

