités scientifiques de l'OCA. Un grand merci.

Comme vous le savez également, 2023 sera ma dernière année à la direction de ce Laboratoire. J'espère que la campagne de recherche de ma ou mon remplaçant(e) verra de nombreuses candidates et candidats se manifester. Notre Laboratoire, dont l'excellence est reconnue, est très dynamique et attractif. Je suis certain qu'il attirera des candidatures de qualité aussi bien en interne qu'à l'extérieur de nos murs. Donc vous qui lisez ces quelques lignes, n'hésitez pas à postuler !

En attendant, je vous souhaite une excellente année 2023 remplie de succès professionnels et personnels !



Philippe Stee, directeur du laboratoire Lagrange

LES GRANDS CHIFFRES (2022)

142 Articles répertoriés dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture



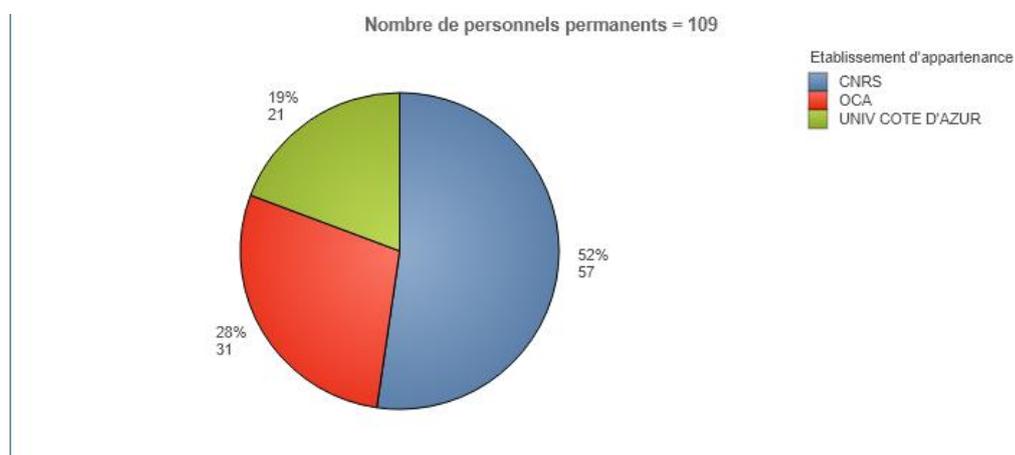
En 2022, nous avons accueilli (entre autres) :



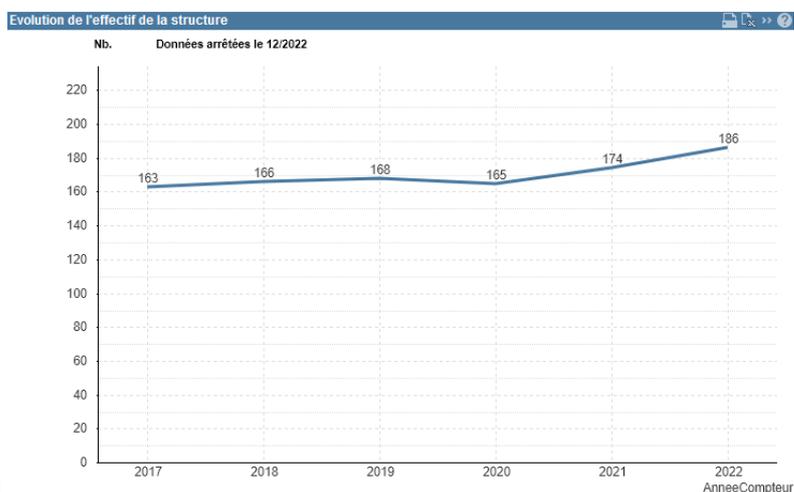
15 nouveaux doctorants

5 nouveaux post-doctorants

Quelques données sur la composition du laboratoire (déc. 2022) :



Un effectif en HAUSSE



LES TEMPS FORTS SCIENTIFIQUES DE L'ANNEE

JANVIER

Les premiers petits corps du système solaire formés dans deux anneaux distincts

Publication : 3 janvier 2022



cette formation...

La formation des petits corps du système solaire, tels que les astéroïdes, ou les « planétésimaux » (les ancêtres des planètes) demeure mystérieuse. Si la communauté s'accorde à penser qu'elle est le résultat de la concentration d'amas de poussières dans le disque protoplanétaire, qui s'effondrent sous leur poids, il demeure une grande incertitude sur l'endroit et le moment de

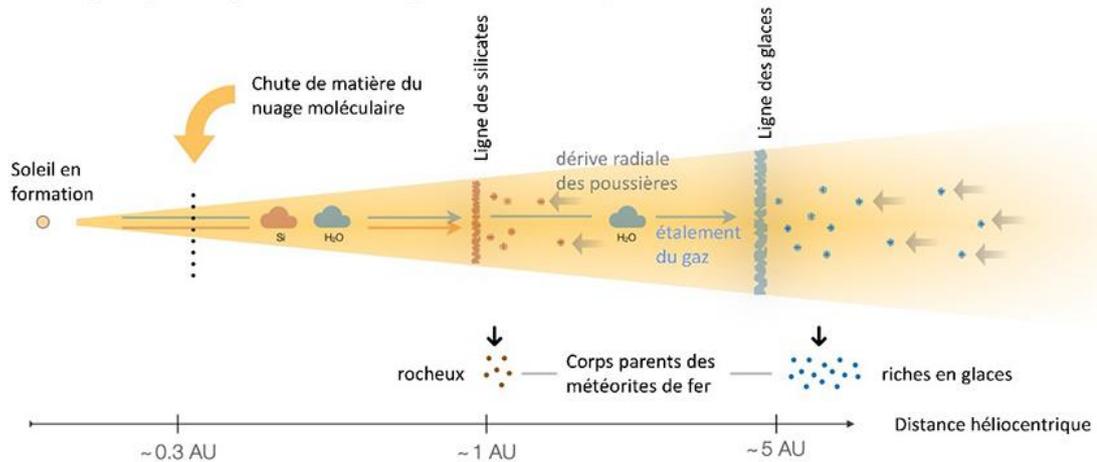
À ce jour, les simulations numériques montrent que le lieu le plus propice à une formation rapide des petits corps est la « ligne de glaces », c'est-à-dire le lieu du disque où la vapeur d'eau se condense sous forme de glace, à une température d'environ 160K (environ -110°C). Mais ce résultat est en conflit avec l'analyse des météorites de fer, issues des noyaux des premiers petits corps du système solaire. Elles se partagent en deux groupes ayant des propriétés isotopiques et chimiques différentes. Ces différences plaident en faveur de la formation de deux sites de formation, en non pas d'un seul, de compositions distinctes, à des distances du Soleil différentes.

Un groupe de chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur, de l'Observatoire de Paris et de l'Institut de Physique du Globe de Paris, dans un partenariat international avec des collègues du Caltech (USA) et des Universités Allemandes de Bayreuth et Münster, dans un article paru sur Nature Astronomy le 22 décembre 2021, a montré pour la première fois que les premiers petits corps du système solaire auraient pu se former dans deux anneaux distincts, l'un près de la ligne de condensation des silicates (vers 1000K), l'autre près de la ligne de glaces (vers 160K).

Un élément clé de cette explication, est la prise en considération de la formation des petits corps en même temps que le Soleil, alors que la nébuleuse solaire était encore alimentée par un nuage moléculaire en effondrement. Freiné par le champ magnétique, le gaz du nuage moléculaire tombe au voisinage de l'étoile; ainsi alimenté, le disque protoplanétaire s'étale progressivement. Lors de cette expansion radiale du disque, qui dure quelques cent mille ans, le gaz refroidit et ses différentes composantes condensent progressivement en formant des poussières : d'abord les silicates, puis la glace d'eau. Les poussières sont freinées à leur tour par le gaz et dérivent vers l'étoile. Dans ce processus, les poussières s'accumulent naturellement dans le disque protoplanétaire autour de la ligne de silicates et de la ligne de glaces, favorisant la formation des planétésimaux à ces endroits, comme indiqué dans le schéma ci-joint.

Selon les auteurs de cette étude, un premier réservoir de petits corps riches en glaces (avec une masse d'une trentaine de fois celle de la Terre) se serait formé près de l'orbite actuelle de Jupiter, permettant ensuite la formation des noyaux des planètes géantes, tandis qu'un second réservoir de petits corps sans glaces mais riches en silicates (contenant quelques fois la masse de la Terre seulement) se serait formé près de l'orbite actuelle de la Terre, permettant ensuite la formation des planètes telluriques. La formation contemporaine de ces deux populations de petits corps de caractéristiques chimiques différentes est en très bon accord avec les contraintes observationnelles fournies par les météorites de fer. Cela montre également que le processus de formation planétaire a démarré très tôt dans la nébuleuse solaire, en même temps que la formation du Soleil, alors que notre Système Solaire était encore alimenté en matériau par le milieu interstellaire.

Disque protoplanétaire pendant les premiers 500.000 ans



Un schéma du modèle conçu par les auteurs pour expliquer la formation des deux familles de corps parents des météorites de fer, de type rocheux d'une part et riche en glaces d'autre part. Le point clef est qu'un disque alimenté près du soleil s'étale radialement. Le gaz refroidit et condense les espèces chimiques plus réfractaires, comme les silicates, puis celles plus volatiles, comme la vapeur d'eau. Une fois condensés en poussières, ces éléments dérivent vers le soleil, sous l'effet du frottement avec le gaz. Ainsi la matière s'accumule à la ligne de condensation de l'eau et à celle des silicates, ce qui permet la formation des premiers planétésimaux dans deux anneaux distincts.

Référence

Contemporary formation of early Solar System planetesimals at two distinct radial locations, A. Morbidelli, K. Baillié, K. Batygin, T. Guillot, D. C. Rubie et T. Kleine, *Nature Astronomy*, 22 décembre 2021.

Contact

Alessandro Morbidelli, directeur de recherche CNRS, UMR Lagrange (CNRS - Université Côte d'Azur - Observatoire de la Côte d'Azur) :

Illustration haut de page : © NASA/JPL/JHUAPL

La structure stellaire la plus sous-métallique de l'Univers

Publication : 5 janvier 2022



Une équipe internationale de chercheurs comprenant des astrophysiciens de [l'Observatoire astronomique de Strasbourg](#), de [l'Observatoire de la Côte d'Azur](#) et de [l'Observatoire de Paris](#) a découvert les restes d'un amas stellaire dont les étoiles ont en commun d'être exceptionnellement déficientes en éléments plus lourds que l'Hydrogène et l'Hélium. Comme les générations successives d'étoiles enrichissent en éléments lourds le gaz interstellaire d'où naissent les futures étoiles, cet amas doit s'être formé à partir de générations d'étoiles très précoces et constitue une relique remarquable d'une époque où les toutes premières structures stellaires s'assemblaient. On ignorait l'existence d'amas d'étoiles aussi peu polluées en éléments lourds – certaines théories supposaient même que leur formation était impossible, d'autres qu'ils avaient déjà tous disparus – ce qui fait de cette découverte un élément clé pour notre compréhension de la formation des étoiles dans l'Univers primordial.

Pour étudier les premières structures stellaires à se former dans l'univers, les astronomes peuvent se tourner vers les galaxies les plus lointaines, observées telles qu'elles étaient il y a longtemps, dans leur enfance. Il est également possible de se reposer sur « *l'archéologie galactique* » et d'étudier en détail les structures les plus anciennes de notre propre galaxie, la Voie Lactée. La grande majorité des étoiles qui nous entourent se sont formées, comme le Soleil, dans notre Galaxie. Cependant, une petite fraction des étoiles de la Voie Lactée, trouvée majoritairement dans sa périphérie, a été apportée par des galaxies plus petites qui ont donné leurs étoiles et leurs amas stellaires à la Galaxie. L'amas découvert a été amené par un tel processus, mais il a perdu ses étoiles au cours de son voyage autour de la Galaxie, sous l'effet des marées que celle-ci induit, laissant un "courant" d'étoiles dans le ciel.

Cette découverte passionnante est publiée dans la prestigieuse revue Nature et a impliqué de nombreux chercheurs, observateurs ou théoriciens, autour du [projet Pristine](#) ([Pristine : Sondage des premières étoiles Galactiques](#)). L'équipe internationale a dévoilé la remarquable structure de l'amas stellaire grâce à la combinaison des données de [la sonde spatiale Gaia](#) et des observations de plusieurs télescopes au sol.

Au départ, une équipe de chercheurs de Strasbourg avait exploré la carte, d'une précision sans précédent, de l'emplacement et du mouvement des étoiles recueillie par la sonde Gaia, lancée par l'Agence spatiale européenne en 2013 à l'aide d'un algorithme inédit qui avait permis d'isoler les rares groupes d'étoiles se déplaçant de concert. L'une des structures découvertes de cette manière est un nouveau courant stellaire candidat que l'équipe a appelé « C-19 ». En parallèle, l'équipe Pristine, dirigée par Nicolas Martin de l'Observatoire astronomique de Strasbourg, et à laquelle participent Vanessa Hill et Georges Kordopatis de l'Observatoire de la Côte d'Azur, cartographie le ciel depuis 2015, au Télescope Canada-France-Hawaï à Hawaï, dans un filtre spécialement conçu pour mesurer systématiquement la fraction d'éléments lourds, ou « [métallicité](#) », de millions d'étoiles. Les mesures de Pristine ont ainsi révélé que, de manière surprenante, C-19 contient des étoiles avec une métallicité extrêmement faible.

Des observations très précises effectuées ensuite avec le télescope Gemini Nord à Hawaï et le Gran Telescopio Canarias à La Palma ont révélé que ces étoiles possèdent la signature chimique distincte des étoiles d'un amas. Ces observations détaillées ont également confirmé les taux exceptionnellement bas d'éléments lourds présents dans ses étoiles : moins de 0,04% du taux observé dans le Soleil et bien inférieur au taux de toute autre structure connue dans l'univers.

Ce vestige des temps anciens ouvre une fenêtre directe et unique sur les premiers âges de la formation des étoiles dans l'univers et sur la mise en place des structures stellaires à cette époque très reculée. Les cartes de la Voie lactée, en constante amélioration grâce à la mission Gaia et à l'étude Pristine, continueront à contribuer à la découverte de ces groupes exceptionnels d'étoiles qui sont de précieux fossiles des temps anciens.

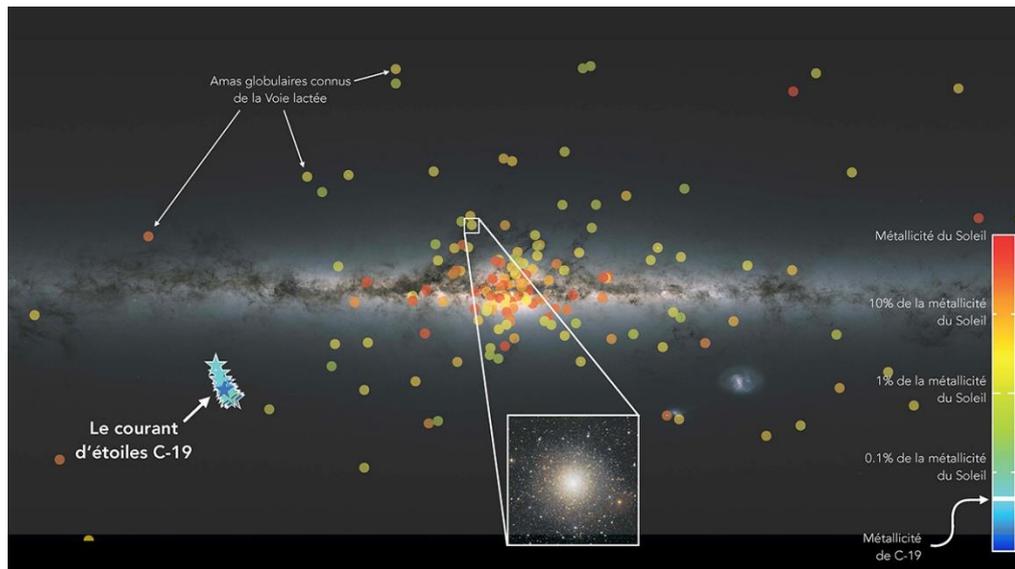


Figure 1 : La distribution des amas globulaires de la Voie Lactée est superposée sur la carte de la Voie Lactée construite à partir des données du satellite Gaia. Chaque amas est un regroupement de quelques milliers à plusieurs millions d'étoiles, comme sur l'image en insert de l'amas Messier 10. La couleur des points représente la métallicité des amas, c'est-à-dire leur quantité d'éléments lourds par rapport au Soleil. Les étoiles du courant C-19 sont indiquées par les symboles bleu clair et ont une métallicité qui est environ 2500 fois moindre que celle du Soleil. Crédits: © N. Martin & Observatoire Astronomique de Strasbourg; Canada-France-Hawaii Telescope / Coelum; ESA/Gaia/DPAC

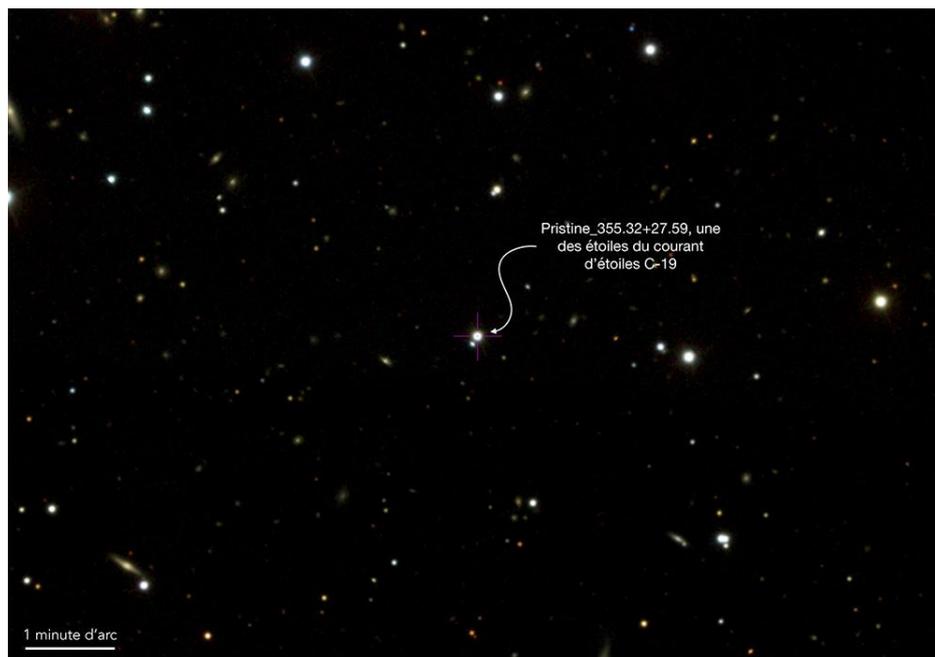


Figure 2 : À première vue, rien ne distingue cette étoile de C-19 des nombreuses autres étoiles de la Voie Lactée. Ce n'est que grâce à la mesure très précise de son léger déplacement sur le ciel, obtenue grâce au satellite Gaia, et la cartographie de la métallicité des étoiles grâce aux observations du projet Pristine qu'il a été possible de l'isoler et de montrer que cette étoile appartient à un courant stellaire d'extrêmement faible métallicité. Crédits : Image SLOAN Digitized Sky Survey dans le logiciel Aladin (Observatoire Astronomique de Strasbourg)

Métallicité des étoiles

Comme l'avait montré Cecilia Payne en 1925, le Soleil est composé en très grande majorité des deux éléments atomiques les plus légers de l'univers, l'hydrogène et l'hélium : de fait, ces éléments représentent 98,5% de sa composition. La somme de tous les autres éléments atomiques plus lourds (carbone, oxygène, fer, etc.) ne représente que 1,5% de la masse totale de notre étoile. La grande majorité de ces éléments lourds est produite au sein des étoiles

massives. Lorsque celles-ci atteignent les derniers stades de leur évolution, elles cèdent ces éléments au gaz interstellaire par le biais des vents ou lorsqu'elles explosent en supernovae. De nouvelles étoiles naissent de ce gaz interstellaire désormais enrichi, comme le Soleil il y a 4,5 milliards d'années. Cela implique que les premières générations d'étoiles étaient très pauvres en éléments lourds. Les étoiles qui composent le courant C-19 présentent des abondances en éléments lourds (appelées métallicité) 2500 fois plus faibles que celles trouvées dans le Soleil !

Référence

[A stellar stream remnant of a globular cluster below the metallicity floor](#), 2021, Nicolas F. Martin et al., *Nature*.

Contacts scientifiques

Vanessa Hill, directrice de recherche CNRS, , et Georges Kordopatis, astronome adjoint, , UMR Lagrange ([CNRS](#) - [Université Côte d'Azur](#) - [Observatoire de la Côte d'Azur](#)).

Contact communication

Marc Fulconis, responsable communication.

FEVRIER

Un trou noir super massif débusqué dans un nuage de poussière cosmique

Publication : 16 février 2022

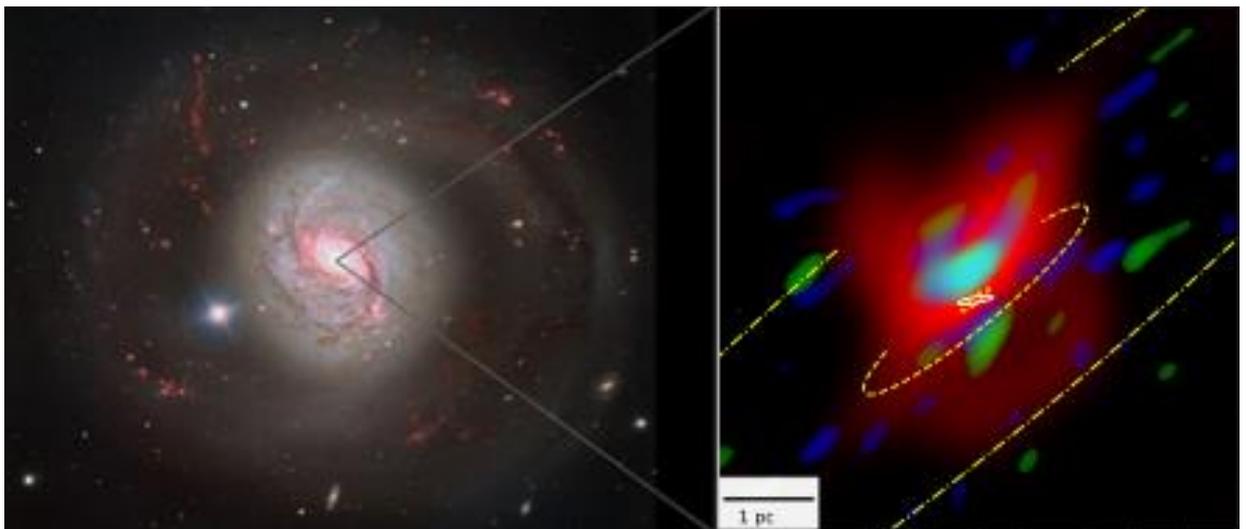
Une équipe internationale de chercheurs lève le voile sur la localisation du trou noir central au cœur de la galaxie Messier 77. Ce travail a été possible grâce à l'avènement de l'instrument [MATISSE](#) construit en France pour le très grand interféromètre de l'observatoire européen austral (VLTI à l'ESO). L'équipe internationale, menée par l'Observatoire de Leiden, le laboratoire Lagrange ([CNRS-UCA-OCA](#)) et l'Observatoire de la Côte d'Azur, a réalisé une cartographie thermique de la poussière au cœur de la galaxie Messier 77, ce qui a permis de débusquer le trou noir super massif qui s'y dissimule.

Les noyaux galactiques actifs sont les sources compactes les plus brillantes de l'Univers. En leur centre, un trou noir de quelques millions à plusieurs milliards de masses solaires attire, comprime et surchauffe la matière au centre de la galaxie. L'énorme énergie lumineuse dissipée et les vents de poussière qu'elle entraîne influencent l'évolution globale de la galaxie et la formation des étoiles en son sein. Le trou noir est un destructeur qui est aussi un créateur dont les mystères sont ceux de l'évolution de l'Univers.

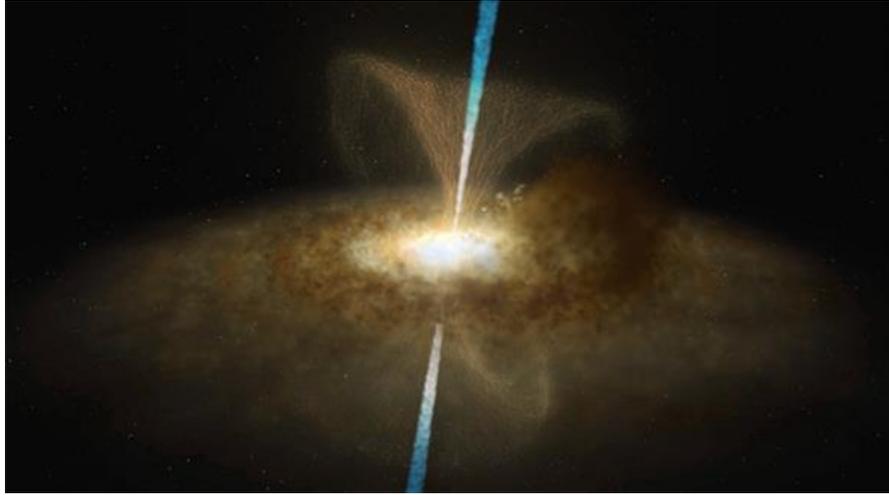
Pendant toute la seconde moitié du 20^e siècle, les galaxies de Seyfert, Quasars, Blazars et autres radiogalaxies ont constitué une grande énigme astrophysique. Puis un modèle unifié a montré que tous ces objets sont des galaxies actives, dominées par le même mécanisme global. Un trou noir central et son disque d'accrétion – le noyau actif de la galaxie – seraient entourés d'un tore de poussière dense. Les différentes classes seraient expliquées par l'angle sous lequel elles sont vues de la terre. De face elles révèlent les radiations caractéristiques du noyau actif alors que celui-ci est masqué par le tore de poussière quand elles sont vues par la tranche.

Le modèle unifié était remis en cause depuis peu. Les nouvelles données MATISSE sur la galaxie Messier 77 (appelée aussi NGC1068) publiées aujourd'hui par la revue Nature, le confortent au contraire. En effet, l'image obtenue, d'une finesse inégalée, révèle le tore de poussière au centre de la galaxie entourant le trou noir central. Les images de MATISSE alliées aux données de radiotélescopes permettent de localiser là où le trou noir se dissimule.

Ce résultat recentre par conséquent le débat scientifique de fond sur le modèle unifié des noyaux actifs de galaxies !



La galaxie M77 et la toute nouvelle image de son noyau actif. Cette image est composite avec les parties les plus chaudes en bleu et les parties les plus froides en rouge. Les ellipses en pointillé indiquent la position du tore de poussière, légèrement incliné vers l'observateur, qui masque le trou noir et obscurcit la lumière émise dans le quadrant sud-ouest (en bas à droite) Note : l'image de droite est tirée de l'article Nature.



Une vue d'artiste du cœur de M77. La source d'énergie est un trou noir super massif au centre. Il est entouré d'un disque d'accrétion lui-même entouré d'un tore de gaz et de poussière. Dans le cas de M77, ce tore masque l'environnement immédiat du trou noir et révèle le vent de poussière. Cette illustration montre aussi des jets relativistes observés par ailleurs.

MATISSE est un instrument mis à la disposition de l'ensemble des astronomes sur le très grand interféromètre européen. Il combine les 4 télescopes de 8,2 m en un seul « *super télescope* » infrarouge, le plus grand du monde

La technique d'interférométrie optique a été mise au point à l'Observatoire de Nice il y a 46 ans par Antoine Labeyrie.

MATISSE a été réalisé par un consortium international de plus d'une centaine de personnes dirigé et animé depuis l'UMR Joseph-Louis Lagrange (CNRS, Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur) et soutenu par [l'INSU-CNRS](#).

L'équipe de l'UMR Lagrange (CNRS, UCA, OCA) est constituée de 8 chercheurs (dont 4 CNRS) et 12 ingénieurs (dont 7 CNRS). Au-delà de leur contribution à la conception, à la réalisation et à la mise au point de MATISSE, Romain Petrov (DR, CNRS), James Leftley (post-doc, UCA), Florentin Millour (AA, OCA), Anthony Meilland (CR, CNRS) et Bruno Lopez (A, OCA) ont joué un rôle particulier dans l'enquête complexe qui a permis de résoudre le puzzle des observations de Messier 77 avec nos collègues néerlandais de l'observatoire de Leiden qui étaient en charge de ce programme de recherche dans le consortium MATISSE. Romain Petrov et Anthony Meilland ont traité les données en bande N et validé leur calibration, Florentin Millour a réalisé la première reconstruction d'image qui a permis de sortir de l'impasse d'un ajustement de modèle basé sur une géométrie trop simple, James Leftley a validé les images reconstruites et leur interprétation par une approche indépendante et Bruno Lopez a apporté l'idée décisive sur la composition de la poussière qui a débloqué la conversion des images en cartes de température établies par Violeta Gamez, Jacob Isbell (MPIA Heidelberg) et James Leftley. Romain Petrov, Walter Jaffe et Violeta Gamez (doctorante et première autrice de cet article) ont pu alors montrer que description de la poussière confortait en fait le modèle unifié des AGNs.

Nous voudrions saisir l'occasion de ce communiqué de presse ESO sur un résultat majeur de MATISSE pour souligner le travail de l'équipe de l'UMR Lagrange qui a dirigé et animé le consortium international qui a conçu et réalisé cet instrument qui est en train de récolter sa première moisson de percées scientifiques majeures.

L'équipe de MATISSE a été dirigée par Bruno Lopez (Astronome, OCA, PI), Romain Petrov (DR, CNRS, Instrument Scientist, concept et commissioning), Pierre Antonelli (IR, UNS, Chef de Projet, retraité en 2018) et Stéphane Lagarde (Ingénieur Système puis Chef de Projet) avec Philippe Berio (IR, CNRS) et Florentin Millour (Astronome Adjoint, OCA), responsables du logiciel de traitement des données et de reconstruction d'image, Anthony Meilland (CR, CNRS, traitement temps réel), Alexis Matter (Astronome Adjoint, OCA, évaluation des performances et 'exposure time calculator'), Pierre Cruzalèbes (CR, CNRS, commissioning et calibration), Sylvie Robbe-Dubois (MdC, UNS, opto-mécanique et intégration), Fatmé Allouche (IE, UNS, pilotage et traitement des données), Yves Bresson (IE, CNRS, étude optique), Christophe Baillet (IE, UNS, étude mécanique), Jean-Michel Clausse (IE, CNRS, retraité en 2017), Yann Fanteï

Caujolle et Sylvain Rousseau (IE et IR, CNRS, contrôle instrumental), Aurélie Marcotto (IE, OCA, intégration). L'équipe de chercheurs basée à Nice ainsi qu'Eric Pantin (Chercheur CEA-Saclay), Jean-Charles Augereau (Astronome à Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble), fait partie d'un groupe scientifique international qui a pour rôle la préparation des programmes d'observation. A cela il faut ajouter le soutien des services généraux de l'OCA et du laboratoire J.-L. Lagrange particulièrement via son Directeur Philippe Stee et les personnes impliquées dans les activités suivantes : services informatiques, atelier mécanique, salles blanches, administration. Nous remercions la Ville de Nice ainsi que le Consulat Général du Chili à Paris pour leur soutien concernant les formalités de notre mission la plus récente. Une pensée émue va à nos collègues Michel Dugué (IR) et Olivier Chesneau (Astronome) qui nous ont quittés avant la fin de l'aventure, mais dont le souvenir nous accompagne.

Référence

[« Thermal imaging of dust hiding the black hole in NGC 1068 »](#), *Nature*, le 16 février 2022.

Contacts

Bruno Lopez, astronome, MATISSE Principal Investigator, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA), Nice, France.

Romain Petrov, directeur de recherche CNRS, MATISSE Instrument Scientist, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA), Nice, France.

Stéphane Lagarde, ingénieur CNRS, MATISSE Project Manager, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA), Nice, France.

Florentin Millour, astronome adjoint, MATISSE Imaging, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA), Nice, France.

Astéroïde Ryugu : les échantillons récoltés confrontés aux données de la sonde

Publication : 18 février 2022

Des chercheurs du laboratoire Lagrange ([CNRS](#) - [Université Côte d'Azur](#) – [OCA](#)), membres de l'équipe scientifique de la mission [Hayabusa2](#) ([JAXA](#)), ont participé à la première confrontation des données prises par la sonde lors des récoltes d'échantillons de l'astéroïde Ryugu et celles provenant de l'analyse des échantillons amenés sur Terre. Collectés en deux endroits de la surface de Ryugu, ces échantillons révèlent bien toute la diversité et les différentes caractéristiques du matériau constituant cet astéroïde primitif. Les résultats sont publiés dans le journal Science .



La sonde Hayabusa2 a effectué deux opérations de récoltes de l'astéroïde Ryugu en 2019, qui ont permis de ramener sur Terre, 5,4 grammes de matière de l'astéroïde provenant de sa surface et de sa sous-surface. Durant ces deux récoltes réussies de nombreuses images ont été prises, permettant d'analyser en détail l'interaction du mécanisme de récolte avec la surface et les propriétés de surface et du matériau éjecté lors de cette opération. Celles-ci ont été comparées à celles du matériau amené sur Terre.

Les images du matériau éjecté durant les récoltes et lors de l'activation du système de propulsion de la sonde pour s'éloigner de la surface de l'astéroïde montrent que les fragments de roche éjectés ont deux types de morphologies : certains ont un aspect rugueux, d'autres sont d'un aspect plus lisse. Ces deux types sont similaires aux variations morphologiques observées par la sonde pour l'ensemble des roches de surface et par l'atterrisseur Franco-Allemand (CNES-DLR) [MASCOT](#) (voir Fig. 1), ce qui indique que le matériau éjecté lors des récoltes est représentatif du matériau de surface en général. De plus, l'analyse d'une séquence d'images de ces récoltes montre qu'un de ces éjectas s'est fragmenté en entrant en collision avec la sonde durant son éjection. Les chercheurs ont pu déterminer que cette collision s'est produite à très basse vitesse (autour de 0,1 m/s). Or la fragmentation des météorites de type chondrite carbonée, utilisées comme analogues du matériau de Ryugu, nécessite une vitesse d'impact > 1 m/s. En accord avec les données spectrales mesurées in situ par la sonde, la surface de Ryugu est donc constituée en partie d'un matériau très poreux et de faible résistance mécanique.

Plus de deux cents petits fragments lithiques (1 à 10 mm en taille) prélevés dans les deux chambres de récolte ont également été observés dans les laboratoires terrestres. L'analyse de la structure, de la morphologie de surface, de la forme et de la couleur de ces fragments indique qu'ils sont similaires au matériau de surface de Ryugu observé par la sonde. Ces résultats sont importants car ils attestent que les échantillons n'ont pas été affectés par le processus de récolte et de retour sur Terre et ne souffrent d'aucun biais d'échantillonnage. Les échantillons sont passés à la seconde phase d'analyses physico-chimiques plus détaillée, qui livrera l'histoire géologique très riche de l'astéroïde. Cette complexité géologique des astéroïdes et la diversité des caractéristiques observées à leur surface continue de surprendre les chercheurs et de représenter un défi pour bien en comprendre l'origine.

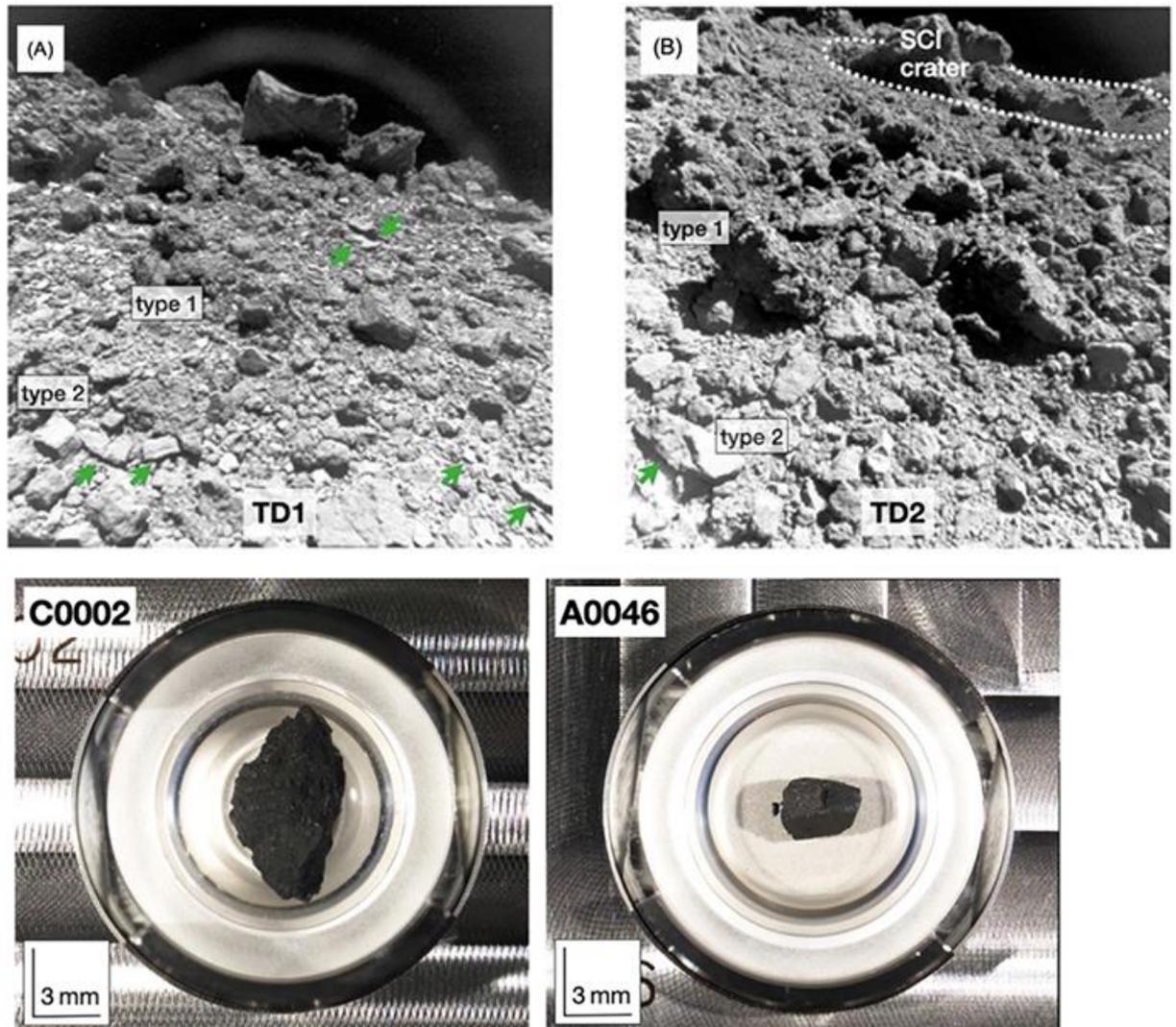


Figure 1 : Haut : (A) Image de la surface de Ryugu aux environs du site de la première récolte d'échantillons; (B) Image similaire aux environs du site de la deuxième récolte, à proximité du cratère produit par l'expérience d'impact par le SCI (le Small Carry-on Impactor) d'Hayabusa2 entouré par une ligne en pointillés. Ces images ont été prises par la caméra de navigation à grand champ de la sonde. Les flèches vertes pointent sur des exemples de roches et cailloux aplatis. Le label type 1 correspond aux roches à surface rugueuses. Le label type 2 correspond aux roches à surface lisse. La surface de l'astéroïde présente une richesse géologique qui a surpris les chercheurs et la diversité des cailloux qui y résident est bien représentée par les échantillons récoltés.

Bas : Deux des échantillons de Ryugu récupérés dans les laboratoires terrestres montrant les deux même types de morphologies que celles apparentes sur les images de la surface de Ryugu. Le type 1 se retrouve dans l'échantillon C0002 et le type 2 dans l'échantillon A0046.

Référence

[Pebbles and sand on asteroid \(162173\) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth](https://www.sciencemag.org/news/2022/02/pebbles-and-sand-on-asteroid-162173-ryugu-in-situ-observation-and-particles-returned-to-earth), Science.org, 10 février 2022

Contacts

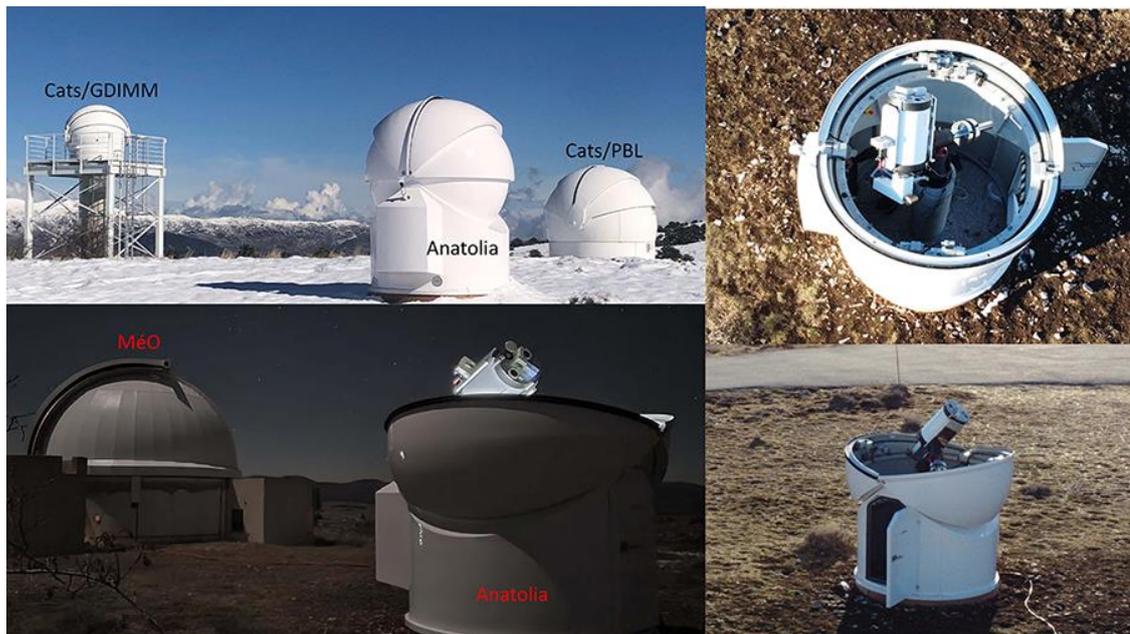
Patrick Michel, directeur de recherche CNRS, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA) :
Guy Libourel, professeur Université Côte d'Azur, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA).

ANAtOLIA franchit une étape importante

Publication : 21 février 2022



Le projet ANAtOLIA en collaboration avec l'Agence Spatiale Européenne vient de passer une étape importante. En effet, après une année d'études et de développement, la station ANAtOLIA est maintenant installée depuis plus d'une semaine sur le site de Calern à proximité des stations CATS et MéO (voir photo ci-dessous). Cette station restera sur Calern pendant une année pour subir tous les tests sur le ciel et intercalibrations avec la station CATS. Pendant cette période une deuxième copie de la station ANAtOLIA sera développée et également intercalibrée avec la station CATS. Les deux copies de la station ANAtOLIA seront ensuite envoyées et installées pour une campagne de 24 mois sur trois sites européens sélectionnés à l'issue d'une étude menée avec nos partenaires dans le consortium et l'ESA.



L'objectif est de quantifier la disponibilité de ces sites en termes de turbulence atmosphérique, de nuages et d'aérosols afin de réaliser des liens de télécommunications optiques. Ces dernières, que l'on appelle communément de « *la fibre sans la fibre* », représentent les télécoms de demain, apportant un gain en débit de 10 par rapport aux télécoms radio-fréquence actuels. Au-delà de l'étude de disponibilité des sites, les statistiques accumulées des paramètres de la turbulence serviront à spécifier et dimensionner les systèmes d'Optique Adaptative des futures stations de télécoms optiques qui viendront équiper les sites définitivement sélectionnés. L'équipe est actuellement dans des discussions avec l'ESA et le CNES pour généraliser l'installation d'autres copies de la station ANAtOLIA à plus de sites en Europe et ailleurs.

L'équipe ANAtOLIA

Contact

Aziz Ziad, professeur Université Côte d'Azur, responsable scientifique.

AVRIL

L'âge de la surface de l'astéroïde Bennu rajeuni par l'analyse de ses cratères

Publication : 15 avril 2022



L'abondance des cratères sur la surface des corps célestes permet de fournir une estimation de l'âge de cette surface, sur la base du temps qu'il a fallu pour qu'elle les accumule. A partir de l'analyse détaillée des cratères reposant sur la surface de l'astéroïde Bennu, une étude à laquelle a participé un chercheur du laboratoire Lagrange ([CNRS-Université Côte d'Azur-Observatoire de la Côte d'Azur](#)) montre que cette surface est bien plus jeune (d'un facteur 15) que précédemment estimé. Pour cela, les auteurs ont poussé le réalisme du calcul de l'interaction d'un projectile avec la surface de Bennu, conduisant à une révision de la relation entre la taille d'un projectile à l'origine d'un cratère et la taille de celui-ci. Selon la relation utilisée, l'estimation de l'âge d'une surface peut ainsi varier de plusieurs ordres de grandeur. Par ailleurs, la différence entre l'âge de la surface et celui de l'astéroïde, bien plus ancien, indique que des processus de renouvellement de la surface sont actifs, la rendant apparemment plus jeune que l'astéroïde dans sa totalité. Ces résultats, paru dans [Nature Geoscience](#) le 7 avril 2022, qui soulignent l'incroyable richesse et activité géologique des petits astéroïdes, contribuent à reconstituer l'histoire complexe de l'astéroïde et les échelles de temps de son évolution depuis sa formation à partir de la destruction d'un plus gros corps dans la ceinture des astéroïdes entre Mars et Jupiter.

Tous les corps solides du Système Solaire sont exposés à des populations d'objets qui produisent des impacts sur leur surface. Dans le cas de l'astéroïde Bennu, dont la sonde de la [NASA OSIRIS-REx](#) a récolté avec succès des échantillons qui arriveront sur Terre en Septembre 2023, sa surface a été exposée aux astéroïdes qui résident dans sa région d'origine, la ceinture des astéroïdes, entre Mars et Jupiter, puis à ceux qui comme lui actuellement, croisent la trajectoire de la Terre.

L'estimation de l'âge d'une surface repose sur la mesure de l'abondance et des dimensions des cratères qu'elle contient. Une fois ces paramètres mesurés et sur la base de la connaissance de la distribution des tailles des projectiles auxquels une surface est exposée, le calcul de l'âge dépend de la relation entre la taille d'un projectile et la taille du cratère résultant de son impact. Cette relation, qui a une énorme influence sur l'estimation du temps qu'il a fallu pour accumuler les cratères de tailles données, repose sur notre compréhension de la physique de l'interaction entre un projectile et une surface.

Dans un article paru dans *Nature Geoscience*, les auteurs analysent la population des cratères sur Bennu et observent un déficit de petits cratères (de tailles inférieures à quelques mètres) par rapport à l'abondance attendue sur la base du grand nombre de petits projectiles auxquels l'astéroïde est soumis pendant son évolution, capables de produire des petits cratères. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce déficit, et les auteurs ont identifié celle qui domine dans le cas de Bennu. En fait, l'astéroïde est un agrégat dont la surface est entièrement peuplée de gros rochers, de cailloux et de graviers (voir Figure 1). Lorsqu'un projectile tape sur une roche de taille identique ou plus grande, celle-ci peut servir de bouclier. Cela empêche la formation d'un cratère ou réduit fortement la trace laissée par l'impact (voir Figure 2). Plus précisément, la mesure des dimensions de 1560 cratères et des roches de surface indique un changement de régime à des tailles de cratères de 2-3 mètres. Au-dessous de ce diamètre, la formation d'un cratère devient plus rare, car les roches de surface dominant et servent de bouclier.

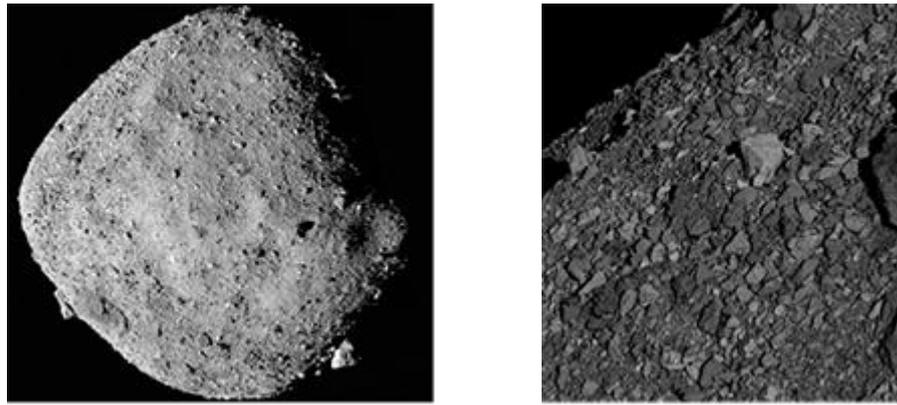


Figure 1. A gauche : L'astéroïde Bennu dans sa totalité. A droite : une portion de la surface de Bennu montrant une abondance incroyable de roches de surface. © NASA, University of Arizona.

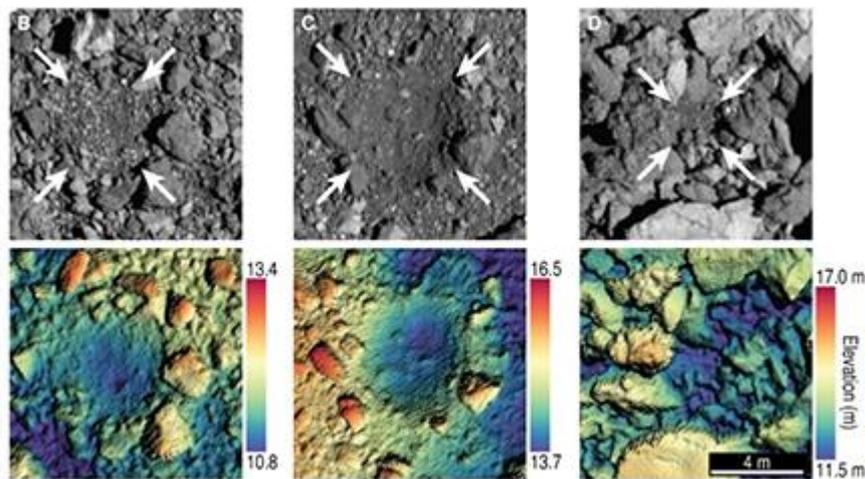


Figure 2. Exemples de petits cratères sur Bennu. Leur taille est de 4, 6 et 2,7 mètres environ de gauche à droite. L'échelle horizontale en bas à droite s'applique à toutes les images. Les flèches blanches montrent les contours du cratère. Contrairement aux grands cratères sur Bennu ou ceux sur les surfaces planétaires, ces cratères n'ont pas de bords distincts entourant une dépression. Ils sont plutôt entourés plus ou moins complètement d'un anneau de roches déplacées par l'impact. De plus, la taille des particules de surface est bien plus petite en moyenne dans le cratère qu'à l'extérieur. Les projectiles qui ont produit ces cratères ont tapé sur une roche de surface de taille équivalente à la leur, la cassant et empêchant ainsi la formation d'un cratère classique, voir empêchant la présence de toute trace. Ce processus de bouclier explique le déficit de petits cratères par rapport à celui attendu compte tenu de l'abondance des petits projectiles qui entrent en impact avec Bennu dans les populations d'astéroïdes. D'après Bierhaus et al. (2022). © NASA, Université d'Arizona.

Par ailleurs, l'interaction du mécanisme de récolte d'échantillon de la sonde OSIRIS-REx avec la surface de Bennu a montré que celle-ci a une cohésion quasi-nulle. Or, par rapport à une surface cohésive, sur une surface sans cohésion les calculs montrent qu'un plus grand cratère est produit par un projectile plus petit. Partant de ce constat, les chercheurs ont aussi revisité l'estimation des tailles des projectiles à l'origine des grands cratères. Les petits projectiles étant plus nombreux que les plus grands dans la population des astéroïdes, il faut donc moins de temps pour accumuler des grands cratères sur une surface de cohésion quasi-nulle comme celle de Bennu que sur une surface résistante. Les études précédentes, qui supposaient une relation entre la taille d'un projectile et la taille d'un cratère moins bien renseignée, donnaient un âge de surface de plusieurs centaines de millions d'années à 1 milliard d'année. En combinant les estimations de taux d'impact sur Bennu avec ces nouvelles considérations, l'équipe de chercheurs a réduit fortement l'âge estimé de la surface de Bennu par rapport aux estimations précédentes. Plus précisément, ils trouvent que l'âge de surface de Bennu (ou l'âge

d'accumulation des cratères) est de l'ordre de 1.6–2.2 millions d'années pour les cratères plus petits que quelques mètres, et de l'ordre 10–65 millions d'années pour les cratères plus grands que 100 mètres. C'est l'une des surfaces les plus jeunes observées dans le Système Solaire. Cette nouvelle étude conduit ainsi à un âge maximum de la surface de Bennu plus jeune d'un facteur 15 au moins par rapport aux estimations précédentes.. Cette différence énorme démontre de l'importance de la compréhension du processus d'impact pour estimer de manière fiable les âges de surface et élaborer des scénarios robustes de l'histoire des corps considérés. Cette compréhension est aussi essentielle pour nous protéger d'une collision d'un astéroïde avec la Terre en utilisant l'impact d'un projectile artificiel sur sa surface pour le dévier de sa trajectoire. L'efficacité de cette technique, qui va être testée pour la première fois avec les missions [DART](#) de la NASA et [Hera](#) de l'ESA, repose sur la bonne compréhension de l'effet de cet impact dans toute sa complexité à l'échelle des corps tels que les astéroïdes. Ces missions nous fourniront une expérience d'impact entièrement documentée à l'échelle réelle qui permettra de franchir encore un pas de géant dans cette compréhension, la capacité de modéliser ce processus et de dater les surfaces.

Cette nouvelle estimation de l'âge de la surface de Bennu ne s'explique qu'en partie par la relation plus réaliste entre la taille d'un cratère et celle d'un projectile utilisée par les chercheurs. En effet, elle est bien plus faible que l'âge estimé de l'astéroïde lui-même depuis sa formation dans la ceinture des astéroïdes, ce qui suggère qu'un processus de renouvellement de la surface est à l'œuvre. D'autres données de la sonde OSIRIS-REx indiquent effectivement que des mouvements de surface se sont récemment produits et se produisent régulièrement au cours de l'évolution de l'astéroïde, du fait des différents processus qu'il subit. Ainsi, la surface de Bennu est régulièrement renouvelée, ce qui efface les traces anciennes et la rend apparemment plus jeune que l'astéroïde lui-même. Autrement dit, la plupart des traces de surfaces actuelles nous renseignent sur le temps passé depuis le dernier renouvellement majeur. Cette chronologie de surface et la compréhension des processus qui y contribuent, en relation avec l'analyse des échantillons qui seront ramenés sur Terre, nous permettent ainsi de reconstruire plus précisément l'histoire complexe de l'astéroïde et de la situer dans l'histoire du Système Solaire.

Cette étude bénéficie du soutien financier du [CNES](#) et du contrat No 870377 du programme H2020 de l'Union Européenne ([projet NEO-MAPP](#)).

Référence

[Crater population on asteroid \(101955\) Bennu indicates impact armouring and a young surface](#), Nature Geoscience, 7 avril 2022.

Contact

Patrick Michel, Directeur de Recherche au CNRS.

MAI

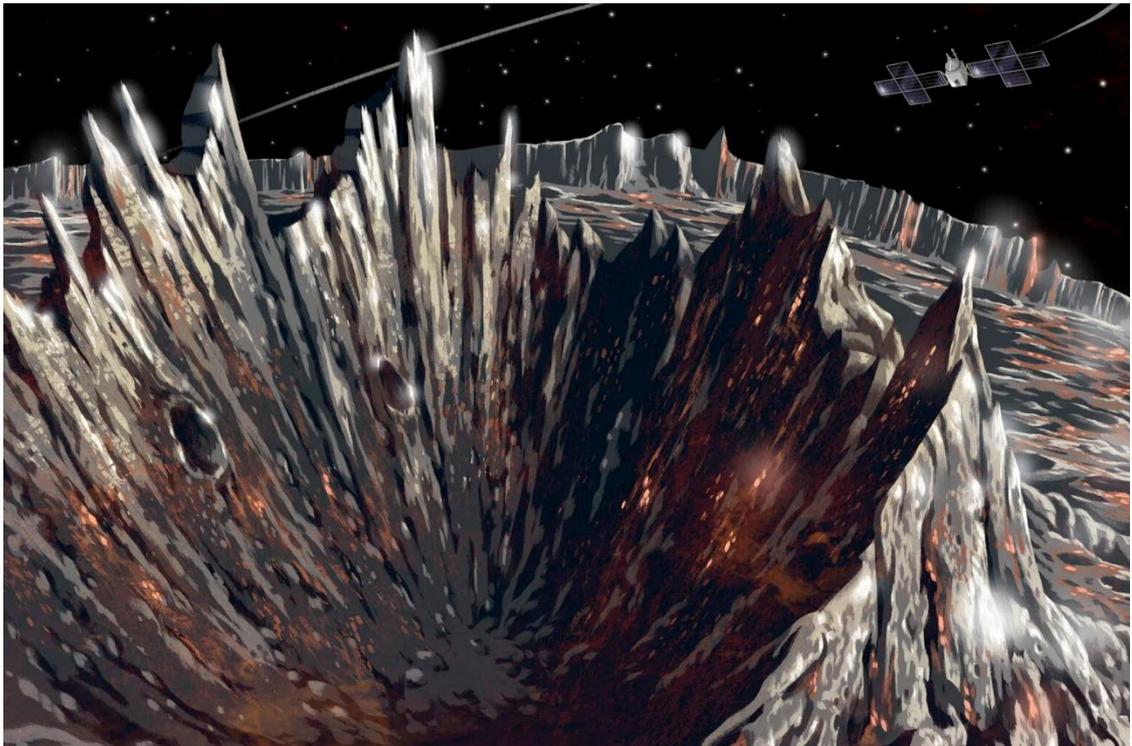
The inside story of NASA's mission to Psyche

Publication : 9 mai 2022

In its visit to Psyche, NASA hopes to glimpse the center of the Earth. NASA's mission to the solar system's largest metallic asteroid promises to show us the iron-nickel core of a dead planet. New research, however, hints that this asteroid is much more. **The article was written by [Megan I. Gannon](#) for the journal [Popular Science](#).**



Guy Libourel, professor at the Université Côte d'Azur, and Mark Wieczorek, senior scientist CNRS, lagrange laboratory (CNRS-UCA-OCA) have contributed to this research.



No one is certain what the Psyche craft will spy once it takes a closer look at the seemingly metallic surface of its namesake. Rui Ricardo, Folio Art

Shortly after 1 a.m. on February 8, 1969, a bluish-white fireball streaked across the sky above the Southwestern United States and northern Mexico. A meteor getting sucked into Earth's gravity had exploded in the atmosphere. Scorched rocks rained over a 200-square-mile area around Pueblito de Allende in Chihuahua, where locals picked up the first bits of debris. A scavenger hunt began immediately. Kids and other residents used plastic candy bags to pick up meteorites on the sides of highways, near houses, in bean fields. Scientists also descended on the cactus-dotted chaparral landscape. NASA even sent researchers; they were preparing for the upcoming Apollo 11 mission to the moon and treated the crash like a dress rehearsal for studying lunar samples. In the first few months after the fall, teams discovered an estimated 2 tons of material, and at least 37 labs in 13 countries received samples. Since long before anyone could dream of sending astronauts and robots to collect rocks in space, looking at meteorites was the best way to see our solar system's ancient building blocks up close.

The Allende meteorite, as it came to be known, was the biggest object of its kind ever found. And, as the poster child for the oldest material in our solar system, it became perhaps the world's most studied meteorite. Its specimens contained grains of dust that were among the first solids forged in the nebula that swirled around the sun more than 4.5 billion years ago. That dust would condense into pebbles, then rocks, then boulders the size of cities—the size of

states. It would eventually form the first mini-planets, or planetesimals, which would either grow into worlds like Earth or get blasted apart in the violent cosmic playground, some of the pieces ending up scattered in a debris field now known as the main asteroid belt between Mars and Jupiter.

Some 40 years later, the Allende meteorite landed at the center of a new mystery. Ben Weiss, a planetary scientist at MIT, found that its samples appeared to have the imprint of an ancient magnetic field. For decades, scientists had assumed the two main types of meteorites—chondrites and achondrites—came from two separate classes of parent bodies. Allende belonged to the chondrites, thought to be pristine, never-melted space rocks that formed from proto-planetary dust. Achondrites—like meteorites made from the moon and Mars—are chunks broken off of planets or relatively wee planetesimals that swell until their insides melt. In that scenario, heavy metals like nickel and iron sink to the core while lighter materials float to the surface. The assumption was that the mechanism that produces a magnetic field inside an achondrite parent body's core was unique to that class of meteorite. But, Weiss wondered, if Allende had never been part of one of these melted space rocks, how could it be magnetized?

In 2009, Lindy Elkins-Tanton, then Weiss' colleague at MIT, proposed that Allende might be a chunk of a hybrid object, one that had melted on the inside but not the outside, a startling theory at the time. « *It caused big waves in the scientific community and made everybody really upset,* » she recalls. « *It was one of those little tempests in a teapot that happens in academic research.* » Naturally, many scientists are loath to change long-held ideas without extensive evidence, but about a decade after sparking that controversy, Elkins-Tanton is leading a mission that could resolve unanswered questions about ancient planetesimal cores floating in space—and go back in time to study Earth's own formation.

In August, a spacecraft will launch on a 41-month journey to visit Psyche, the biggest metallic asteroid in our solar system. The behemoth is suspected to be the iron-nickel core of a growing planet whose outer layers were stripped in cosmic hit-and-runs. We'll never get a direct look at Earth's core—at least not until we develop the superhuman technology to drill down 3,100 miles and withstand temperatures of 9,000°F and pressure 3 million times that of the atmosphere. Psyche, however, offers a chance to stare into a planet's heart, to learn about the early solar system and the source of magnetic fields like the one that protects Earth from cosmic radiation and perhaps allowed complex life to evolve.

A team of nearly 800 people are in crunch time ahead of the mission, also called Psyche. But as the launch window approaches, the asteroid is shaping up to be a much stranger target than NASA may have bargained for when it approved the \$850 million project five years ago. At the time, Psyche was estimated to be 90 percent metal. Fresh analyses suggest that percentage is too high. So researchers are coming up with wild new hypotheses to explain its properties—hypotheses they'll actually be able to test after the spacecraft arrives in orbit around the asteroid in 2026.

« *Probably everything I say today will be found to be wrong once we're there. That is the beauty and the excitement and the compulsion of space exploration.* » - Lindy Elkins-Tanton



Is Psyche really the exposed core of a planet? Or is it simply a pile of metal-rich rubble? A strange world with remnants of metal-gurgling volcanoes? Something dazzling, like a giant rare glittery class of meteorite? « *This is the part that I love about it,* » says Elkins-Tanton, now vice

president of Arizona State University's Interplanetary Initiative as well as Psyche's principal investigator. « *None of those answers that we're coming up with to explain the existing data are simple, obvious answers. They're all low-probability events, which maybe makes sense, because it seems like there's only one Psyche out there.* »

For now, the team's primary notion remains that Psyche is the remnant of a shattered core. « *Another is that it's something we've never seen before* », says Jim Bell, a mission scientist also at ASU. One idea is that Psyche could be a metal-dominated world that formed very close to the sun and somehow got out to the asteroid belt, he says. « *We don't know what those objects look like because they're gone. They've fallen into the sun, they've merged into the terrestrial planets. So even if we're wrong, we're gonna learn something pretty cool.* »

Maybe asteroids could make us rich via space mining, or extinct like the dinosaurs, but they are perhaps most worthy of exploration because they hold the secrets of our solar system's past. Earth's most ancient rocks have been melted and mashed up so many times that it's rare to find traces of its 4.5-billion-year history. If our planet has lost all memory of its infancy, then visiting an asteroid could be like peeking at its baby pictures.

The first asteroids were observed around 220 years ago. Based on a flawed model of the solar system, astronomers had concluded there should be a planet between Mars and Jupiter. To hunt it down, a society known as die Himmelspolizei, « *the Celestial Police* », formed in Germany to assign each member a 15-degree slice of sky to scan. Instead of locating a single world, it found several, which we now know to be asteroids. Over the next decades, stargazers would discover bodies like Ceres, Pallas, Juno, and Vesta. In March 1852, Italian astronomer Annibale de Gasparis at the Naples Observatory identified Psyche, the 16th such object, and named it after the Greek goddess of the soul.

More advanced techniques have since slightly refined our picture of Psyche. For example, spectrometers can decipher a faraway world's composition by looking at the different wavelengths of light that minerals reflect. By the 1970s, astronomers found that a small group of asteroids were similar to iron meteorites that had fallen to Earth. By the 1980s, they recognized Psyche as the biggest of these M-class, or metallic, asteroids in the main belt, and they theorized it was the remnant of a dead planetary core.

Psyche wasn't on Elkins-Tanton's mind when she joined her colleague Weiss in the fall of 2009 to brainstorm why the Allende meteorite was magnetized. Within a half hour, she had drawn a diagram on his whiteboard showing a strange hybrid object that had begun melting from the inside out under the extreme heat of radioactive isotopes. « *She was basically making a really simple point that maybe it doesn't melt all the way through, which seems so obvious* », Weiss says. « *I've never done this before or since, but we got our camera and took a picture.* »

At the time, astronomers were beginning to overturn the textbook wisdom that the early solar system formed in a methodical, stately fashion. Instead they favored a violent infancy in which high-energy processes rapidly formed planetesimals and planets. The theory that Weiss and Elkins-Tanton presented to packed conference rooms in 2010 and then published in the journal *Earth and Planetary Science Letters* in 2011 contributed to this new view. Bruce Bills and Daniel Wenkert, two researchers at NASA's Jet Propulsion Laboratory in California, were intrigued enough by the idea to invite the MIT scientists out to Pasadena to the lab's Innovation Foundry, an incubator for mission ideas. Could they design a space voyage that would let them actually see the insides of asteroids and find out if some could indeed be these hybrid bodies? As JPL experts looked at potential targets and calculated trajectories, the group very quickly realized one of its candidates was Psyche—not just any building block, but the one most likely to be an actual core, something scientists have never observed. Elkins-Tanton and her team began working on a proposal to visit.

Early one morning in January 2017, Elkins-Tanton's cell phone lit up while she was spending winter break in the snowy hills of western Massachusetts. It was Thomas Zurbuchen, associate administrator for NASA's Science Mission Directorate. Service was terrible, but before the call got cut off, she heard, « *I can tell I just woke you up, but you're going to be glad I did.* » This was the payoff of the grueling competitive process of pitching a mission to NASA's Discovery program, the agency's midsize planetary exploration arm, designed to fund cheap, efficient missions every few years.

In the course of her career, Elkins-Tanton had been in many unexpected situations as she chased compelling geologic questions. While working on her Ph.D., when she wanted to reconstruct the temperature and composition of rock inside the moon 3.5 billion years ago, she looked at soil that the Apollo astronauts had brought home. Later, when she was investigating a 250-million-year-old volcanic eruption that spurred climate changes that nearly wiped out life on Earth, she traveled by cargo helicopter and small boat to remote corners of Siberia hunting rocks. Despite all this, it never occurred to her that a paper she'd authored would lead to an actual mission to space. It also never occurred to her to get a tattoo, but a few months after that fateful call, she was sitting in a parlor getting her first ink: a cross section of a planetesimal on her hand. The artist had suggested she consider a less conspicuous location, but Elkins-Tanton wasn't interested. « *This tattoo is on my hand because this mission is about doing, building, making, going, not just about sitting still and thinking or being afraid.* »

The announcement of a new NASA mission can cause a gravitational shift in the world of space research. As the target of a real craft, Psyche began to attract more observation. Coveted telescope time and lab hours were suddenly being devoted to the obscure object. But looking at Psyche—which is only about 172 miles long—is not easy from Earth. (If it were, there'd be no need to go visit.)

« *You have to remember, with asteroids, when we look at them in most telescopes, you don't see anything except a dot,* » says Michael Shepard, a planetary scientist who specializes in remote sensing and asteroids at Bloomsburg University in Pennsylvania but isn't part of the Psyche team. Researchers like him have had to get creative when they want to determine the size, surface features, and composition of a faraway and relatively small object like Psyche. Shepard has led several projects to measure it and other M-class asteroids, the results of which began to hint that Psyche might not be as metallic as previously thought. Before its collapse in 2020, the huge reflector dish at the Arecibo Observatory in Puerto Rico was one of the few places (and by far the best) to scope out bodies' radar reflectivity, a measure that helps determine composition. Over more than a decade, Shepard saw Psyche's numbers drop. « *That's primarily because we only see it being bright when it's pointed in particular directions,* » he says. « *The averaging effect has brought the estimate down.* »

What really indicated Psyche might not be so metallic is its density. Calculating that metric requires an object's mass and size, and with more observation, the once-inconsistent numbers for Psyche have started to converge. In a preflight assessment that Elkins-Tanton and her colleagues published in February 2020, they say the best measurements put the asteroid's density between about 3.4 and 4.1 grams per cubic centimeter. An intact iron-nickel core should be twice that. (Water has a density of 1 gram per cubic centimeter. Most rocks are around 3. Iron-nickel is around 8.) As a result, estimates now put Psyche at just 30 to 60 percent metal.

« *That paradigm of a chunk of solid iron floating through space seems like it's no longer correct,* » says Katherine de Kleer, a California Institute of Technology planetary scientist who's not involved in the mission but has observed and studied Psyche. « *So now we're trying to understand what it is and how it formed.* »

How can one explain Psyche's missing material? Some scientists wonder if it might be all metal, but porous like a pile of rubble—but it's unlikely an object that big lost heat quickly enough to stay holey. Because the radar reflectivity seems to be higher in certain regions, some researchers, including Brandon Johnson, a planetary scientist at Purdue University in Indiana, have theorized that iron volcanoes may have erupted through the world's surface as it cooled from the outside in.

« *I actually expected quite a bit of pushback because the idea's kind of wild,* » says Johnson, the lead author of one of the papers modeling so-called ferrovolcanism on Psyche. He was pleasantly surprised to find others running with the concept. Since no one has ever seen such a flow on Earth or elsewhere, Arianna Soldati, a volcanologist at North Carolina State University in Raleigh, tried to make one. Using a furnace at the Syracuse University Lava Project in New York, her team melted metal-rich basalt, poured the lava onto a sand-covered slope, and watched how it flowed. The patterns could help them spot the traces of similar activity on Psyche.

On the other side of the globe, equally imaginative experiments probed the apparent mixed geology of Psyche. An ancient asteroid would have been exposed to countless impacts. Guy

Libourel, a cosmochemist at the Observatoire de la Côte d'Azur in France, led tests creating these collisions in miniature. At a lab in Japan, his colleagues shot little basalt beads at steel and iron surfaces at ridiculously high speeds, around a little more than 3 miles per second. (A rifle might shoot a bullet at nearly two-thirds of a mile per second.) They found the basalt melted from the heat of impact and flattened like a pancake over the surface of the target. They argue that perhaps Psyche's metal is camouflaged by a coating of glassy rock imported via impacts. That could explain why there doesn't seem to be so much metal on the surface—or on those of its M-class cousins, for that matter. Metal asteroids are rare, and as we get additional remote measurements of them, none seem to have densities that would indicate they're made purely of iron-nickel cores. « *We will see in 2026 what the truth is,* » Libourel says.



Late this summer some members of the Psyche team will endure Florida's heat and humidity to watch a fireball streak through the sky. A SpaceX Falcon Heavy rocket loaded with around 44,000 pounds of propellant will escape Earth's gravity carrying Psyche, a repurposed Maxar communications satellite the size of a car. Once released from the payload fairing, the spacecraft will begin a journey of 1.5 billion miles, whipping around Mars for a gravity assist and then using Maxar's solar electric propulsion system to chug along into deep space.

« *We are under the gun,* » says Henry Stone, the Psyche project manager at JPL. Because the journey depends on that gravity assist, the team has a strict window for launch that opens in August and closes a few weeks later.

If all goes well, the spacecraft will arrive at its destination in January 2026 and operate for almost two years. Its cameras will capture all the asteroid's craters, crags, and other topographic surprises of the object in high-resolution images. (The instrument is multispectral, meaning it has filters that can detect invisible signatures of minerals like oldhamite, olivine, and pyroxene that would help scientists figure out how the asteroid formed.)

More data allows mission scientists to better map Psyche and understand its gravity field, so the spacecraft will descend in a series of progressively lower orbits. All the while, its magnetometer sensors, mounted on a 6-foot boom, should find out if the body has a preserved ancient magnetic field, which would be a big clue that it was once part of a mass with a polar-spinning, partially molten, iron-nickel core. « *We've never seen an asteroid's magnetic field, but that thing sure seems like a good bet to look for that,* » says MIT's Weiss, who's leading the magnetometer investigation.

The gamma-ray and neutron spectrometer, propped on another boom, will detect energy signatures created when cosmic rays blast apart atoms in the asteroid. Those measurements will help determine the elemental composition of Psyche up to a meter below the surface, charting the deposits of metals and silicates that may show whether the surface is that of a chondritic or achondritic body.

Perhaps most exciting for researchers who aren't involved in the mission, images captured by the spacecraft will go online publicly within 30 minutes. Sharing fits with the leadership philosophies Elkins-Tanton has been honing as she manages a team of hundreds. It's gotten her thinking about how huge science projects can be more ambitious and tackle bigger problems. How do you make sure all the participating researchers don't scurry back to their labs with their slices of data, never to be heard from again? How do you make a project more than the sum of its parts? She's been evangelizing for her fellow scientists to throw away the hero model that lifts up only famous and charismatic principal investigators. She doesn't mind

publishing images with glitches that need to be fixed if it means one might be full of surprises that her community can get excited about.

Other recent missions to asteroids should have prepared them for some unexpected sights. In the 2010s, when two separate sample-return missions, Japan's Hayabusa2 and NASA's OSIRIS-REx, approached their respective targets, Ryugu and Bennu, scientists saw that both asteroids were strewn with boulders, not covered in fine-grained regolith as expected. Researchers who have gotten sucked into Psyche's world are excited that the space for discovery in this mission is wide open, and they're eager to land on the questions they don't yet know they should be asking.

« ***Probably everything I say today will be found to be wrong once we're there,*** » Elkins-Tanton says. « ***That is the beauty and the excitement and the compulsion of space exploration.*** »

The Psyche mission is a journey to a unique metal-rich asteroid orbiting the Sun between Mars and Jupiter. The launch date is August 1st, 2022.

For more

<https://www.jpl.nasa.gov/missions/psyche>

<https://psyche.asu.edu/>

<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.6.1.20190920a/full/>

Contacts

Guy Libourel

Mark Wieczorek

Images copyright

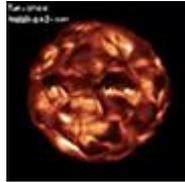
Image Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU

Image Credit: NASA/Isaac Watson

Image Credit: NASA/JPL-Caltech

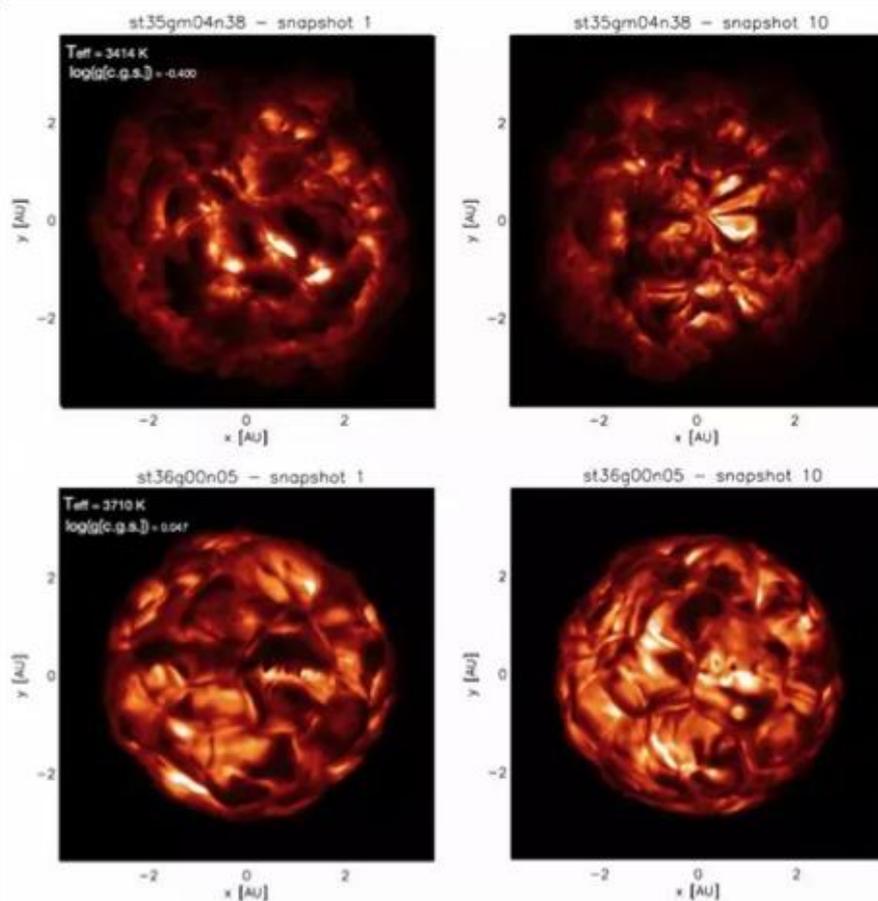
Motif dansant des étoiles supergéantes rouges dans le ciel

Publication : 12 mai 2022



La surface bouillonnante des étoiles géantes massives fait vaciller leurs positions observables sur le ciel. Une équipe internationale d'astrophysiciens a réalisé des simulations détaillées des mouvements du gaz dans les couches atmosphériques de ces étoiles et les a comparées aux données de haute qualité de l'amas stellaire de Persée. Ils ont constaté que les structures de surface pourraient en effet expliquer une grande partie de l'incertitude des observations.

Une étoile bouillonnante parmi tant d'autres est bien connue : au 19^e siècle, les astronomes ont observé de petits motifs à la surface du Soleil (appelés « *cellules convectives* »), qui se déplacent comme l'eau bouillante dans une casserole. Dans les couches externes du Soleil, le gaz se réchauffe et monte vers la surface, où il se refroidit avant de redescendre. Un processus similaire se produit également dans les étoiles massives évoluées, telles que les supergéantes rouges. Ces étoiles sont au moins huit fois plus massives que le Soleil, beaucoup plus froides (environ 3500 Kelvin) et énormes (elles ont au moins 700 fois le diamètre du Soleil). Si notre étoile était une supergéante rouge, sa surface s'étendrait au-delà de l'orbite de Mars.



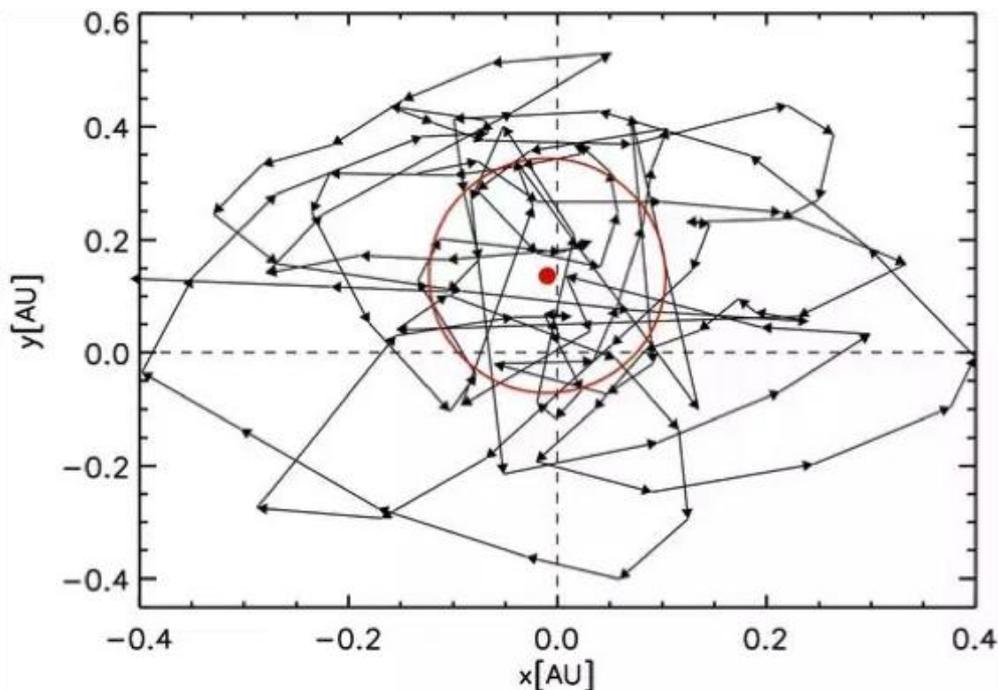
Exemple de cartes d'intensité pour deux simulations différentes (haut et bas), où deux instantanés différents ont été pris à environ 200 jours d'intervalle (gauche et droite). ©CNRS/MPA

Les supergéantes rouges ont connu une telle expansion que leur gravité de surface est extrêmement faible ; elle peut être au moins 70 000 fois inférieure à celle du Soleil. En raison de cette faible gravité, les cellules convectives deviennent extrêmement étendues et peuvent occuper jusqu'à 20-30 % du rayon stellaire. De plus, la convection déplace le gaz de l'intérieur vers la surface, favorisant l'éjection de matière dans l'environnement circumstellaire. La quantité de gaz libérée par une supergéante rouge est colossale, un milliard de fois la perte de masse solaire. Ce sont les étoiles les plus brillantes de l'univers en lumière infrarouge et l'étude de

leurs propriétés physiques est très importante pour mieux comprendre les dernières étapes de l'évolution des étoiles massives.

Cependant, une incertitude majeure dans l'observation des supergéantes rouges est que la position du photocentre - c'est-à-dire le barycentre de la lumière - ne coïncide pas avec le point central de l'étoile et change en fonction de l'évolution de la convection dans le temps. Une approche théorique est nécessaire pour quantifier ces mouvements, basés sur des simulations hydrodynamiques tridimensionnelles du mouvement du gaz dans les couches externes des étoiles. Ces modèles simulent l'évolution de l'ensemble de l'enveloppe de l'étoile au cours du temps.

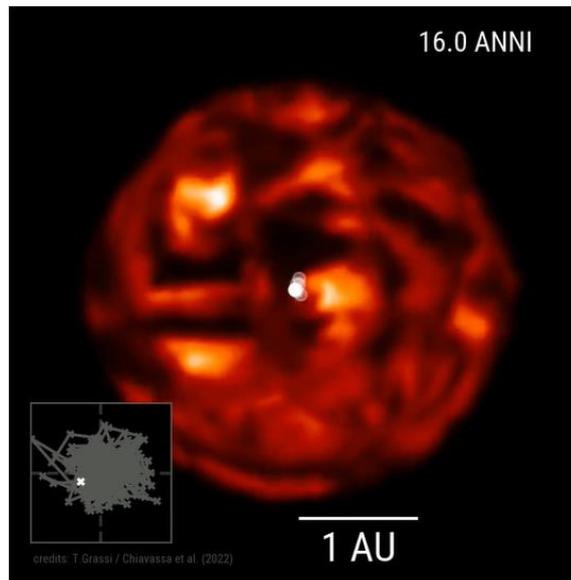
« Les cartes synthétiques montrent des surfaces extrêmement irrégulières, où les plus grandes structures évoluent sur des échelles de temps de plusieurs mois, voire de plusieurs années, tandis que les plus petites structures évoluent sur plusieurs semaines », remarque Andrea Chiavassa du Laboratoire Lagrange, qui a dirigé l'étude. « Cela signifie que la position mesurée de l'étoile devrait changer en fonction du temps ». L'équipe a calculé le déplacement du photocentre dans les simulations et l'a comparé à l'incertitude de mesure des étoiles de χ Perseus, un jeune amas stellaire proche, dans les données EDR3 de la mission Gaia. Gaia est une mission spatiale astrométrique, photométrique et spectroscopique qui effectue une étude d'une grande partie de la Voie lactée.



Position du photocentre (ou centre de lumière) calculée pour la première simulation de la Fig. 1. Les instantanés sont pris chaque 23 jours et les instantanés consécutifs sont reliés par des flèches. Le point et les cercles rouges montrent la position du photocentre telle qu'elle serait observée par Gaia, avec son incertitude sur toute la période simulée d'environ (11 ans) ; les lignes pointillées se croisent à la position du centre géométrique des images.

L'amas stellaire de Persée est bien étudié et contient une population relativement importante de supergéantes rouges ainsi que d'autres étoiles. « Nous avons constaté que les incertitudes de position des supergéantes rouges sont beaucoup plus grandes que pour les autres étoiles. Cela confirme que leurs structures de surface changent considérablement avec le temps, comme le prédisent nos calculs », explique Rolf Kudritzki, co-auteur de l'étude de l'Observatoire de l'Université de Munich et de l'Institut d'astronomie d'Hawaï.

Cette animation montre comment la position du centre photo se déplace d'un instantané à l'autre. En ligne ici : <https://www.oca.eu/fr/actu-lagrange/3604-motif-dansant-des-etoiles-supergeantes-rouges-dans-le-ciel-2>



Les supergéantes rouges contribuent largement à l'enrichissement chimique des galaxies. Une connaissance détaillée de la physique des vents tout au long du cycle de vie de ces étoiles est nécessaire pour comprendre l'évolution stellaire dans l'Univers proche et lointain et son impact sur l'environnement cosmique. Cela nécessite de retracer la masse totale éjectée ainsi que sa nature, la vitesse des vents, et la géométrie globale de l'enveloppe circumstellaire.

« Le motif dansant des étoiles géantes rouges sur le ciel pourrait nous en apprendre davantage sur leurs enveloppes bouillonnantes », explique Selma de Mink, co-auteur et directeur à l'Institut Max Planck d'astrophysique. « Grâce à notre approche et en la combinant avec les données Gaia, nous pourrions extraire des informations importantes sur la dynamique stellaire et mieux comprendre les processus physiques à l'origine de la convection vigoureuse de ces étoiles. »

Contact

[Andrea CHIAVASSA](#), chercheur CNRS, laboratoire Lagrange (CNRS- Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur)

Références

Article publié dans la review Astronomy and Astrophysics (Volume 661, L1): « [Probing Red Supergiant dynamics through photo-center displacements measured by Gaia](#) », Andrea Chiavassa, et al.

[Communiqué de presse original du Max Planck Institute for Astrophysics](#)

JUIN

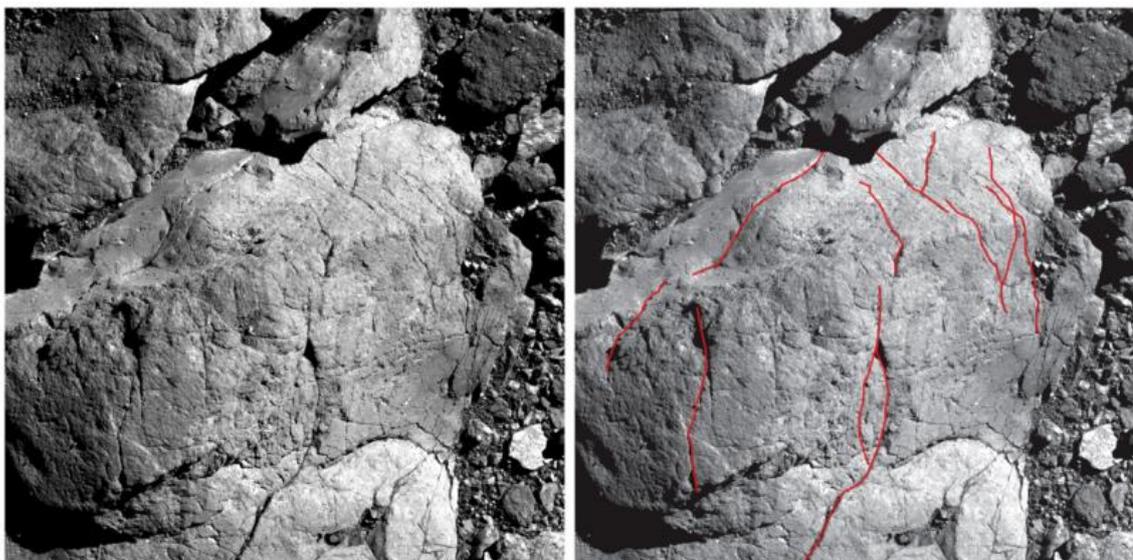
L'astéroïde carboné de Bénou fracturé par des chocs thermiques

Publication : 7 juin 2022

Les astéroïdes les plus communs dans le système solaire sont ceux similaires aux chondrites carbonées. Ces petits corps présentent un caractère « primitif » car non différencié. Ce sont les objets idéaux pour mieux contraindre les conditions physico-chimiques et dynamiques du système solaire en formation. Il est donc fondamental de caractériser finement les processus contrôlant leur dynamique de surface pour pouvoir séparer ce qui dépend de leurs propriétés primitives ou de leur évolution à l'échelle de milliards d'années. Cependant, peu d'échantillons sont connus à la surface de la Terre car les météorites venant de ces astéroïdes sont très facilement désintégrées durant la rentrée atmosphérique.



La mission OSIRIS-REx a étudié l'astéroïde (101955) Bénou pendant deux ans et demi (et ramènera ses échantillons sur Terre en 2023). Cette mission a permis d'acquérir des milliers d'images de la surface des roches de Bénou, à très haute résolution. Plus de 1500 fractures sur les blocs rocheux à la surface de Bénou ont été analysées et combinées à une modélisation thermo-mécanique. L'étude montre que la plupart des fractures présentes sur les blocs rocheux sont orientées préférentiellement dans une direction Nord-Sud et sont plus nombreuses à l'équateur qu'aux pôles. Cela signifie que ces fractures ont été créées par un processus appelé fatigue thermique, dû aux chocs de température entre le jour (très chaud : ≈ 80 C) et la nuit (très froide : ≈ -80 C) qui mènent à la formation de fractures macroscopiques. Ce processus est rapide et peut créer des fractures de taille métrique en un temps beaucoup plus court (< 100000 ans) que la durée de vie de ces astéroïdes, c'est-à-dire beaucoup plus rapidement que ce qui était considéré jusqu'ici. Ce processus fait perdre progressivement les propriétés thermomécaniques primordiales des roches de Bénou, à mesure que le nombre de chocs thermique augmente. De plus, les blocs mécaniquement endommagés et fracturés sont plus facilement délités, diminuant la taille moyenne des blocs présents à la surface de l'astéroïde. Ce processus influence donc la dynamique et la vitesse de renouvellement des surfaces de ces astéroïdes. En outre, la fracturation thermique contrôle possiblement les phénomènes d'éjection de masse qui ont été observés sur Bénou, contribuant à l'érosion globale de ce type d'astéroïdes et à la population des météorites carbonées, dont une partie atteint la Terre.



Bloc (de taille décamétrique) en gros plan et affecté par de nombreuses fractures thermiques. A droite : les fractures les plus longues sont interprétées (en rouge) © NASA/Goddard/University of Arizona



"Paysage" saisissant de la surface de Bénou, qui est entièrement formé de blocs de tailles très hétérogènes (du cm au dm), avec au premier plan un bloc fracturé. © NASA/Goddard/University of Arizona.

Pour en savoir plus :

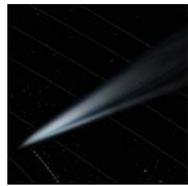
Delbo, M., Walsh, K.J., Matonti, C. *et al.* [Alignment of fractures on Bennu's boulders indicative of rapid asteroid surface evolution.](#) *Nat. Geosci.* (2022).

Contact

Marco Delbo, Directeur de recherche CNRS (Laboratoire Lagrange / CNRS - Université Côte d'Azur - Observatoire de la Côte d'Azur)

Adoption de la mission d'exploration spatiale Comet Interceptor

Publication : 14 juin 2022



La mission spatiale Comet Interceptor vient d'être adoptée par l'[Agence Spatiale Européenne](#) (ESA) pour être la prochaine mission d'exploration du système solaire. Développée en collaboration avec l'[agence spatiale japonaise](#) (JAXA), plusieurs agences spatiales nationales et centres de recherches en Europe, dont le [CNES](#) et le [CNRS](#), Comet Interceptor sera la première mission spatiale à visiter une comète issue des confins du système solaire, voire hors du système solaire. Une particularité unique de cette mission spatiale sera de rester en attente dans le système solaire avant de fondre vers cette comète. Une telle comète ne pourra être découverte que dans quelques années et potentiellement après que Comet Interceptor quittera la Terre. À Nice, l'Observatoire de la Côte d'Azur joue un rôle majeur dans cette mission.

La mission d'exploration spatiale Comet Interceptor, proposée par la communauté scientifique européenne et dont la faisabilité a été étudiée avec l'ESA depuis 2019, vient d'être adoptée le 8 juin 2022. Elle sera lancée en 2029.

Comet Interceptor peut être considérée comme une descendante des missions cométaires pionnières de l'ESA Giotto et Rosetta. Elle est cependant différente, d'une part, parce qu'elle fournira les premières observations simultanées - en trois points différents - d'un objet situé en dehors de l'environnement terrestre, et, d'autre part, parce qu'elle ciblera une comète visitant le système solaire interne pour la première fois - provenant probablement du vaste nuage d'Oort entourant les extrémités du système solaire. Ce type de comète ne peut être observé que quelques années avant d'entrer dans le système solaire interne, si bien que l'une des singularités de la mission Comet Interceptor est que sa cible n'a pas encore été découverte, même si elle a déjà commencé son voyage vers nous.



La mission spatiale comet interceptor attendra dans le système solaire avant de partir intercepter une comète issue des confins du système solaire [copyright image : ESA]

Comet Interceptor sera composée de trois sondes spatiales. Le vaisseau composite attendra patiemment en un point du système solaire (le point de Lagrange L2) une comète cible appropriée, puis voyagera conjointement avant que les trois sondes spatiales qui la composent ne se séparent quelques semaines avant d'intercepter la comète. Ses trois engins spatiaux effectueront alors des observations simultanées autour de la comète. Chaque sonde spatiale sera équipée d'instruments scientifiques spécifiques qui fourniront des informations complémentaires sur le noyau de la comète et son environnement de gaz, de poussière et de plasma, pour comprendre la nature d'une comète primitive en interaction avec l'environnement du vent solaire en constante évolution. Ils créeront ainsi le premier profil 3D d'une comète venant du nuage d'Oort, contenant des matériaux ayant survécu depuis la formation du Soleil et des planètes.

Le CNRS et le CNES participent pleinement à la mission Comet Interceptor à travers des contributions à 4 instruments embarqués, dont deux sont directement sous responsabilité française. Le CNRS est aussi responsable de la coordination de la modélisation scientifique, crucial pour la sélection de la comète cible. Des astrophysiciens de 10 laboratoires français (LPC2E à Orléans ; IRAP et LAPLACE à Toulouse ; LAM à Marseille ; LAB à Bordeaux ; LGLTPE à Lyon ; Lagrange à Nice ; IMCCE, LESIA, LATMOS à Paris) sont aujourd'hui impliqués dans la mission. Les contributions françaises à Comet Interceptor illustrent le fort héritage scientifique et technique acquis par la communauté scientifique française avec la fructueuse précédente mission spatiale cométaire Rosetta.

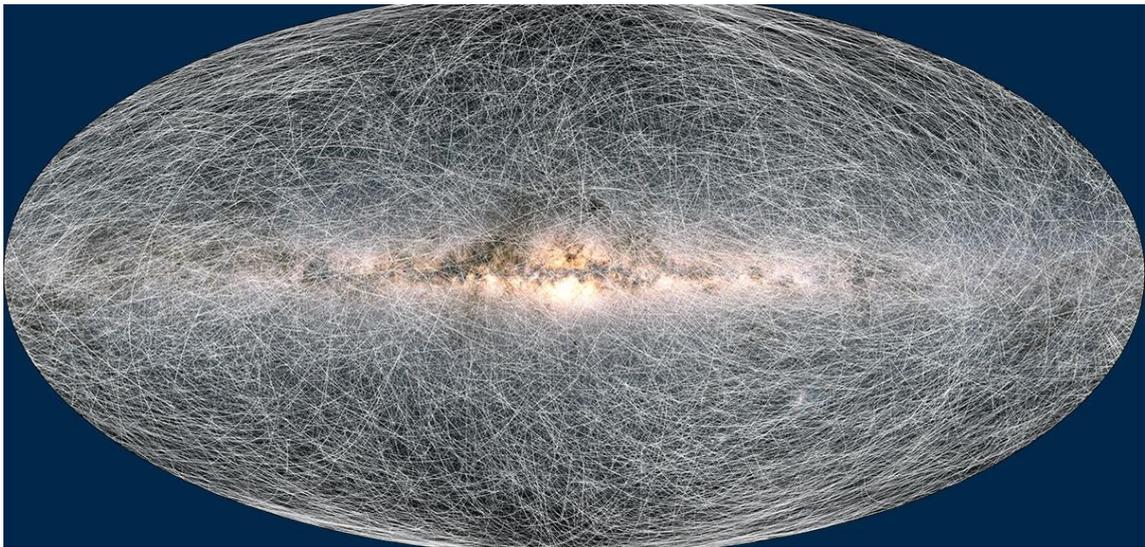
À Nice, le laboratoire Lagrange (CNRS-Université Côte d'Azur-Observatoire de la Côte d'Azur) porte la responsabilité de la coordination des activités françaises de la mission. Il porte aussi la co-responsabilité de l'un des instruments embarqués sur Comet Interceptor, qui a pour objectif de mesurer le champ électrique, la densité et la température des particules chargées entourant la comète, ainsi que de détecter les fines poussières cométaires émises par son noyau. Telle une mini-station météorologique, ces mesures permettront de comprendre les interactions entre le soleil et les comètes.

Contact

Pierre HENRI

Gaia : le catalogue galactique nouveau est arrivé

13.06.2022, par [Kheira Bettayeb](#)



Trajectoires prévues de 40 000 étoiles proches au cours des 400 000 prochaines années. ESA / Gaia / DPAC (CC BY-SA 3.0 IGO) ; A. Brown, S. Jordan, T. Roegiers, X. Luri, E. Masana, T. Prusti and A. Moitinho.

C'est aujourd'hui qu'est enfin dévoilée la seconde partie du troisième catalogue de la mission européenne Gaia. Très attendue, cette nouvelle édition contient des données uniques. De quoi en savoir plus sur notre galaxie et son environnement.

Obtenir une carte du ciel la plus étendue et la plus précise jamais réalisée, afin de mieux comprendre la composition, le passé, l'avenir et l'environnement de notre Voie lactée, cette grande spirale composée d'au moins 200 milliards d'étoiles, qui renferme le Système solaire et donc notre planète, la Terre... C'est en tout cas le vertigineux objectif de la mission spatiale Gaia. Grâce aux [nouvelles données publiées le 13 juin 2022](#) [6], les scientifiques n'ont jamais été aussi près de ce but !



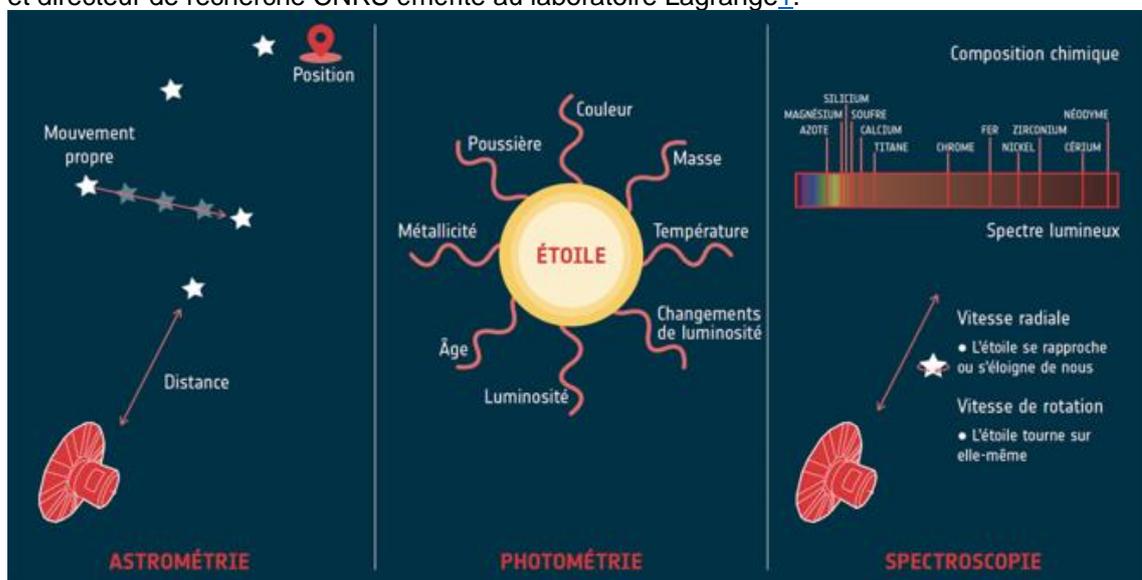
Le satellite Gaia lors des tests de déploiement en octobre 2013 sur la base spatiale de Kourou, en Guyane française. ESA / M. Pedoussaut

Mission majeure de l'Agence spatiale européenne (ESA), Gaia est entièrement dédiée à l'astrométrie. Depuis l'Antiquité, cette branche de l'astronomie s'efforce d'évaluer la position, la

distance et le mouvement des étoiles, astéroïdes et autres objets célestes. Titanesque, ce travail est crucial. Car connaître l'éloignement des étoiles permet d'évaluer l'énergie qu'elles émettent, puis d'en déduire leur masse et leur âge, et de mieux comprendre leur fonctionnement. De fait, il est possible d'estimer la distance des étoiles grâce à des observations depuis le sol, via une technique dite « parallaxe trigonométrique »... Mais en raison des turbulences de l'atmosphère, qui perturbe la propagation des rayons lumineux, les mesures depuis la Terre restent imprécises. Voilà pourquoi en 1989, l'ESA a lancé le premier satellite d'astrométrie spatiale : Hipparcos (1989-1993). Cet engin a permis d'établir la position de 120 000 étoiles, avec une précision de l'ordre du millième de seconde d'arc, c'est-à-dire à peu près la grosseur d'une pièce de 2 euros vue à 1 000 kilomètres.

500 millions de mesures réalisées chaque jour !

Gaia est donc la seconde mission d'astrométrie spatiale de l'ESA. Lancé le 19 décembre 2013 depuis la base de Kourou, en Guyane, son satellite renferme deux télescopes dotés de trois instruments de mesure très puissants : « un astromètre, qui mesure la position et le déplacement des objets célestes ; un spectrophotomètre, destiné à analyser l'intensité lumineuse des étoiles pour en déduire leurs propriétés physiques (température, masse, âge...) ; et un spectrographe, qui mesure la vitesse radiale (dans la ligne de visée) des astres et leur composition chimique », détaille François Mignard, un des initiateurs de Gaia, astronome et directeur de recherche CNRS émérite au laboratoire Lagrange¹.

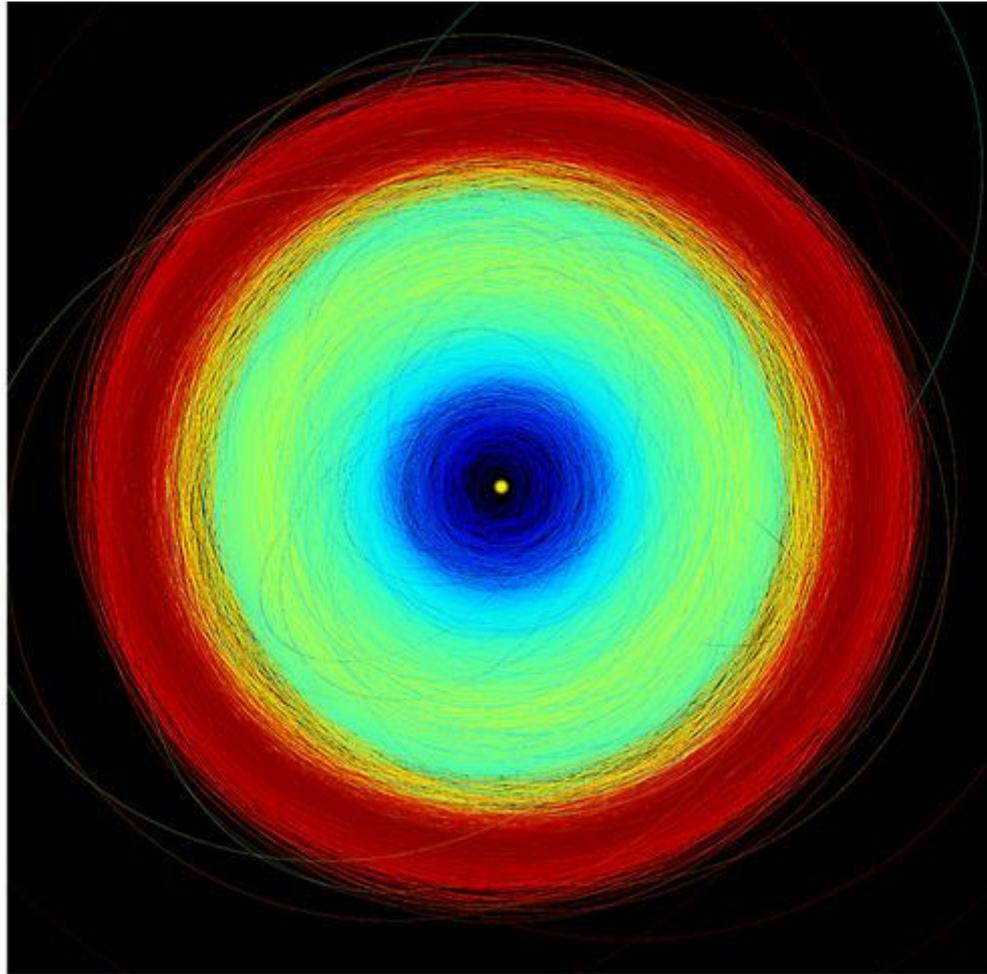


Les techniques d'observation de Gaia (astrométrie, photométrie et spectroscopie) permettent d'étudier les étoiles de notre voisinage cosmique. ESA

Placé autour du point de Lagrange L2, une zone spatiale située sur l'axe Soleil-Terre, à 1,5 million de kilomètres de notre planète, Gaia tourne sur lui-même de manière à faire un tour complet en 6 heures. Ainsi, tel un phare, il explore régulièrement l'ensemble de la voûte céleste et effectue chaque jour 500 millions de mesures ! Sur Terre, cette énorme quantité de données est dépouillée, traitée et analysée par un groupe de 450 ingénieurs et astronomes de 25 pays (dont une centaine rien qu'en France) : le [consortium DPAC](#) [11] (Data Processing and Analysis Consortium). « Cette structure est aussi importante que les trois instruments de mesures de Gaia : sans elle, les données brutes du satellite seraient inexploitablees par les astronomes », souligne François Mignard. Ce consortium gère aussi, avec l'ESA, la publication du catalogue de Gaia.

Deux catalogues entiers ont déjà été livrés

Dévoilée en 2016, [la toute première édition de cet inventaire, baptisée Gaia DR1 \(Data Release 1\)](#) [12], recense la position de près de 1,15 milliard d'étoiles et de 2 500 quasars, estimée avec une précision incroyable, de 0,5 à 15 millièmes de seconde de degré. « Par rapport à Hipparcos, le nombre d'astres référencés a été multiplié par 10 000 et la précision de leur position (à éclat comparable), par trois », compare François Mignard.



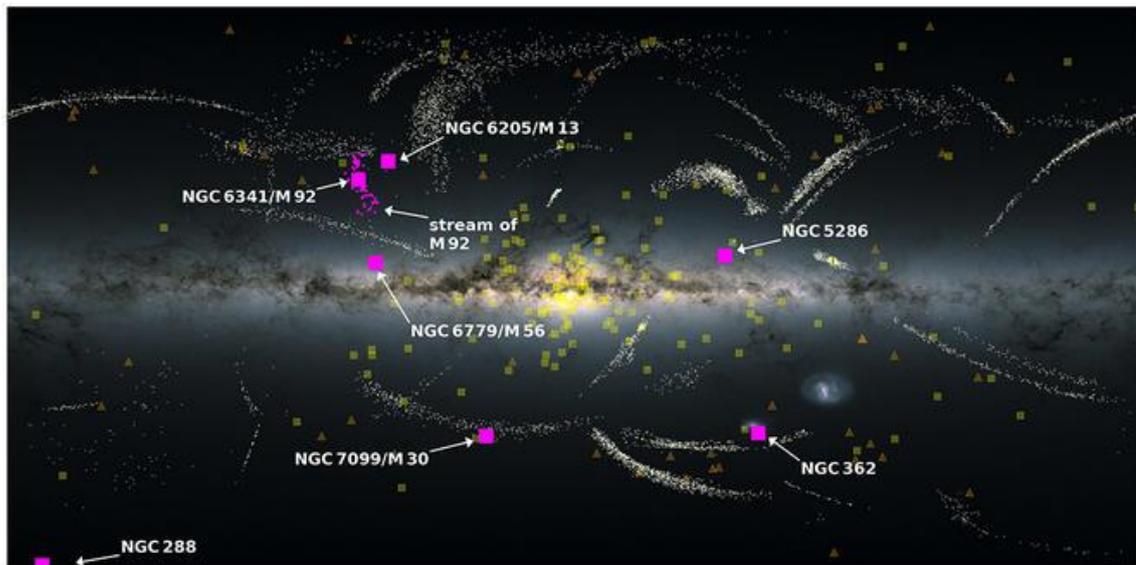
Orbites de plus de 150 000 astéroïdes (au centre, le Soleil).
 ESA / Gaia / DPAC (CC-BY-SA 3.0 IGO) / Paolo Tanga, Observatoire de la Côte d'Azur

Le [second catalogue, ou DR2, a été livré en 2018](#) [14] : il référence environ 1,7 milliard d'étoiles, mais aussi, pour la première fois, plus de 14 000 astéroïdes. « Ces corps sont de précieux témoins de la naissance du Système solaire : alors que la surface des planètes a été très remaniée depuis cette époque (notamment, en raison de leur activité géologique : volcanisme, tectonique des plaques etc.), la composition chimique des astéroïdes n'a, elle, pas évolué. Donc leur étude peut aider à mieux comprendre les principaux processus physiques qui amènent à la formation d'un système planétaire autour d'une étoile », éclaire Benoît Carry, planétologue spécialiste des astéroïdes au laboratoire Lagrange et à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides² (IMCCE). Autre point notable de la DR2 : elle comprend également la vitesse radiale (le long de la ligne de visée) de plus de 7 millions de sources. « Ce paramètre permet de connaître la vitesse des étoiles dans les trois dimensions spatiales et ainsi, de cartographier en 3D les mouvements dans notre galaxie », explique Paola Sartoretti, ingénieure de recherche CNRS au laboratoire Galaxies, Etoiles, Physique, Instrumentation³ (Gepi), au site de Meudon de l'Observatoire de Paris, et responsable scientifique de l'équipe de traitement des données du spectromètre de Gaia.

Plusieurs nouvelles données inédites

Enfin, un autre ensemble de données de Gaia a été publié en décembre 2020 : dit EDR3 (E pour « early » : précoce en anglais), il correspond à la première partie du troisième catalogue de Gaia (DR3), et comporte des informations astrométriques (position, distance, vitesse) concernant 1,8 milliard d'étoiles. Les données qui seront publiées le 13 juin constituent, elles, la seconde partie de la DR3. Cette nouvelle vague de mesures comporte notamment les vitesses radiales de plus de 34 millions d'étoiles, ce qui est 5 fois plus que dans la DR2, et la position d'environ 160 000 astéroïdes, soit plus de 10 fois plus que dans la DR2. Mais les chercheurs pourront aussi y trouver de nombreux paramètres astrophysiques (température de surface, rayon, luminosité...) pour un plus grand nombre d'étoiles, une classification de la

quasi-totalité des objets célestes observés, la première cartographie chimique de la Voie Lactée et une description inédite des petits corps du Système solaire.



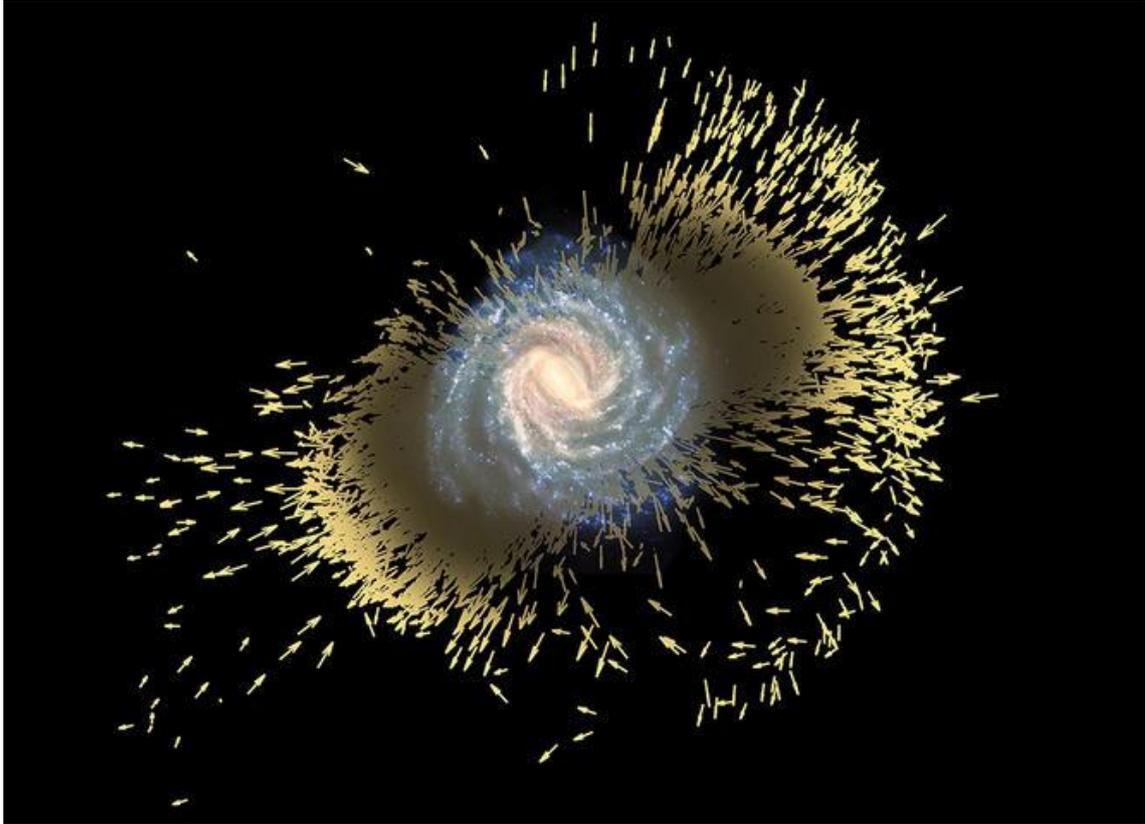
Voie lactée vue par Gaia: les carrés représentent les amas globulaires, les triangles les galaxies satellites et les petits points les courants stellaires. Les points et les carrés violets sont des objets amenés dans la Voie lactée par la galaxie Pontus.

ESA / Gaia / DPAC (CC-BY-SA 3.0 IGO)

Attendues avec impatience par des astronomes et astrophysiciens du monde entier, ces nouvelles données devraient nous aider à répondre à plusieurs grandes questions qui taraudent les astronomes et les astrophysiciens depuis des décennies : la galaxie est-elle née en une seule fois ou bien est-elle le résultat de la fusion de plusieurs galaxies voisines ? Quelle est sa masse ? Comment tourne-t-elle ? Combien d'étoiles sont en train d'échapper à son champ gravitationnel ?

Une avalanche de découvertes en perspective

Jusqu'ici, « *les données de Gaia ont déjà permis de faire plusieurs avancées majeures* », relève Piercarlo Bonifacio, directeur de recherche CNRS au GépI. À titre d'illustration, les données de la DR1 et de la DR2 ont permis de découvrir que notre galaxie a subi une fusion majeure avec une autre galaxie, dite Gaia-Sausage-Enceladeus (GSE), et que la plupart des étoiles attribuées jusqu'ici au halo galactique (la vaste région remplie de gaz chaud qui entoure la Voie lactée) appartenaient à cette autre structure⁴. Les données de l'EDR3 ont permis quant à elles de calculer les trajectoires des galaxies naines qui orbitent autour de notre galaxie⁵ ; ce qui a permis de comprendre que la plupart de ces galaxies ne tournent pas autour de la Voie lactée depuis longtemps, mais en sont à leur premier passage au péricentre (point de l'orbite où la distance est minimale par rapport au foyer de cette orbite). « *Grâce aux données inédites de la DR3, de nombreuses nouvelles découvertes nous attendent !* » se réjouit Piercarlo Bonifacio.



Vue d'artiste des débris de la galaxie Gaia-Encelade, qui a fusionné avec notre Galaxie au cours de ses premières étapes de formation, il y a 10 milliards d'années. Les flèches jaunes représentent les étoiles venant de Gaia-Encelade.
ESA (artist's impression and composition) ; Koppelman, Villalobos and Helmi (simulation) / CC-BY-SA 3.0 IGO

Mais la DR3 ne sonne pas la fin de l'aventure Gaia : vers fin 2025, devrait arriver un quatrième catalogue de Gaia, et fin 2030, un cinquième ! De quoi entrevoir une avalanche de nouvelles autres avancées... ♦

Pour en savoir plus sur les données de Gaia DR3 : [le site de l'ESA](#) [6] (en anglais).

Notes

[1.](#) Unité Université Côte d'Azur / Observatoire de la Côte d'Azur / CNRS

[2.](#) Unité CNRS/Observatoire de Paris-PSL.

[3.](#) Unité CNRS/Observatoire de Paris - PSL.

[4.](#) Vassily Belokurov et al. MNRAS. Juillet 2018. Doi: 10.1093/mnras/sty982 / Misha Haywood et al. The Astrophysical Journal. Août 2018, doi: 10.3847/1538-4357/aad235 / Amina Helmi et al. Nature. 2018 Nov. doi: 10.1038/s41586-018-0625-x. Epub 2018 Oct 31.

[5.](#) François Hammer et al, The Astrophysical Journal, 2 novembre 2021. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac27a8> [17]

URL source: <https://lejournal.cnrs.fr/articles/gaia-le-catalogue-galactique-nouveau-est-arrive>

AOUT

Pourquoi certains astéroïdes en forme de toupie ont des lunes et d'autres pas ?

Publication : 8 août 2022

Un grand nombre de petits astéroïdes semble avoir une forme de toupie et la plupart ayant cette forme sont accompagnés d'une petite lune, formant un système binaire. Les astéroïdes binaires représentent environ 15% de la population des petits astéroïdes. Plusieurs études ont montré que la forme de toupie est la conséquence du processus qui conduit à la formation d'une lune. Pourtant, des astéroïdes ayant cette forme, tels que les astéroïdes riches en carbone Bennu et Ryugu, visités par les missions OSIRIS-REx de la NASA et Hayabusa2 de la JAXA, respectivement, ne sont pas accompagnés d'une lune. Pourquoi n'ont-ils pas de lune, en dépit de leur forme, et comment cela est-il relié à leurs propriétés internes et à leurs évolutions ? Et qu'est-ce que cela nous dit sur l'intérieur de ces objets ?



Jusqu'à présent, aucune mesure directe de structure interne d'un astéroïde n'a été effectuée par une mission spatiale et il faudra attendre la mission Hera de l'ESA pour effectuer en 2027 le premier sondage interne d'un tel objet. De ce fait, la caractérisation des propriétés internes des astéroïdes repose sur l'interprétation des propriétés de surface révélées par les images des missions spatiales. En utilisant les données de surface de l'astéroïde Bennu par la mission OSIRIS-REx de la NASA, une équipe internationale dirigée par des chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur montre, au moyen de simulations numériques, que l'évolution de la structure et de la forme globale de Bennu, représenté comme un agglomérat de roches, est extrêmement sensible à sa résistance mécanique. Les simulations montrent que les propriétés de surfaces de Bennu obtenue par OSIRIS-REx ne peuvent s'expliquer que par une structure interne bien spécifique. En particulier, l'intérieur de Bennu ne peut pas être homogène et doit contenir des hétérogénéités structurales, avec notamment des zones internes de faible cohésion et de faible friction, et d'autres zones au contraire très résistantes. Cela conduit l'astéroïde à suivre un chemin d'évolution de sa structure et de sa forme qui empêche la formation d'une lune, alors que la présence d'une lune est une caractéristique partagée par les astéroïdes de même forme que Bennu. En considérant d'autres types de structure interne, les auteurs identifient différents chemins d'évolution de structure d'astéroïdes de forme similaire à celle de Bennu, en fonction de leurs propriétés matérielles. Le chemin trouvé pour Bennu, qui devrait être partagé par les astéroïdes riches en carbone et de faible densité comme lui, est cohérent avec le fait que ni Bennu ni Ryugu n'ont une lune. Les auteurs prédisent ainsi que les astéroïdes binaires du type carboné, devraient constituer une minorité dans la population des astéroïdes binaires, ce qui semble cohérent avec les observations. Ils démontrent aussi que les caractéristiques de surface mesurées par les missions spatiales peuvent permettre d'en déduire des informations sur l'intérieur, ainsi que sur l'évolution l'accompagnant, de l'astéroïde considéré, avec des implications fortes sur son histoire.

Les recherches passées ont montré que les petits astéroïdes sont des agglomérats de roches et non des roches monolithiques quand leur taille est supérieure à 200 mètres de diamètre et jusqu'à plusieurs de dizaines de kilomètres de diamètre. Les observations indiquent qu'une grande fraction de ces astéroïdes ressemblent à des toupies et sont souvent accompagnés d'une petite lune, faisant d'eux un système binaire. Les structures de ces astéroïdes peuvent subir des modifications lorsque leur période de rotation accélère.

La forme de toupie et la formation d'une lune sont typiquement attribuées à une accélération de la rotation sur lui-même d'un astéroïde due à un effet thermique appelé YORP qui agit sur les propriétés de rotation des astéroïdes et qui a déjà été mesuré, notamment sur Bennu. Lorsque l'astéroïde tourne plus vite sur lui-même la forme de l'astéroïde se modifie, et en particulier, la force centrifuge augmente à son équateur, conduisant dans certains cas à la formation d'une boursoufflure équatoriale donnant la forme de toupie à l'astéroïde. Cependant, les caractéristiques de surface et l'évolution des astéroïdes en forme de toupie soumis à cet effet et leur dépendance à leurs propriétés internes sont encore mal compris. Les surfaces de deux astéroïdes en forme de toupie ont été caractérisées en détail par des missions spatiales :

(162173) Ryugu par la mission Hayabusa2 de la JAXA et (101955) Bennu par la mission OSIRIS-REx de la NASA. Ces missions ont révélé des détails extraordinaires concernant les caractéristiques géologiques de surface très diverses de ces astéroïdes. Concernant Bennu, les images obtenues par la sonde OSIRIS-REx ont confirmé que Bennu est un agglomérat de roches de 500 mètres de diamètres en forme de toupie (**Fig. 1**). La surface contient plusieurs grands cratères d'environ 100 mètres de diamètre distribués à l'équateur de l'astéroïde. Ces cratères sont bien préservés (leur forme est intacte) et sont donc plus jeunes que la boursouffure équatoriale qui donne sa forme de toupie à l'astéroïde. La mission a aussi mesuré que Bennu subit une accélération de sa période de rotation. Des mouvements locaux de matière ont aussi été détectés, ainsi que des structures linéaires ressemblant à des fractures, ce qui pourrait indiquer une certaine rigidité interne. De plus, selon les mesures du champ de gravité de l'astéroïde, Bennu a une distribution de masse interne hétérogène (Fig. 1) et pourrait avoir un cœur moins dense que les autres régions.

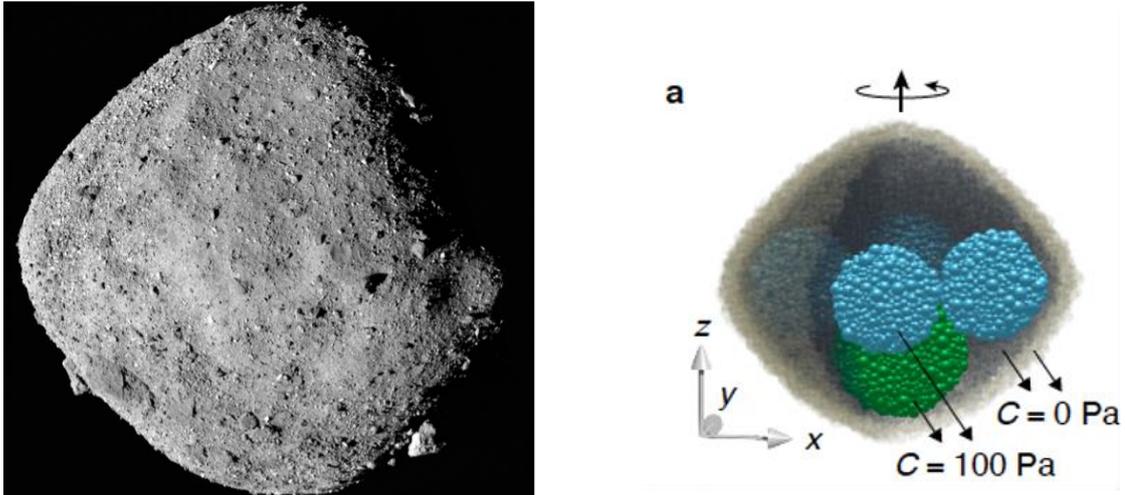


Figure 1 : à gauche : image de Bennu et de sa forme de toupie prise par la sonde OSIRIS-REx (NASA ; crédit : NASA, univ. Arizona). A droite : un modèle de structure interne montrant une distribution hétérogène de la cohésion interne (mesurée en Pascal), avec des zones n'ayant aucune cohésion, et d'autres plus rigides. De cette structure interne dépend l'évolution de la structure et de la forme d'un astéroïde lorsque son taux de rotation sur lui-même augmente.

« Interpréter ces informations très riches et complexes nécessite tout à la fois une bonne compréhension des processus géologiques qui agissent sur les astéroïdes et également une manière fiable de les modéliser », explique Yun Zhang, post-doctorante au laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA) et première auteure de l'étude. Les auteurs ont effectué des simulations numériques à haute-fidélité pour tester la réponse de la structure de Bennu à une diminution de sa période de rotation. « En exploitant les résultats numériques et en les comparant aux caractéristiques de surface observées sur Bennu, nous sommes capables de quantifier les propriétés internes de l'astéroïdes et d'en déduire un scénario de son évolution », explique Yun Zhang.

En effet, les auteurs montrent que les caractéristiques de surface de Bennu ne peuvent être expliquées que par une structure interne globalement peu résistante, avec quelques zones très locales de plus grande résistance, révélant ainsi la grande complexité des intérieurs d'astéroïdes. De plus, en étudiant comment cette structure interne évolue, ils montrent qu'une déformation interne non-uniforme induite par cet intérieur peu résistant a conduit Bennu à évoluer vers cette forme tout en préservant les structures topographiques observées à son équateur (**Fig. 2**). « Nous venons tout juste de réaliser que les astéroïdes ne sont pas des roches toutes simples dans l'espace et sont en fait des petits mondes géologiques extrêmement riches et complexes qui évoluent dans des conditions très différentes de celles de la Terre », d'après Patrick Michel, directeur de recherche CNRS, laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA) deuxième auteur de l'étude.

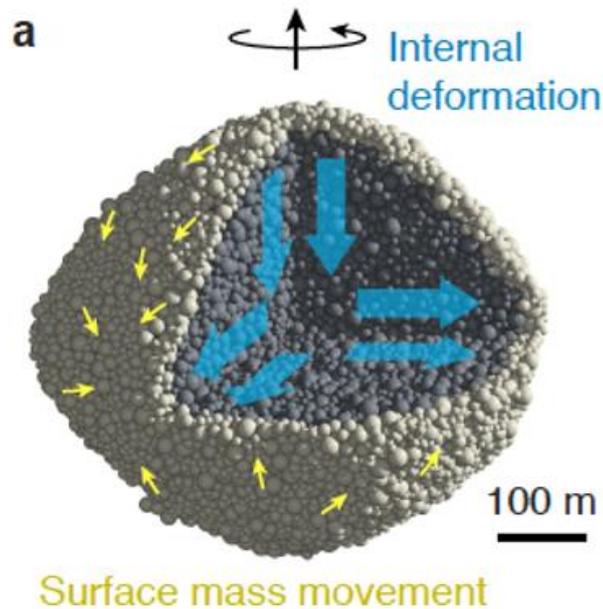


Figure 2 : Image d'une simulation d'évolution de la structure de Bennu soumise à une accélération de sa rotation sur lui-même. Bennu a subi une déformation interne qui a provoqué la naissance d'une boursoufflure équatoriale sans pour autant modifier ses propriétés de surface, ce qui aida à préserver les cratères sur l'équateur et à empêcher la formation d'une lune.

De plus, le chemin pris par Bennu pour atteindre sa forme empêche la formation d'une lune, en accord avec l'absence de satellite naturel autour de Bennu, en dépit de sa forme en toupie. « C'est un résultat, car les astéroïdes en forme de toupie sont généralement accompagnés d'un satellite naturel », explique Patrick Michel. Par conséquent, un des résultats importants de cette étude est aussi l'identification des différents chemins pris par les astéroïdes pour atteindre leur forme de toupie, qui conduisent à la formation d'une lune ou qui l'en empêchent. Si le comportement de Bennu est représentatif du comportement général des astéroïdes riches en carbone, ce résultat pourrait indiquer un déficit d'astéroïde binaire dans la classe des astéroïdes carbonés.

« Identifier les modèles de structure interne qui favorisent la formation de satellites naturels permet aussi de prédire la structure interne du corps central en forme de toupie de l'astéroïde binaire Didymos qui sera visité par la mission Hera de l'ESA en 2027 », indique Patrick Michel qui est aussi le Responsable Scientifique de la Mission Hera.

Cette étude bénéficie du soutien financier du CNES, du contrat No. 870377 du programme H2020 de l'Union Européenne (projet NEO-MAPP) et de la fédération Doebelin (projet Impact-Granular Simulations). Une partie des simulations a été effectuée sur le Mesocentre SIGAMM l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Référence

Zhang, Y., Michel, P., Barnouin, O.S. et al. - [Inferring interiors and structural history of top-shaped asteroids from external properties of asteroid \(101955\) Bennu](#) - Nat Commun 13, 4589 (2022).

Contact

Patrick Michel

SEPTEMBRE

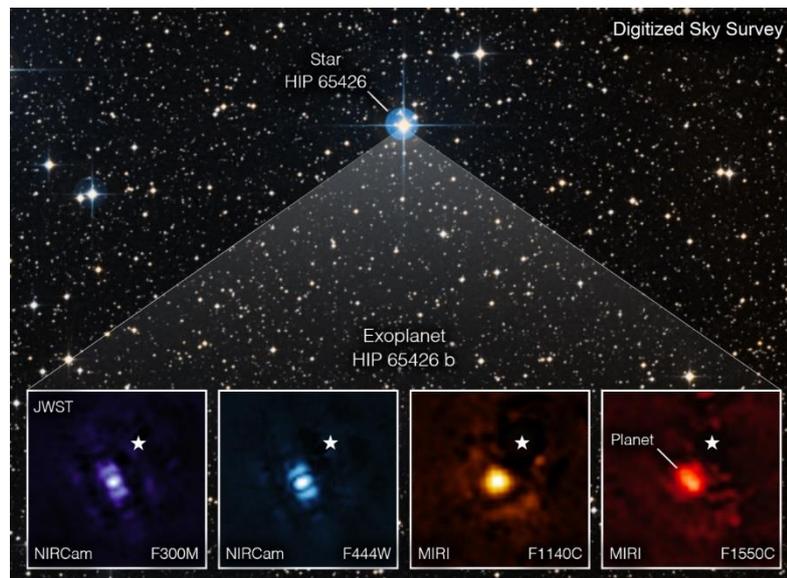
Premières images d'une exoplanète vue par le JWST, incluant des images inédites dans l'infrarouge moyen

Publication : 1 septembre 2022



Une fois de plus le James Webb dépasse nos attentes en termes de performance, et ouvre de nouvelles perspectives dans la compréhension des exoplanètes.

Images obtenue par un consortium international incluant plusieurs laboratoires français, qui ont contribué à la fois à la conception de l'instrument MIRI et à l'analyse des images.
© NASA/ESA/CSA and A. Pagan (STScI)



Cette planète géante très jeune, a été découverte par l'instrument européen en 2017.

Son petit nom : HIP 65426 b.

L'article de l'ESO (2017) : <https://www.eso.org/public/announcements/ann17041/>.

Le Laboratoire Lagrange (UCA-CNRS-OCA) et l'Observatoire de la Côte d'Azur ont participé à la construction de l'instrument SPHERE et à cette découverte.

[Lire le communiqué sur le site du CNRS](#)

Impact réussi pour DART sur Dimorphos !

Publication : 27 septembre 2022

Mardi 27 septembre à 1h15 du matin, un vaisseau de l'agence spatiale américaine a heurté l'astéroïde Dimorphos à une vitesse de plus de 20 000 km/h pour le faire dévier de sa trajectoire. Dimorphos (160 m de diamètre) est le satellite de l'astéroïde Didymos (780 mètres de diamètre). De nombreux chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur sont impliqués dans cette mission, de sa conception aux études scientifiques qu'elle va permettre. Patrick Michel, directeur de recherche [CNRS](#) au laboratoire Lagrange (Observatoire de la Côte d'Azur- [Université Côte d'Azur- CNRS](#)), investigateur principal de [la mission HERA](#) de l'Agence Spatiale Européenne, nous explique la mission DART. [La mission HERA](#) aura pour but d'observer les résultats de la réussite de la mission DART.

La signature chimique des bras spiraux de la Galaxie révélée par Gaia

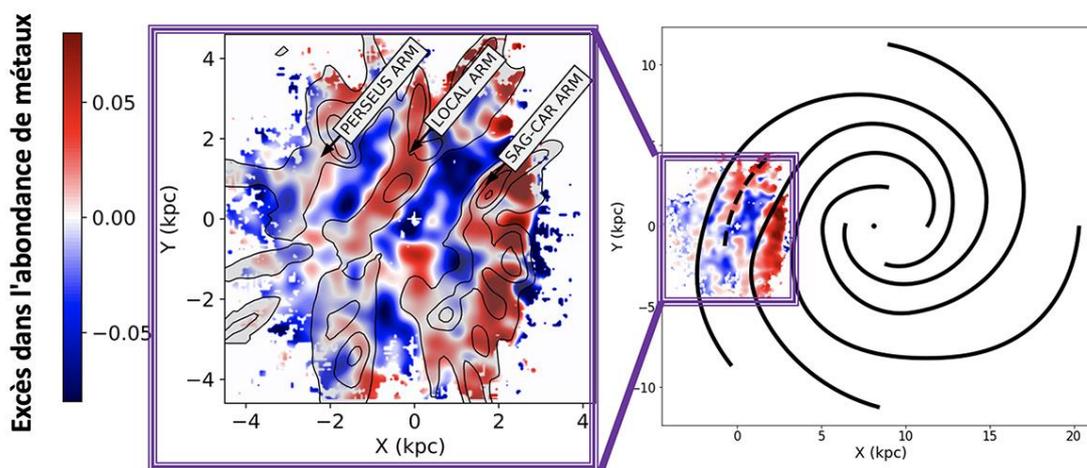
Publication : 30 septembre 2022



Les bras spiraux de notre Galaxie, la Voie Lactée, ont un impact capital dans la composition chimique des étoiles. Ce résultat récemment découvert, est fondamental pour l'étude de notre Galaxie et des éléments chimiques qui composent les étoiles mais aussi la Terre et les êtres vivants. L'étude qui a amené à cette conclusion a été menée par une équipe de chercheuses et chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur-[Université Côte d'Azur-CNRS](#) (Nice, France) et de [l'Observatoire de Turin](#) (Italie). Cette équipe a été coordonnée par Eloisa Poggio, chercheuse italienne qui bénéficie d'une bourse post-doctorale Européenne Marie-Curie à l'Observatoire de la Côte d'Azur.

En utilisant les données du satellite Gaia, qui cartographie jusqu'à 2 milliards d'étoiles de notre Galaxie, cette équipe a étudié la composition chimique de plusieurs groupes d'étoiles situées dans un rayon de 13000 années-lumière (4 Kpc) autour du Soleil. « *La composition d'une étoile est une sorte d'ADN : elle nous informe sur les caractéristiques de son milieu de formation et se conserve tout au long de sa vie* », explique Alejandra Recio-Blanco, responsable de l'équipe Gaia/Voie Lactée à l'Observatoire de la Côte d'Azur, et co-auteurice de ce papier.

La présente étude analyse l'abondance dans les étoiles d'éléments chimiques plus lourds que l'hydrogène ou l'hélium, appelés « métaux » en astrophysique. L'équipe franco-italienne a montré que les étoiles jeunes, situées dans les bras spiraux de la Voie Lactée, sont plus riches en métaux que celles à l'extérieur. Ceci met en évidence l'influence des bras spiraux dans l'évolution chimique de la Galaxie. « *La morphologie de des bras spiraux s'imprime sur les cartes chimiques du disque de la Voie Lactée, s'ajoutant à d'autres facteurs de variation déjà connus comme la distance au centre Galactique* », confirme Eloisa Poggio.



Excès dans l'abondance de métaux des étoiles observées par le satellite Gaia et analysées dans ce travail. Les étoiles jeunes, situées dans les bras spiraux de la Galaxie, sont plus riches en métaux (en rouge dans le graphique de gauche) que celles à l'extérieur. La figure de droite montre la structure schématique de la galaxie.

Référence

[The chemical signature of the Galactic spiral arms revealed by Gaia DR3](#), E. Poggio, A. Recio-Blanco, P. A. Palicio, P. Re Fiorentin, P. de Laverny, R. Drimmel, et al. *A&A*, 24 août 2022.

Contact

Eloisa Poggio, post-doctorante au laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur - Observatoire de la Côte d'Azur - CNRS) .

OCTOBRE

Les occultations stellaires franchissent une nouvelle étape avec l'asteroïde Dydimos

Publication : 21 octobre 2022



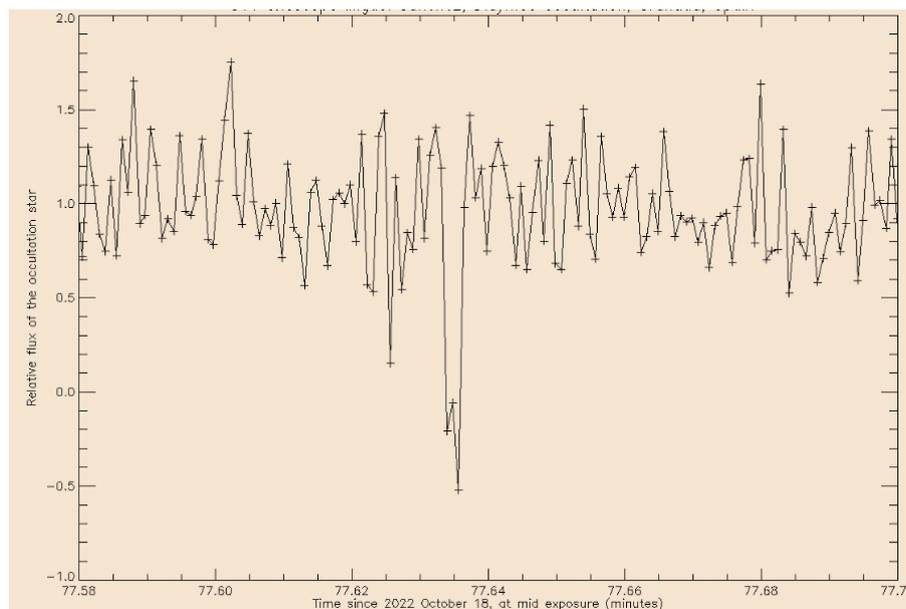
L'observation des occultations stellaires est une technique puissante pour étudier les propriétés physiques et dynamiques des astéroïdes, et son efficacité est fortement renforcée par la disponibilité des catalogues de la mission Gaia de l'ESA. Cependant, les astéroïdes géocroiseurs (NEA) représentent toujours un défi car ils se déplacent rapidement et sont petits, ce qui produit des événements plus courts et des ombres projetées au sol beaucoup plus étroites. Pour atteindre les géocroiseurs grâce à cette technique, un projet appelé [Asteroïde Collaborative Research via Occultation Systematic Survey](#) (ACROSS), dirigé par Paolo

Tanga, astronome à l'Observatoire de la Côte d'Azur, laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur-OCA-CNRS) a été soutenu par le programme Discovery de l'ESA. ACROSS a été sélectionné dans le cadre d'un appel à projet sur la plateforme ouverte d'innovation spatiale de l'Agence, qui recherche des recherches spatiales innovantes à soutenir.

Le projet ACROSS s'intéresse tout particulièrement à Didymos - en fait un système binaire, dont l'astéroïde principal de 780 mètres de diamètre est en orbite autour d'une petite lune de 150 mètres de diamètre appelée Dimorphos - la cible du test de redirection d'astéroïdes doubles de la NASA, [la mission DART](#).

Après de longs efforts pour améliorer l'orbite de Didymos et diffuser les prédictions (afin d'impliquer une large communauté d'observateurs, incluant des amateurs et des professionnels), un premier succès a été enregistré le 15 octobre aux États-Unis, suivi d'observations en Espagne et au Japon. Les détails sont dans [le communiqué de l'ESA](#).

Les événements futurs seront plus faciles à étudier : en observant un plus grand nombre d'entre eux, nous assurerons un suivi beaucoup plus précis de l'orbite de Didymos, ce qui permettra peut-être de détecter un minuscule changement de l'orbite héliocentrique de Didymos dû à l'impact de la DART.



Courbe de lumière d'occultation obtenue en Espagne par l'équipe de J.L. Ortiz (Institut d'Astronomie de Grenade) le 18 Octobre.

ACROSS :

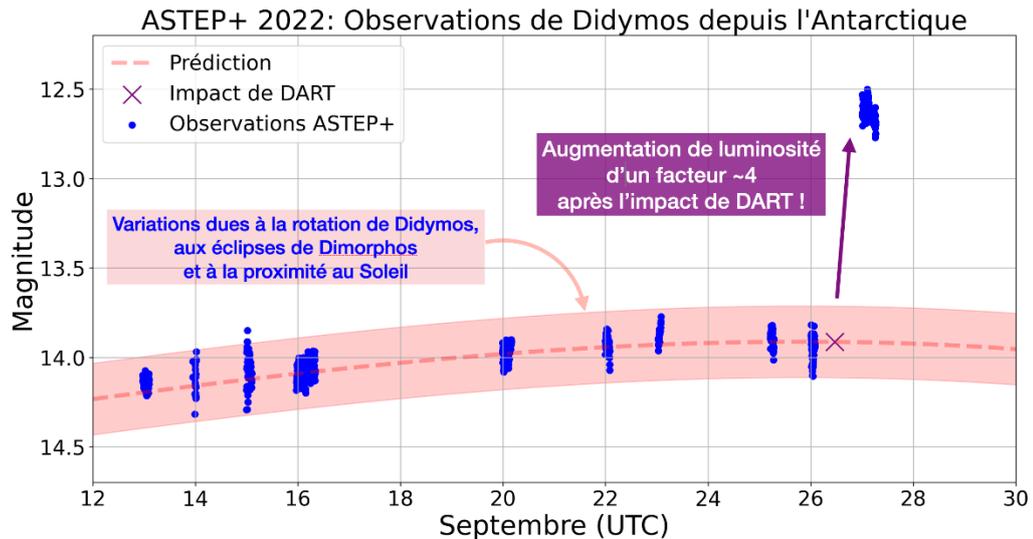
Paolo Tanga, astronome, coordinateur du projet, laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur-OCA-CNRS) - Kleomenis Tsiganis (coordinateur du partenaire, Université Aristote de Thessalonique) - Damya Souami, post-doc ACROSS, laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur-OCA-CNRS) - Joao Ferreira, post-doc, Université Aristote de Thessaloniki - Alex Siakas, étudiant, Université Aristote de Thessaloniki.

Paolo Tanga, K. Tsiganis, et D. Souami sont également membres de l'équipe d'investigation DART IT.

ACROSS est soutenu par le contrat 2-1775/21/NL/GL/ov de l'ESA.

L'effet de l'impact de DART observé par ASTEP+

Le télescope ASTEP a observé une augmentation très importante de la brillance du système Didymos-Dimorphos suite à l'impact de DART. Cette brillance a été multipliée par 4, certainement en raison de la poussière et des cailloux qui ont été mis en orbite par l'onde de choc. Il s'agit maintenant de voir à quelle vitesse ces particules vont retomber soit sur Didymos, soit sur sa petite lune Dimorphos. D'autre part, en combinant ces observations avec celles d'autres télescopes, nous allons pouvoir mesurer de combien la période orbitale de Dimorphos a été affectée par l'impact.



Plus d'information ici :

<https://www.oca.eu/fr/accueil-astep>

Contact

Tristan Guillot

(Données obtenues par Lyu Abe et l'équipe ASTEP+)

MATISSE fête une belle moisson de résultats

Faisant suite à la vague des premières publications astrophysiques et à l'aboutissement du programme de commissioning, l'ESO octroie la 'PAC' à MATISSE le 14 Octobre. Les résultats astrophysiques sont de premier plan et répondent aux attentes de la communauté et les performances instrumentales vont bien au-delà des spécifications initiales.

L'année 2022 marque une étape importante, de nombreux résultats scientifiques ont été obtenus depuis l'ouverture de l'instrument à la communauté en 2019 et l'instrument MATISSE vient de passer la 'PAC'. La PAC, pour Provisional Acceptance Chile, signifie que l'instrument devient propriété de l'ESO : l'équipe du consortium se trouve déchargé des actions de maintenance tout en restant le point de contact pour des actions exceptionnelles. Elle se consacre à des optimisations liées aux procédures d'observations et à l'analyse de données.

MATISSE est l'instrument infrarouge moyen de nouvelle génération de l'Interféromètre du Very Large Telescope (VLT). Il représente l'aboutissement d'une longue aventure. Il fait partie des deux instruments de seconde génération de l'Interféromètre du Very Large Telescope (VLT), sélectionnés avec GRAVITY en 2005. L'ESO nous a confié l'étude d'un instrument ambitieux, spectro-imageur interférométrique couvrant l'IR moyen, destiné à caractériser en particulier la poussière, élément essentiel de l'évolution des galaxies, des systèmes protoplanétaires et des étoiles. MATISSE a représenté un défi technique considérable, avec un instrument à extrêmement large bande spectrale, la plus vaste jamais exploitée en interférométrie optique sur le plus grand interféromètre optique du monde. Il comporte deux détecteurs de dernière génération, environ 300 éléments optiques, une centaine de mécanismes motorisés en partie cryogéniques, qui lui permettent de se régler automatiquement avec une robustesse qui en fait un instrument record pour l'ensemble du VLT.

L'instrument remplit les spécifications sur lesquelles nous nous étions engagées contractuellement, et même au-delà, en ce qui concerne plusieurs de ses performances. Pour aboutir à ce succès, nous avons recherché des partenaires avec des compétences spécifiques notamment en détecteur infrarouge, cryogénie, optique refroidie et cryo-mécanismes, ... et trouvées ces expertises auprès des instituts Max Planck de Bonn et Heidelberg ainsi qu'auprès de l'institut ASTRON des Pays Bas. En tenant compte de nos collaborateurs de l'ESO, c'est plus de 120 personnes qui ont participé au projet. La naissance du projet tenait à l'idée que l'interférométrie dans l'infrarouge moyen était fondamentale pour les recherches astrophysiques et que notre expertise permettrait de développer au VLT la spectro-imagerie multi-télescopes. Se sont associés à B. Lopez, S. Lagarde, M. Dugué, P. Antonelli, R.G. Petrov, de nombreux scientifiques talentueux du Consortium et de l'ESO et notamment au Laboratoire J.-L. Lagrange et à l'OCA : S. Robbe-Dubois, F. Allouche, F. Millour, Ph. Berio, A. Meilland, A. Matter, P. Cruzalèbes, Y. Bresson, Ch. Bailet, Y. Hugues, I. Bailet, Ph Stee, J.-M. Clausse, Y. Caujolle, S. Rousseau, A. Marcotto, F. Guittou, N. Mauclerc, S. Bonhomme, Th. Parra, P. Girard et notre ami O. Chesneau. De nombreux doctorants et jeunes chercheurs du laboratoire ont fait et continue de faire partie de cette dynamique : J. Drevon, A. Soulain, E. Kokoulina, V. Hocdé, J. Leftley, M. Abello, M. Houllé.

Il n'existe aucun autre instrument au monde qui possède cette capacité de spectro-imagerie dans l'infrarouge moyen avec les résolutions angulaires poussées offertes par le VLT. C'est d'une manière unique que les galaxies actives (AGNs) peuvent aujourd'hui être imagées à l'échelle du parsec et que des cartes thermiques peuvent être produites à cette même résolution spatiale. Concernant les environnements d'étoiles jeunes, sièges privilégiés de la formation planétaire, l'infrarouge moyen permet d'observer aussi de manière unique depuis les zones les plus chaudes des disques, là où la poussière se sublime, jusqu'au régions un peu plus lointaine où règnent des températures aussi basses de ~ 300 K. Ceci offre un champ sensible à la poussière émissive qui va jusqu'à à environ 10 unités astronomiques (l'essentiel de notre Système Solaire tient dans cette dimension. Pour les objets jeunes situés à une centaine de parsec, les disques sont explorés avec une résolution spatiale de la fraction d'unité astronomique. De telles performances sont aussi d'un grand intérêt pour la physique et l'étude des activités stellaires impliquant divers régimes de perte de masse et la structuration d'environnements circumstellaires, composés de gaz et de poussières et représentant une interface essentielle avec le milieu interstellaire entraînant son enrichissement.

C'est plus d'une dizaine d'articles utilisant MATISSE qui ont été publiés en 2021-2022 en temps ouvert et en GTO. Par notre travail sur MATISSE et par notre vision portant sur les programmes majeurs qui ont motivé son développement, nous avons contribué et continuons à contribuer à l'obtention d'observations et d'images uniques dont la première image en très haute résolution angulaire en infrarouge moyen du domaine extragalactique par l'observation de la galaxie NGC 1068 (Figure 1, « **Thermal imaging of the dust hiding the black hole in NGC 1068** », 2022, Nature 602, 403). Ce résultat valide le modèle unifié de tore de poussière. Une dizaine d'AGN a d'ores et déjà été observée et deux articles majeurs ont été produits.

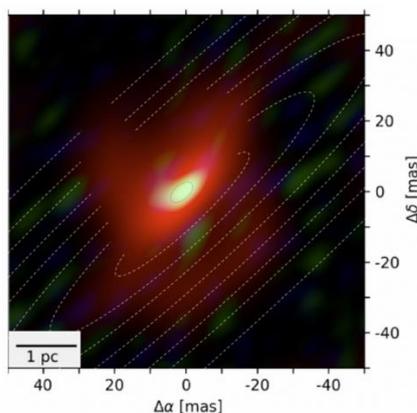


Figure 1 : image multi-longueurs d'onde de la galaxie de Seyfert de type 2, NGC1068. Il s'agit de la première image extragalactique reconstruite par interférométrie dans les bandes L, M, N.

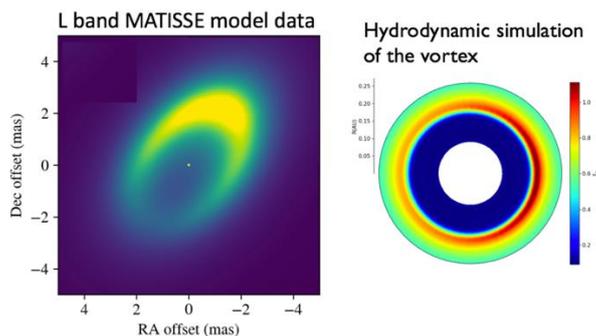


Figure 2 : Image de la source de Herbig HD163296 (en bande L) interprétée comme un possible vortex et signe probable de la formation d'un embryon planétaire en cours. La structure étant en mouvement orbital autour de l'étoile, la source est suivie temporellement

Le premier article scientifique exploitant MATISSE est issu d'un ambitieux survey YSO (Young Stellar Object) en cours : « **The asymmetric inner disk of the Herbig Ae star HD 163296 in the eyes of VLT/MATISSE: evidence for a vortex ?** », A&A 647, 56 (Figure 2). Le survey vise l'observation d'un échantillon significatif et la constitution d'une base de données sur ces étoiles jeunes. Ce premier article est en lien avec les régions internes des disques et la recherche de signatures d'embryons planétaires dans les zones internes des disques à l'échelle de l'unité astronomique. Il s'agit d'un résultat d'une grande valeur car alors que beaucoup de planètes extrasolaires sont aujourd'hui détectées (> 4000), les résultats sur les protoplanètes et leur embryon restent cependant extrêmement rares et ceux-ci comptent pour en observer et comprendre la formation planétaire.

Nous avons enfin en 2022, publié l'article général de MATISSE qui consacre l'ensemble du travail de réalisation et la réussite de tout un Consortium qui se traduit au travers des performances instrumentales présentées et appliquées à divers cas astrophysiques que nous illustrons afin d'accompagner les utilisateurs (« **MATISSE, The Mid-Infrared Imaging Spectro-Interferometer** », 2022, A&A 659, 192).

L'année 2022 marque par ailleurs les 60 ans de l'ESO, célébré en Europe à Garching ainsi que dans l'ensemble des pays membres de l'organisme européen. Elle marque aussi les 20 ans du VLT pour lequel plusieurs centaines d'utilisateurs sont aujourd'hui comptabilisés.

L'ensemble des modes spectroscopiques de MATISSE ont été mis en opération routinière après l'intervention technique de Janvier-Février 2022 (Figure 3). La reprise des observations a été suivie d'un reportage en 'live' à Paranal organisé par la revue Ciel&Espace (Figure 4). L'intervention a eu pour objectif la réhabilitation des résolutions spectrales des bandes L&M. Elle a été plusieurs fois reportée à cause de la période sanitaire complexe de 2020-2022. Elle aurait pu de fait s'apparenter à une opération de maintenance dans les conditions d'accès normales à Paranal : changement de roulements dans les cryostats et optimisation de mécanismes montrant des points durs.



Figure 3: L'équipe à Paranal pour l'intervention de Janvier-Février 2022



Figure 4 : Live de Ciel&Espace de Février 2022 : <https://www.cieletespace.fr/actualites/video-revivez-notre-direct-avec-deux-astronomes-au-vlt>. Le compteur comptabilisant les vues n'existe plus mais entre le site de Ciel&Espace, Facebook et Tweeter, ce sont plus de 3000 vues qui ont été répertoriées.

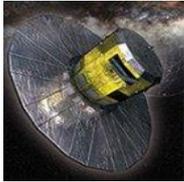
Plusieurs activités demeurent d'actualité : finalisation de GRA4MAT dont GRA4MAT « champ proche » pour l'observation des planètes de type Beta Pic b, optimisation procédure d'observation et de réduction de données, R&D sur les OPD chromatiques, debiasage des données et limites extrêmes de sensibilité. Les perspectives des 2-3 prochaines années concernent l'update du commissioning de MATISSE avec les UT dans le cadre GRAVITY+ et le développement de MATISSE Wide.

L'instrument que nous avons mis au point bénéficie d'un lien public du côté de l'ESO qui en décrit les caractéristiques : <https://www.eso.org/public/teles-instr/paranal-observatory/vlt/vlt-instr/matisse/>. La promotion de notre travail va aujourd'hui au-delà de nos propres actions individuelles. Nous sommes les réalisateurs de l'instrument, auteurs du matériel et des textes diffusés où l'on retrouve nos explications. La communication vers le public en général et les collaborations vers les astronomes en particulier se développent au-delà de nos attentes. C'est ce dont nous pouvions rêver de mieux.

NOVEMBRE

Le DPAC Gaia lauréat du Prix Berkeley de l'American Astronomical Society

Publication : 16 novembre 2022



[Le prestigieux prix Berkeley-New York Community Trust for Meritorious Work in Astronomy](#), de la [American Astronomical Society](#) pour l'année 2023, a été attribué aux membre du consortium aux membres du consortium de traitement de données [Gaia](#), [le DPAC](#).

La troisième publication des données de Gaia, qui a été mise à disposition le 13 juin 2022, a été accompagnée près de 50 articles scientifiques rédigés par le consortium Gaia, avec une forte participation de l'équipe Gaia de l'OCA. Reflétant l'impact de la mission sur la science de l'astronomie, cet immense corpus de travaux inclut les articles les plus cités dans toute l'astronomie au cours de l'année écoulée.

Chaque année, les trois vice-présidents de l'AAS, en consultation avec le rédacteur en chef des revues de l'AAS, sélectionnent le lauréat du prix Berkeley pour une recherche méritoire publiée au cours des 12 mois précédents. L'équipe Gaia est récompensée en particulier pour un article publié dans *Astronomy & Astrophysics* en mai 2021, qui décrit le contenu et les propriétés de la « *Data Release 3* », la dernière publication des données de la mission.

« L'AAS et le New York Community Trust adressent leur gratitude et leurs félicitations aux centaines de scientifiques, d'ingénieurs et de personnel de programme/technique/support de l'Agence spatiale européenne et d'ailleurs, qui ont donné vie à cette mission révolutionnaire. Gaia restera à jamais une réalisation marquante dans l'histoire de l'exploration cosmique de l'humanité », ont déclaré les vice-présidents de l'AAS dans un communiqué.

Les catalogues de données Gaia sont produits par le Consortium de traitement et d'analyse des données (DPAC), une collaboration qui regroupe des centaines de scientifiques et d'ingénieurs du monde entier. L'équipe Gaia de l'OCA, dans le cadre du DPAC, est responsable de certains aspects essentiels du traitement de données, en particulier pour la classification et les propriétés physiques des étoiles, l'étude de l'évolution de notre Galaxie, l'observation des objets du Système Solaire et des objets étendus (galaxies, quasars).

Lire aussi : [Gaia Collaboration to receive 2023 Berkeley Prize](#)

NASA's Webb Reveals an Exoplanet Atmosphere as Never Seen Before

Publication : 22 novembre 2022

WASP-39 b is a planet unlike any in our solar system – a Saturn-sized behemoth that orbits its star closer than Mercury is to our Sun. This exoplanet was one of the first examined by NASA's [James Webb Space Telescope](#) when it began regular science operations. The results have excited the exoplanet science community. Webb's exquisitely sensitive instruments have provided a profile of WASP-39 b's atmospheric constituents and identified a plethora of contents, including water, sulfur dioxide, carbon monoxide, sodium and potassium. The findings bode well for the capability of Webb's instruments to conduct the broad range of investigations of all types of exoplanets, including small, rocky worlds like those in the TRAPPIST-1 system.

NASA's [James Webb Space Telescope](#) just scored another first : a molecular and chemical profile of a distant world's skies.

While Webb and other space telescopes, including NASA's Hubble and Spitzer, previously have revealed isolated ingredients of this broiling planet's atmosphere, the new readings from Webb provide a full menu of atoms, molecules, and even signs of active chemistry and clouds.

The latest data also give a hint of how these clouds might look up close: broken up rather than a single, uniform blanket over the planet.

The telescope's array of highly sensitive instruments was trained on the atmosphere of WASP-39 b, a « *hot Saturn* » (a planet about as massive as Saturn but in an orbit tighter than Mercury) orbiting a star some 700 light-years away.

« *We observed the exoplanet with multiple instruments that, together, provide a broad swath of the infrared spectrum and a panoply of chemical fingerprints inaccessible until [this mission],* » said Natalie Batalha, an astronomer at the University of California, Santa Cruz, who contributed to and helped coordinate the new research. « *Data like these are a game changer.* »

The suite of discoveries is detailed in a set of five upcoming scientific papers. Among the unprecedented revelations is the first detection in an exoplanet atmosphere of sulfur dioxide (SO₂), a molecule produced from chemical reactions triggered by high-energy light from the planet's parent star. On Earth, the protective ozone layer in the upper atmosphere is created in a similar way.

« *This is the first time we see concrete evidence of photochemistry – chemical reactions initiated by energetic stellar light – on exoplanets,* » said Shang-Min Tsai, a researcher at the University of Oxford in the United Kingdom and lead author of the paper explaining the origin of sulfur dioxide in WASP-39 b's atmosphere. « *I see this as a really promising outlook for advancing our understanding of exoplanet atmospheres with [this mission].* »



© NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted (STScI)

This led to another first : scientists applying computer models of photochemistry to data that requires such physics to be fully explained. The resulting improvements in modeling will help build the technological know-how to interpret potential signs of habitability in the future.

« Planets are sculpted and transformed by orbiting within the radiation bath of the host star, » Batalha said. *« On Earth, those transformations allow life to thrive. »*

The planet's proximity to its host star – eight times closer than Mercury is to our Sun – also makes it a laboratory for studying the effects of radiation from host stars on exoplanets. Better knowledge of the star-planet connection should bring a deeper understanding of how these processes affect the diversity of planets observed in the galaxy.

To see light from WASP-39 b, Webb tracked the planet as it passed in front of its star, allowing some of the star's light to filter through the planet's atmosphere. Different types of chemicals in the atmosphere absorb different colors of the starlight spectrum, so the colors that are missing tell astronomers which molecules are present. By viewing the universe in infrared light, Webb can pick up chemical fingerprints that can't be detected in visible light.

Other atmospheric constituents detected by the Webb telescope include sodium (Na), potassium (K), and water vapor (H₂O), confirming previous space- and ground-based telescope observations as well as finding additional fingerprints of water, at these longer wavelengths, that haven't been seen before.

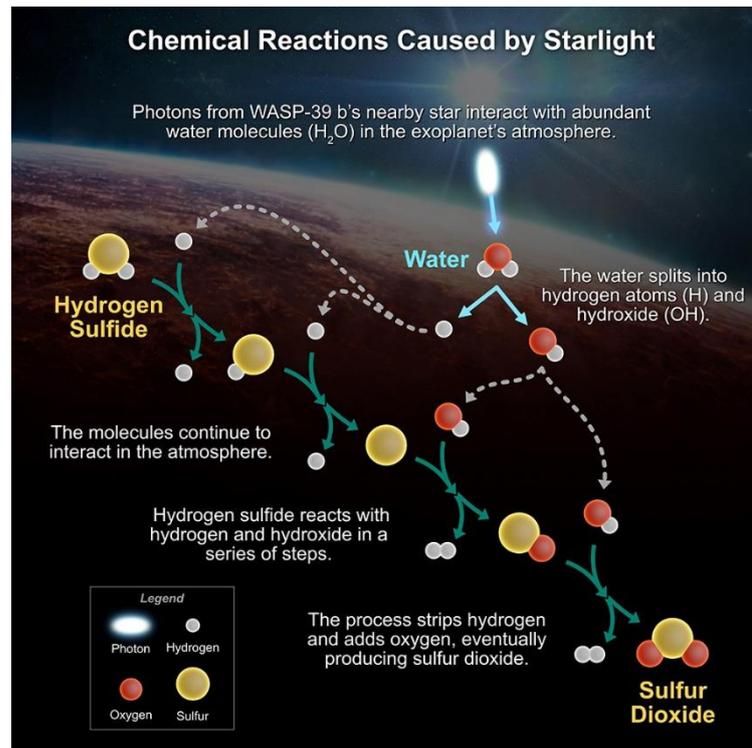
Webb also saw carbon dioxide (CO₂) at higher resolution, providing twice as much data as reported from its previous observations. Meanwhile, carbon monoxide (CO) was detected, but obvious signatures of both methane (CH₄) and hydrogen sulfide (H₂S) were absent from the Webb data. If present, these molecules occur at very low levels.

To capture this broad spectrum of WASP-39 b's atmosphere, an international team numbering in the hundreds independently analyzed data from four of the Webb telescope's finely calibrated instrument modes.

« We had predicted what [the telescope] would show us, but it was more precise, more diverse, and more beautiful than I actually believed it would be, » said Hannah Wakeford, an astrophysicist at the University of Bristol in the United Kingdom who investigates exoplanet atmospheres.

Having such a complete roster of chemical ingredients in an exoplanet atmosphere also gives scientists a glimpse of the abundance of different elements in relation to each other, such as carbon-to-oxygen or potassium-to-oxygen ratios. That, in turn, provides insight into how this planet – and perhaps others – formed out of the disk of gas and dust surrounding the parent star in its younger years.

WASP-39 b's chemical inventory suggests a history of smashups and mergers of smaller bodies called planetesimals to create an eventual goliath of a planet.



« The abundance of sulfur [relative to] hydrogen indicated that the planet presumably experienced significant accretion of planetesimals that can deliver [these ingredients] to the atmosphere, » said Kazumasa Ohno, a UC Santa Cruz exoplanet researcher who worked on Webb data. « The data also indicates that the oxygen is a lot more abundant than the carbon in the atmosphere. This potentially indicates that WASP-39 b originally formed far away from the central star. »

« By detecting sulfur dioxide, we have access to sulfur atoms for the first time in an exoplanet atmosphere. Together with the detection of carbon dioxide and water giving us access to oxygen and carbon atoms, this provides a much more holistic view of what the building blocks of this planet might have been, » explained Vivien Parmentier, Junior Professor Chair Université Côte d'Azur.

In so precisely parsing an exoplanet atmosphere, the Webb telescope's instruments performed well beyond scientists' expectations – and promise a new phase of exploration among the broad variety of exoplanets in the galaxy.

« We are going to be able to see the big picture of exoplanet atmospheres, » said Laura Flagg, a researcher at Cornell University and a member of the international team. « It is incredibly exciting to know that everything is going to be rewritten. That is one of the best parts of being a scientist. »

The [James Webb Space Telescope](#) is the world's premier space science observatory. Webb will solve mysteries in our solar system, look beyond to distant worlds around other stars, and probe the mysterious structures and origins of our universe and our place in it. Webb is an international program led by [NASA](#) with its partners, [European Space Agency](#) (ESA) and [Canadian Space Agency](#) (CSA).

Référence

On the preprint server

[Early Release Science of the exoplanet WASP-39b with JWST NIRSpec G395H](#) (Alderson et al.).

[Early Release Science of the exoplanet WASP-39b with JWST NIRSpec PRISM](#) (Rustamkulov et al.).

[Early Release Science of the exoplanet WASP-39b with JWST NIRCам](#) (Ahrer et al.).

[Early Release Science of the exoplanet WASP-39b with JWST NIRISS](#) (Feinstein et al.).

[Direct Evidence of Photochemistry in an Exoplanet Atmosphere](#) (Tsai et al.).

Contacts

Vivien Parmentier, Junior Professor Chair Université Côte d'Azur, Lagrange laboratory (Université Côte d'Azur-OCA-CNRS)

DECEMBRE

Première lumière pour WEAVE, spectrographe dernière génération

Publication : 12 décembre 2022



Nouveau spectrographe du télescope William Herschel (Canaries, Espagne), [WEAVE](#) vient de collecter avec succès ses premières lumières de galaxies. L'observation du Quintette de Stephan, un groupe de cinq galaxies, a permis de démontrer ses capacités inédites et promet à la communauté astronomique de nombreuses découvertes. En France, WEAVE a été soutenu par [le CNRS](#), [l'Observatoire de Paris-PSL](#) et l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Des observations presque 100 fois plus rapides qu'avant. C'est la puissance que l'instrument WEAVE installé sur le télescope William Herschel à l'Observatoire du Roque de los Muchachos met à disposition des astronomes. Il vient d'en faire la preuve en captant ses premières lumières, venues du Quintette de Stephan, un groupe de cinq galaxies dont certaines entrent en collision.

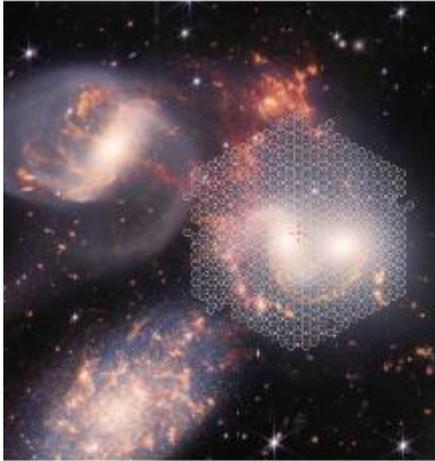
Les scientifiques de l'Isaac Newton Group of Telescopes (ING)¹ se sont intéressés en particulier à ces dernières, NGC 7318a et NGC 7318b. Les spectres révèlent la présence de gaz ionisé bien en dehors des disques galactiques : les nuages d'hydrogène sont poussés hors de leurs orbites par l'intrusion à grande vitesse, presque 3 millions de km/h, de la galaxie NGC 7318b, qui se déplace directement vers nous à travers le centre du Quintette de Stephan (voir images).

Ces observations ont été réalisées avec un des trois modes de WEAVE, dit LIFU, composé de 547 fibres optiques très rapprochées qui envoient la lumière d'une zone hexagonale du ciel vers le spectrographe, où elle est analysée et enregistrée. La première lumière de WEAVE démontre non seulement qu'il fonctionne, mais aussi qu'il produit des données de grande qualité promettant d'importantes découvertes dans les années à venir. La versatilité de WEAVE est l'une de ses grandes forces. En plus de ce mode LIFU, WEAVE propose dans son mode multi-objet (MOS) jusqu'à 960 fibres individuelles déployées dans un grand champ de 2° de diamètre et positionnées par des robots sur des étoiles, galaxies ou quasars indépendants. WEAVE permettra d'observer dans deux modes de résolution distincts, en basse résolution et haute résolution qui permettent de distinguer des différences de vitesses aussi fines que 5km/s ou 1.2km/s respectivement.

La construction de WEAVE a été financée en France par le CNRS, l'Observatoire de Paris-PSL, les régions Île-de-France² et Bourgogne-Franche-Comté. Il a également profité de l'expertise des laboratoires Galaxies, étoiles, physique, instrumentation (Observatoire de Paris-PSL/CNRS) et Lagrange ([Université Côte d'Azur](#) - Observatoire de la Côte d'Azur - CNRS), et du soutien de l'Observatoire des sciences de l'Univers Terre homme environnement temps astronomie (CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté). Ces laboratoires français participeront aux côtés d'autres³ aux futurs programmes d'observations. En effet, plus de 500 astronomes européens ont prévu [huit grands relevés qui seront conduits avec WEAVE](#), dans des domaines aussi variés que la physique stellaire, l'Archéologie Galactique, l'évolution des galaxies et la cosmologie. La préparation et la conduite des relevés WEAVE sont soutenues par un Service National d'Observation (ANO-04) de l'INSU, coordonné par l'OCA, qui regroupe les contributions de huit Observatoires en Science de l'Univers en France⁴.

Le laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur - Observatoire de la Côte d'Azur - CNRS), après avoir contribué à la phase d'étude du correcteur de champ de WEAVE, assure la responsabilité du relevé d'Archéologie Galactique avec WEAVE (Science Team Lead: Vanessa Hill, directrice de recherche CNRS), qui représentera entre 60 et 80% des cibles observées par les relevés de [WEAVE](#), en accompagnement à [la mission spatiale Gaia](#). L'UMR Lagrange compte 13 participants⁵ à quatre relevés distincts (Archéologie Galactique, Amas de Galaxies,

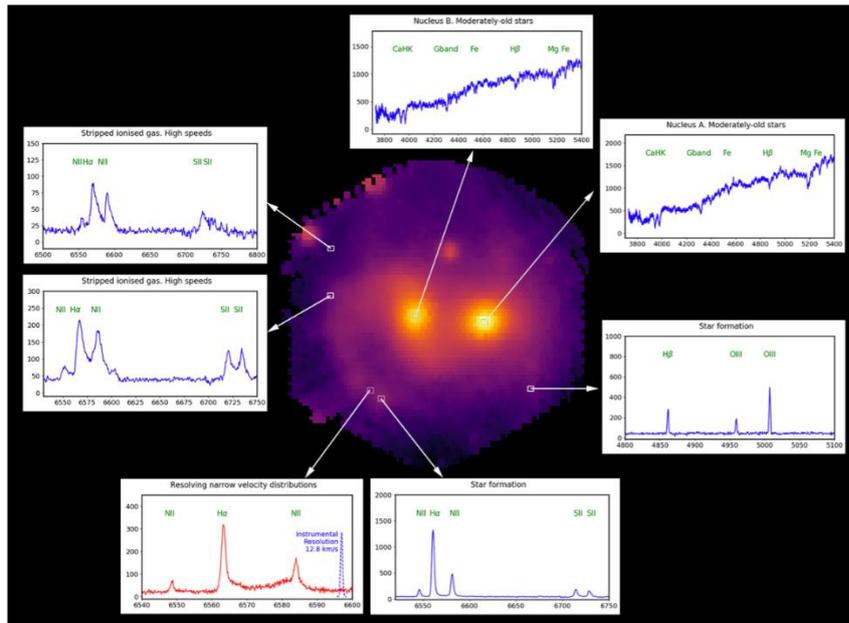
suivi de sources des relevés en radio avec LOFAR et relevés quasars). L'équipe participe de plus à la chaîne de traitement des données pour le relevé (G. Kordopatis, A. Spang, P. de Laverny, A. Recio Blanco, E. Fernandez Alvar, S. Flament, F. Gran) en fournissant au consortium la mesure des éléments chimiques individuels des spectres stellaires des relevés, qui s'appuie sur les outils automatisés initialement développés pour l'analyse des spectres stellaires de [la mission Gaia](#).



Mode d'observation de WEAVE pointant vers le Quintette de Stephan pour l'observation de la première lumière. Il recueille la lumière de 547 points du ciel qui seront analysés par le spectrographe. L'observation fournit des informations physiques de chaque région distincte de chaque galaxie ainsi que de l'espace qui les sépare. © NASA, ESA, CSA, STScI (image de fond) ; Aladin (superposition avec les fibres)



Vitesses dérivées des spectres WEAVE (en bleu, vert et rouge) superposées sur une image composite du Quintette de Stephan. Les vitesses indiquent que la galaxie centre-gauche NGC 7318b (en bleu) est une intruse tardive, entrant dans le groupe par l'arrière et passant devant NGC 7318a (en rouge) à 800 km/s (près de 3 000 000 km/h) par le centre du Quintette de Stephan. Cette collision à grande vitesse crée des ravages dans NGC 7318b, notamment au niveau de ses réservoirs d'hydrogène gazeux qui sont dépouillés. Il est probable que la formation de nouvelles étoiles dans cette galaxie soit fortement ralentie car l'hydrogène est le premier carburant de ce processus. © NASA, ESA, CSA, STScI (image de fond) ; Aladin (superposition avec les fibres).



L'intensité de la lumière reçue dans chacune des 547 fibres de WEAVE dans le mode LIFU permet de reconstruire l'image au centre. Au niveau des deux noyaux de galaxie (en haut et à droite), les spectres indiquent des étoiles moyennement vieilles (un milliard d'années) et aucune formation d'étoiles en cours. Les spectres étroits et pointus en bas et à droite sont typiques des gaz (hydrogène, oxygène, azote, soufre) chauffés à plus de 10 000 degrés par de très jeunes étoiles, tandis que les pics larges et asymétriques des spectres montrés à gauche indiquent des chocs turbulents entre les nuages de gaz. Le spectre en rouge, obtenu avec la plus haute résolution spectrale de l'instrument dans ce mode, permet de mesurer des différences de vitesses avec des précisions de 12.5km/s. © ING, WEAVE Project, Marc Balcells, and Javier Mendez

Pour en savoir plus, [le communiqué de l'ING.](#)

Contacts

Vanessa Hill, directrice de recherche CNRS, laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur, OCA, CNRS) -

Georges Kordopatis, astronome adjoint à l'Observatoire de la Côte d'Azur, laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur, OCA, CNRS) -

Notes

1. L'ING est constitué de deux télescopes situés à l'observatoire du Roque de los Muchachos. En 2016, les pays du partenariat ING (le Royaume-Uni, l'Espagne et les Pays-Bas), rejoints par la France et l'Italie, ont signé un accord pour concevoir et construire WEAVE, chaque pays contribuant aux principaux composants, et l'ING fournissant les systèmes auxiliaires et la gestion globale du projet.
2. Le projet WEAVE a été financé dans le cadre du Domaine d'intérêt majeur « *Astrophysique et conditions d'apparition de la vie* » 2012-2016 de la région Île-de-France.
3. Le Laboratoire d'astrophysique de Marseille (CNRS/Aix-Marseille Université/CNES), le Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux (CNRS/Université de Bordeaux), l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (CNRS/Université Grenoble Alpes) et l'Observatoire astronomique de Strasbourg (CNRS/Université de Strasbourg).
4. Observatoire de la Côte d'Azur, l'Observatoire de Paris, l'Observatoire Astronomique de Strasbourg, PYTHEAS, l'Observatoire en Sciences de l'Univers de Grenoble, l'Observatoire des Sciences de l'Univers Terre Homme Environnement Temps Astronomie et l'Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers.
5. Lionel Bigot, Patrick de Laverny, Chiara Ferrari, Sébastien Flament, Felipe Gran, Vanessa Hill, Georges Kordopatis, Sophie Maurogordato, Nicole Nesvadba, Alejandra Recio Blanco, Mathias Schultheis, Alain Spang, Frédéric Thevenin.

Premières simulations complètes de formation d'un cratère sur un astéroïde

Publication : 15 décembre 2022

Il y a deux ans, la mission japonaise [Hayabusa2](#) a effectué une expérience d'impact sur la surface de l'astéroïde Ryugu, qui a donné lieu à un cratère d'une taille inattendue. Pour la première fois, une équipe internationale incluant des chercheurs de [l'Université Côte d'Azur](#), [Observatoire de la Côte d'Azur](#), [CNRS](#), Laboratoire Lagrange a simulé intégralement un impact et la formation du cratère en résultant sur un astéroïde, reproduisant le cratère produit par cette expérience sur Ryugu. Ces simulations ont des implications sur l'âge de surface de l'astéroïde, sur ses propriétés matérielles, ainsi que sur la formation et l'évolution des petits astéroïdes en général. Ces simulations sont maintenant appliquées à l'impact de [la sonde DART](#) de la [NASA](#) sur le petit astéroïde Dimorphos afin de soutenir l'interprétation des données de [la sonde Hera](#) de [l'Agence Spatiale Européenne](#) qui mesurera en détail le résultat de l'impact et les propriétés de Dimorphos.

La sonde spatiale Hayabusa2 a rendu visite à l'astéroïde Ryugu en 2018-2019, a effectué une expérience d'impact à haute vitesse sur sa surface et a ramené sur Terre 5,4 grammes d'échantillons de cet astéroïde en décembre 2020 qui sont actuellement étudiés dans les laboratoires terrestres.

Dans une étude publiée dans Nature Communications le 30 novembre 2022, une équipe à laquelle participe des chercheurs du CNRS au laboratoire Lagrange de l'Observatoire de la Côte d'Azur a présenté des nouveaux résultats sur le processus d'impact sur les astéroïdes et leurs conséquences sur notre compréhension de l'âge de leur surface, leur structure et leurs évolutions.

Des lois d'échelle sur le développement des cratères permettent de revoir fortement à la baisse l'âge des astéroïdes

La mission spatiale Hayabusa2 a tiré un projectile de 2 kg à 2 km/s sur la surface de l'astéroïde Ryugu, offrant la première expérience d'impact à l'échelle d'un tel objet. « Le cratère créé par l'impact était beaucoup plus grand que prévu. Cela représentait un nouveau défi, et surtout cela nous offrait la possibilité de valider nos simulations d'impact à l'échelle d'un astéroïde, inaccessible en laboratoire », explique Patrick Michel, co-auteur de l'étude.

La nature et la taille d'un cratère d'impact sur un astéroïde sont influencées par différents facteurs. D'une part, les caractéristiques spécifiques du projectile et, d'autre part, les caractéristiques de l'astéroïde - sa force ou sa gravité, par exemple. La taille et la nature du cratère résultant de l'impact peuvent conduire ainsi à un diagnostic direct des caractéristiques des matériaux et de la structure proche de la surface de l'astéroïde. L'étude du processus de formation des cratères a donc des implications importantes pour la compréhension du développement géologique et géophysique des astéroïdes, liée à celle de l'histoire de notre Système Solaire.

« Jusqu'à présent, la manière dont la formation des cratères fonctionne à faible gravité est restée largement inexplorée. Cela est dû au fait que les conditions de l'impact ne peuvent être simulées dans des expériences de laboratoire sur Terre », explique Patrick Michel. Les chercheurs ont donc développé deux nouvelles approches pour simuler l'intégralité de la formation d'un cratère dû à un impact dans ces conditions, ce qui n'avait jamais été fait. Les simulations d'impact sont classiquement effectuées en utilisant des codes informatiques qui simulent la physique d'un choc dans un corps solide. *« Avec de telles simulations, il n'est pas possible de simuler entièrement la formation d'un cratère sur un astéroïde de faible gravité du fait des échelles de temps très différentes de la propagation de l'onde de choc dans l'astéroïde et de la formation du cratère ».* Les chercheurs ont alors développé deux approches différentes, permettant de simuler intégralement le processus, en particulier les phases tardives de la formation du cratère, ce qui n'avait jamais été fait. La première approche repose intégralement sur un code numérique de physique du choc adapté pour étudier la sensibilité d'un impact à la cohésion de surface et à la présence d'inhomogénéité tels que des rochers solides sur une surface de faible gravité. La deuxième approche est une approche hybride, exploitant un code

de physique du choc pour la première phase de propagation de l'onde de choc dans la surface et un code d'interaction de milieux granulaires, pour la deuxième phase lors de laquelle le cratère finit de se former par déformation lente et granulaire de la surface. Selon le contexte, l'une ou l'autre peut être utilisée, car elles présentent chacune des avantages et des inconvénients. « *En utilisant ces deux approches, le résultat de l'expérience d'impact sur Ryugu est reproduit par simulation numérique de façon remarquable, ce qui offre une validation de ces nouvelles approches à la bonne échelle* », explique Patrick Michel.

Ces simulations montrent la grande efficacité de la formation d'un cratère dans l'environnement exploré de faible résistance mécanique de surface et de gravité. « *Cependant, une toute petite variation de la cohésion de surface à une échelle bien inférieure à l'équivalent de la pression d'une feuille d'arbre sur une main peut tout changer* », s'inquiète Patrick Michel. En effet, les surfaces des corps célestes sont datées en comptant la taille et la fréquence de leurs cratères, et en estimant le temps qu'il a fallu pour les accumuler, ce qui dépend intimement de la relation entre la taille d'un projectile et celle du cratère en résultant. Ces estimations de l'âge peuvent donc être très imprécises, en raison de l'incertitude de la réponse de l'astéroïde à un impact d'un autre corps céleste, compte tenu des propriétés inconnues des matériaux qui influencent la taille finale du cratère. L'utilisation d'une seule relation entre les caractéristiques d'un projectile et la taille du cratère déduite du résultat de l'expérience d'Hayabusa2 indique que les surfaces des petits astéroïdes doivent être très jeunes car les gros cratères peuvent être produits par des projectiles plus petits et plus abondants. Mais les choses ne sont peut-être pas aussi simples. Les nouvelles simulations montrent également que la présence d'une toute petite quantité de cohésion peut avoir un impact significatif sur la formation des cratères. Or, la cohésion n'est probablement pas distribuée de façon parfaitement homogène sur un petit corps. En fait, sur Ryugu, il y a diverses unités géologiques de surface qui ont des âges différents et ces simulations fournissent l'indice qu'elles ont peut-être simplement un niveau de cohésion différent. « *Cette sensibilité à la cohésion que nos simulations révèlent rend complexe l'estimation de l'âge de surface d'un petit corps. Les surfaces de ces petits corps et les processus qu'ils subissent ne cessent de nous défier* », s'enthousiasme Patrick Michel.

Des résultats importants pour DART

Ces travaux sont également importants pour la mission « *Double Asteroid Redirection Test* » (DART) de la NASA, à laquelle les scientifiques participent également. DART et les mesures à venir de son résultat par la mission Hera de l'ESA offrent le premier test complet de déviation d'un astéroïde. Le 26 septembre 2022, l'impacteur DART s'est écrasée sur l'astéroïde Dimorphos afin de le dévier de son orbite. « *Les conclusions des simulations de l'impact sur Ryugu aident également à analyser les résultats de la mission DART* », explique Patrick Michel. « *Nous travaillons à l'application des modèles nouvellement développés à DART afin de mieux comprendre les caractéristiques de Dimorphos qui seront mesurées par la sonde Hera. Nos premières simulations semblent très prometteuses* », ajoute-t-il.

Référence

Jutzi, M., Raducan, S., Zhang, Y., Michel, P., Arakawa, M. 2022. [Constraining surface properties of asteroid \(162173\) Ryugu from numerical simulations of Hayabusa2 mission impact experiment](#). Nature Communications 13, Article number: 7134.

Contact

Patrick Michel, directeur de recherche CNRS, Laboratoire Lagrange (Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS), Nice, France

LES EVENEMENTS

Quelques colloques de 2022



Photo des participants au **workshop consacré la mission spatiale Hera du 30 Mai au 3 Juin 2022** à Nice.



Photo avec Monsieur Estrosi, Maire de Nice, à l'Observatoire de la Côte d'Azur, lors de la soirée de célébration de l'approbation de la mission par l'ESA, pendant laquelle le Maire de Nice a remis la **Médaille d'Or de la ville de Nice** aux responsables de la mission et à deux jeunes chercheuses membres de l'équipe scientifique.



Une partie des participants du **workshop "Microphysics of Cosmic-Ray Observables (MiCRO)"**, organisé en version hybride par Silvio Sergio Cerri dans le cadre de son nouvelle axe de recherche "Cosmic Rays à l'Observatoire de la Côte d'Azur (CROCA)" et financés par le projet BQR OCA "TurboDRAGON". De gauche à droite: G. Morlino, P. Blasi, C. Evoli, S. S. Cerri, D. Gaggero, P. De La Torre Luque, R. Adam. photo réalisée par F. A. Gerosa



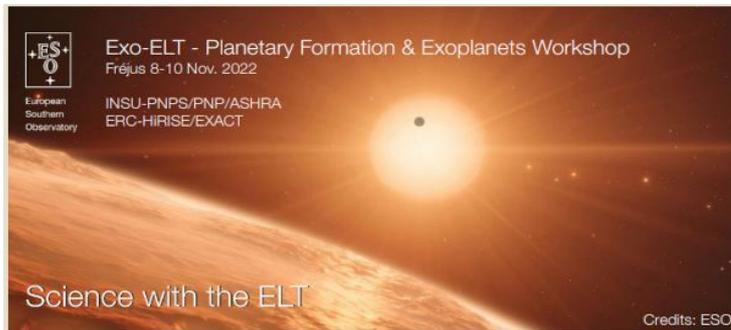
Journée SKA-France 2022 (qui s'est tenue à Paris, organisée par Chiara Ferrari), ainsi qu'une photo de la soirée de signature de l'Accord de collaboration entre CNRS et SKAO (mars 2022) à l'ambassade australienne à Paris et une prise à l'Ambassade français en UK (avril 2022).

L'Observatoire SKA (SKAO) a signé un accord de coopération avec le CNRS. Cet accord, qui formalise l'engagement de la France dans ce grand projet, permet en particulier aux laboratoires et entreprises français de participer dès maintenant à la construction des deux télescopes en Australie et en Afrique du Sud. La signature a eu lieu le 7 mars 2022, lors d'une cérémonie à l'ambassade d'Australie à Paris.



Avec une cérémonie qui a eu le 11 avril 2022 à l'Ambassade française à Londres la France a signé l'accord d'accession à l'Observatoire SKA. Au travers de cette signature, la France va entamer le processus de ratification de la convention de l'Observatoire SKA, dernière étape du processus d'adhésion à l'Organisation Inter Gouvernementale".

Colloque Exo-ELT (atelier thématique concernant l'étude de la "Formation Planétaire et des Exoplanètes avec l'ELT) organisé par Gael Chauvin
<https://elt-exoplanets.sciencesconf.org/>



IR Astronomy in Antarctica Workshop – IRAAW 2022, organisé par T. Guillot.



Prix et distinctions

Palmes académiques : Mme **Jocelyne Bettini** a été promue au grade de chevalier des Palmes académiques lors de la promotion 2022.



PRIX BERKELEY :

La mission Gaia de l'Agence Spatiale Européenne est un grand relevé du ciel de très haute précision. Les catalogues de données Gaia sont produits par le Consortium de traitement et d'analyse des données (DPAC), une collaboration qui regroupe des centaines de scientifiques et d'ingénieurs du monde entier. L'équipe Gaia de l'OCA (photo), dans le cadre du DPAC, est responsable de certains aspects essentiels du traitement de données, en particulier pour la classification et les propriétés physiques des étoiles, l'étude de l'évolution de notre Galaxie, l'observation des objets du Système Solaire et des objets étendus (galaxies, quasars), et les systèmes de référence.



Les membres du DPAC ([Gaia collaboration](#)) ont reçu le prestigieux prix [Lancelot M. Berkeley – New York Community Trust Prize for Meritorious Work in Astronomy](#) (AAS) pour l'année 2023.

La troisième publication des données de Gaia, qui a été mise à disposition le 13 juin 2022, a été accompagnée près de 50 articles scientifiques rédigés par le consortium Gaia, avec une forte participation de l'équipe Gaia de l'OCA. Représentant l'impact de la mission sur la science de l'astronomie, cet immense corpus de travaux inclut les articles les plus cités dans toute l'astronomie au cours de l'année écoulée.

« Gaia restera à jamais une réalisation marquante dans l'histoire de l'exploration cosmique de l'humanité », ont déclaré les vice-présidents de l'AAS dans un communiqué.

Full details in the announcement here: <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/news/2022-11-09-gaia-collaboration-to-receive-2023-berkeley-prize>

Médailles prix d'excellence 2022 de Université Côte d'Azur



Eloisa POGGIO, lauréate Marie Skłodowska-Curie European Fellowship

Thèmes de recherche :

Grâce à la mission Gaia de l'Agence Spatiale Européenne, des portions inexplorées de notre Galaxie ont récemment été cartographiées, ouvrant une nouvelle ère de l'Astronomie Galactique. En profitant d'une richesse des données sans précédent, Eloisa Poggio examinera les différents mécanismes évolutifs dans le disque Galactique, comme l'influence des bras spiraux ou de la barre, ou les interactions avec les galaxies satellites, grâce à l'étude des inhomogénéités observées dans la densité stellaire, la cinématique et la composition chimique des étoiles. Les résultats du projet ont le potentiel de représenter une contribution importante pour notre compréhension de la Galaxie et sa place dans l'Univers.



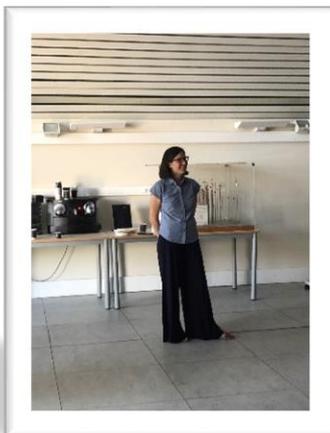
Aziz ZIAD, Professeur Université Côte d'Azur, Responsable du projet ANAtOLIA

Thèmes de recherche :

L'agence spatiale européenne ESA a confié à un consortium européen dirigé et mis en place par Aziz ZIAD, le projet ANAtOLIA doté d'un budget de 2M€ suite à un appel d'offres. Le consortium ANAtOLIA comprend des instituts de recherche, des industriels comme Airbus et Thales, et des entreprises nationales et européennes. L'objectif de ce projet est d'étudier la disponibilité des stations au sol pour les télécommunications optiques vers et depuis des satellites. Les télécommunications optiques représentent un défi et dont la réussite révolutionnera les communications via satellites qui arrivent à saturation pour ce qui de la technologie actuelle à base de radio-fréquences. Ce projet consiste en une phase étude et spécification avant le développement d'instruments qui serviront à mesurer les conditions atmosphériques pendant deux ans sur différents sites à travers le monde. Au-delà de l'étude de disponibilité des sites, les statistiques accumulées des paramètres de la turbulence serviront à spécifier et dimensionner les systèmes d'Optique Adaptative des futures stations de télécommunications optiques qui viendront équiper les sites définitivement sélectionnés. La part du budget qui revient au laboratoire Lagrange d'Université Côte d'Azur dans ce projet est de 1,2M€ comprenant les études préparatoires, le développement des instruments de turbulence, les campagnes de mesures pendant 2 ans sur les sites sélectionnés et finalement le traitement et l'analyse des données.

HDR soutenue en 2022

Mamadou N'Diaye, 18 mars 2022
 « Instrumentation sol et espace pour la spectro-imagerie des exoplanètes. »



Héloïse Méheut, le 25 mai 2022 « **Dynamique des disques protoplanétaires : de la simulation numérique à l'interprétation des observations** »

Thèses de Doctorat soutenues en 2022



NOM	PRÉNOM	Sujet de thèse
GRANIER	Camille	Etude des structures cohérentes et de la reconnexion magnétique dans les plasmas non-collisionnels
MAHKLE	Max	An innovative multi-wavelength spectral characterization tool for planetary sciences
MAIMONE	Maria Chiara	Modélisation 3D, ab initio et simultanée de l'atmosphère des exo-planètes et de leurs étoiles hôtes
MULLER	Nicolas	Etude sur la dynamique de particules dans les expériences superfluides
PANNETIER	Cyril	Développement de l'instrument CHARA/SPICA. VIS et optimisation d'un interféromètre stellaire à N bras
PERDIGON	Jérémy	Méthodes approchées pour le transfert de rayonnement dans les milieux circumstellaires
POURCELOT	Raphaël	Correction active des aberrations de bas ordre pour l'observation d'exo-Terres avec les futurs grands observatoires
RAFALIMANANA	Alohotsy	Prédiction de la turbulence atmosphérique pour l'optimisation des liens optiques en télémétrie par laser et en télécommunications en espace libre.



Séminaires Lagrange 2022

Organisés par Silvio Cerri



2022-12-13	Felipe Gran	Laboratoire Lagrange
2022-11-29	Francisco Nogueras Lara	Max Planck Institute for Astronomy
2022-11-22	Gianluca Castignani	University of Bologna
2022-11-08	Alex Y. Wagner	University of Tsukuba
2022-10-25	Amael Ellien	Anton Pannekoek Instituut
2022-10-04	Florent Renaud	Lund Observatory
2022-09-27	Shigeru Ida	Tokyo Institute of Technology
2022-09-20	Guillaume Mahler	Durham University
2022-09-13	Tony Travoignon	The Australian National University
2022-07-05	Eli Galanti	Weizmann Institute
2022-06-28	Silvio S. Cerri	Laboratoire Lagrange
2022-06-21	Yoann Altmann	Heriot-Watt University
2022-06-14	Annalisa De Cia	University of Geneva
2022-05-31	Charles Bouveyron	Université Côte d'Azur
2022-05-24	Peter Allmer	Universität Wien
2022-05-17	Rony Keppens	KU Leuven
2022-05-10	Marco Delbo	Laboratoire Lagrange
2022-05-03	Sascha Quanz	ETH Zurich
2022-04-26	Matthew W. Kunz	Princeton University
2022-03-29	Yaël Nazé	Université de Liège
2022-03-22	Vivien Parmentier	University of Oxford
2022-03-15	Damien Gratadour	Observatoire de Paris
2022-03-08	Chrysa Avdellidou	Laboratoire Lagrange
2022-03-01	Nicolas Cuello	Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble
2022-02-01	Tristan Guillot	Laboratoire Lagrange
2022-01-25	Fabian Menezes	Laboratoire Lagrange
2022-01-11	Emanuele Spitoni	Laboratoire Lagrange

Le MASTER MAUCA 2022-2023

Le parcours Master track in Astrophysics at Université Côte d'Azur (MAUCA) poursuit son bonhomme de chemin, comme vous pouvez le constater en croisant depuis septembre nos onze étudiant-e-s de M2 en METEOR dans les labos. Merci encore aux encadrants qui leur dispensent des cours et leur donnent des projets de contribuer à leur formation dans cette formule toujours aussi originale et appréciée des étudiants. Début 2023, les M2 partiront comme d'habitude en METEOR à l'étranger, avec le soutien financier de l'OCA et son Unité d'Appui à la Formation, que nous remercions encore pour cela.

Quant aux M2 de l'année dernière, 6 ont été diplômés de MAUCA, 4 ont démarré une thèse, dont 3 à Lagrange (Isaure Gonzalez-Rivera, Kate Minker et Benjamin Buralli), et les deux autres sont en bonne voie de trouver une thèse qui leur convient (contacts bien établis, financement en cours d'obtention). On espère que les M2 actuels auront autant de chance...

La nouvelle promotion a démarré son M1 fin août et ne comporte que 7 étudiants malgré les plus de 60 candidatures reçues, car plusieurs personnes que nous avons choisies avaient dû dire oui à d'autres masters avant. Nous allons essayer de faire notre sélection plus tôt l'an prochain. D'autre part, le nombre de candidatures de pays étrangers reste faible et nous souhaitons donc faire une campagne de communication à ce sujet. N'hésitez pas à faire la pub de MAUCA auprès de vos collègues enseignants-chercheurs à l'étranger en leur signalant que notre formation est en anglais.

Enfin, nous vous avons présenté une évolution de maquette lors de l'AG de l'OCA fin septembre. Nous sommes au regret de vous informer qu'elle ne pourra être implémentée qu'à la rentrée 2024 pour des raisons administratives. Cela vous laisse plus de temps pour réagir et nous faire part de vos suggestions !

Aurélien Crida (resp. parcours), Benoit Carry (resp. M1) et Marcel Carbillet (resp. M2).

<https://mauca.oca.eu/fr/choosing-mauca>

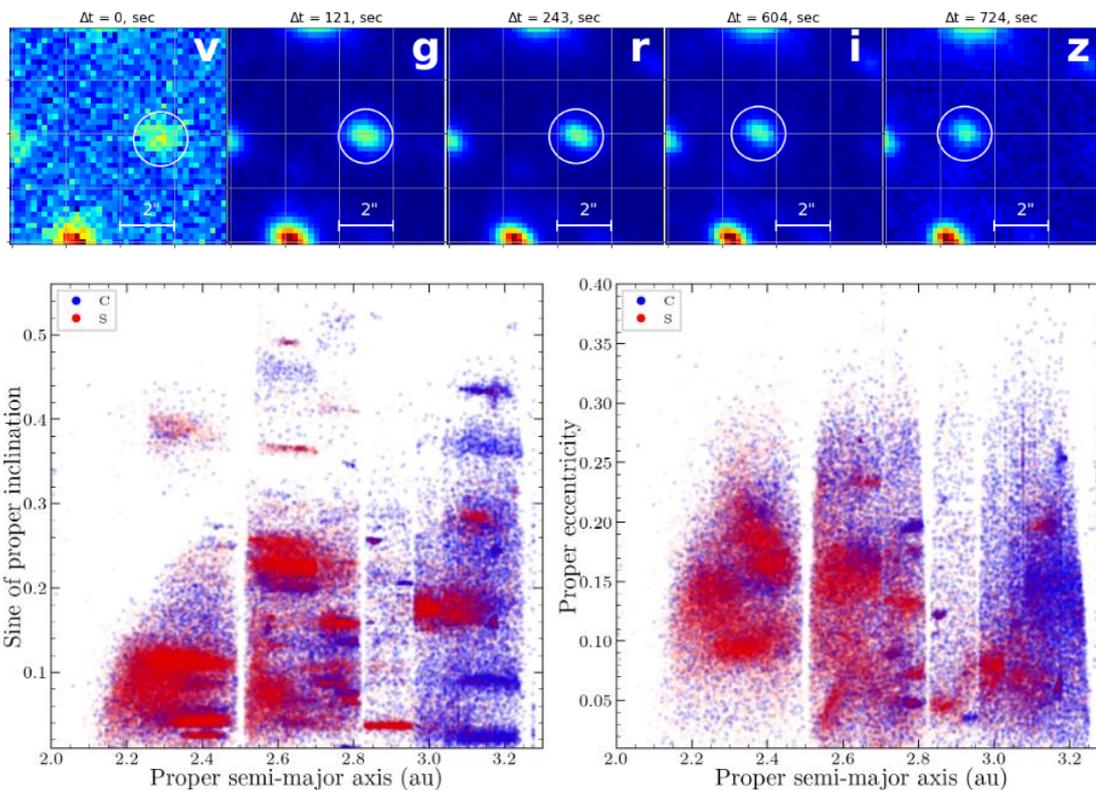


Accueil prolongé de Alexey Sergeev

Alexey Sergeev en post-doc à Lagrange depuis Mai 2020 a fini son contrat de post-doc de deux ans (via le H2020 NEOROCKS) le 30 Avril 2022. Alexey devait alors retourner à l'observatoire de Kharkiv, en Ukraine.

Au vu de la guerre faisant actuellement rage dans son pays, nous avons dès le début de l'invasion cherché un support pour Alexey, afin de le soutenir lui et sa famille. Une demande a été très vite déposée au programme PAUSE du collège de France, et l'Observatoire de la Côte d'Azur a financé un CDD de trois mois pour Alexey, en l'attente du programme PAUSE. Merci l'OCA!

Depuis août et jusqu'à Février 2023, Alexey a maintenant un soutien du programme PAUSE et de l'ANR, lui permettant de continuer ses recherches en tant que post-doctorant, en espérant que la situation s'améliore en Ukraine. Nous tenons à remercier la direction de Lagrange, de l'Observatoire, et les équipes administratives, qui ont toujours montré un fort soutien à Alexey et l'ont aidé dans ses démarches.



Haut: Exemples d'images du SkyMapper montrant le mouvement apparent d'un astéroïde. Alexey a extrait des centaines de milliers d'observations d'astéroïde du relevé.

Bas: A partir des mesures sur les images, les couleurs sont utilisées pour déterminer la classe compositionnelle des corps (ici juste deux: C et S), et étudier leur distribution dans le système solaire

Les nouveaux contrats

Voici quelques-uns des nouveaux contrats obtenus en réponse aux appels d'offre 2022 :



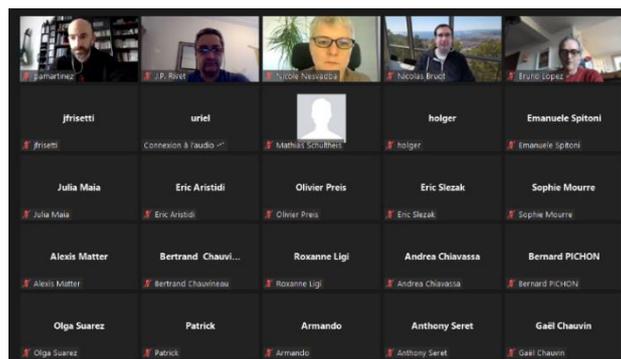
3 nouvelles ANR obtenues en 2022:

Acronyme	Projet	Responsable	Du rée	Partenaire(s)
ANR - PRC TOSCA	Lentilles gravitationnelles faibles pour la cosmologie optimisation de la synergie entre EUCLID et SKA	André FERRARI	54	CEA, Saclay, ENSI Caen, UNIGE
ANR PRC GaiaMoons	Unvelling a population of Asteroid Satellites	Paolo TANGA	48	Obs de Paris, U. Poznan
ANRPRCE SITcomOptics	Surveillance du sous-sol des réseaux de transports par mesure sismique passive sur fibre optique telecom	Cédric Richard	48	BRGM, UGA, I. Mines Telecom, SNCF Reseau

Ainsi que

- Proposal MRSEI "**Astronomy and Astrophysics Arising Across Africa**" (5A), Mamadou N'Diaye et Eric Lagadec, acceptée par ANR dans le cadre de l'appel à projets "Montage de Réseaux Scientifiques Européens ou Internationaux". Durée 24 mois.
- **Marie Skłodowska-Curie European Fellowship, EMMY** — HORIZON-MSCA-2021-PF-01, Eloisa POGGIO, Durée 24 mois

Les moments de convivialités et autres rendez-vous



L'AG de Janvier 2022



Journée Lagrange, Avril 2022



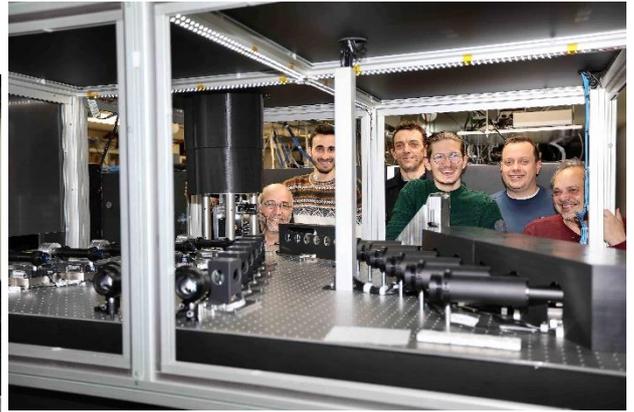
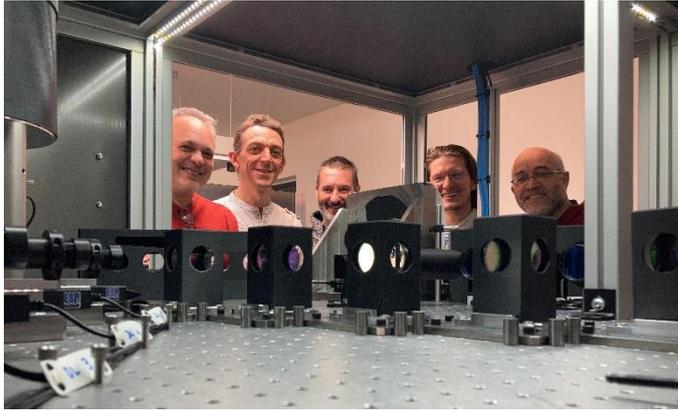
Réunion des nouveaux entrants, Novembre 2022



La visite du comité HCERES, Décembre 2022



Intégration de SPICA à CHARA en février/mars 2022.



L'arrivée de Gravity +

Les honneurs des médias

Ils font briller la recherche

nice-matin
Dimanche 11 décembre 2022

Eloisa Poggio, la Voie lactée pour terrain de jeu

Cette chercheuse de l'Observatoire de la Côte d'Azur s'appuie sur les données du satellite européen Gaia pour étudier la composition chimique des étoiles de notre galaxie.

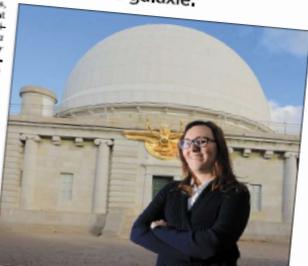
À 32 ans, Eloisa Poggio mène la vie dont elle rêvait lorsqu'elle était enfant, dans son Patrimoine natal. Sur l'Observatoire de la Côte d'Azur marquant les veilles au coin du feu qui est « l'ai toujours été attiré par la science en général et l'astronomie en particulier », confie-t-elle.

En 2014, elle décroche un master d'astrophysique à l'université de Turin... Et un prix de piano au Trinity College de l'André. Eloisa Poggio aime écouter de la musique classique et jouer au volleyball. Elle a aussi consacré sur son

temps libre pour une association caritative. Mère de deux enfants de 5 et 1 an, cette scientifique italienne est avant tout une chercheuse reconnue. C'est ainsi qu'elle a obtenu une bourse d'étude pour financer ses travaux qu'elle mène depuis deux ans à l'Observatoire.

Déterminer « l'ADN chimique » des étoiles
Son terrain d'observation, c'est la Voie lactée. « Notre terrain de jeu est la Voie lactée », précise-t-elle. En utilisant les données du satellite Gaia, qui a déjà permis de cartogra-

phier près de dix milliards d'étoiles, Eloisa Poggio et son équipe travaillent à en déterminer la composition chimique. L'ADN, en quelque sorte. « Cela nous renseigne pas seulement sur la composition chimique des étoiles, mais aussi sur les mécanismes physiques à l'œuvre lors de la formation de la Voie lactée et au cours de son évolution... ainsi que sur les interactions avec des galaxies satellites. » Cette recherche permet de mieux comprendre la formation de notre galaxie et de sa place dans l'univers tout entier. « C'est bien ce qui la motive depuis toujours. Depuis son enfance de « l'ai toujours ressenti le profond besoin de comprendre comment notre univers fonctionne », explique-t-elle.



« J'ai le profond besoin de comprendre comment notre univers fonctionne », confie Eloisa Poggio. (Photo F. C.)

Bio express

35 juin 1990 : naissance dans le Piémont.
2014 : master d'astrophysique à l'université de Turin.

2020 : chercheuse à l'Observatoire de la Côte d'Azur.
2022 : bourse européenne du fonds Marie Skłodowska-Curie.



Eric Lagarde astrophysicien à l'Observatoire Nice Côte d'Azur © Radio France - Maxime Bacqué



Laboratoire J.-L. LAGRANGE
Boulevard de l'Observatoire
CS 34229
06304 NICE Cedex 4

Edité en Janvier 2023.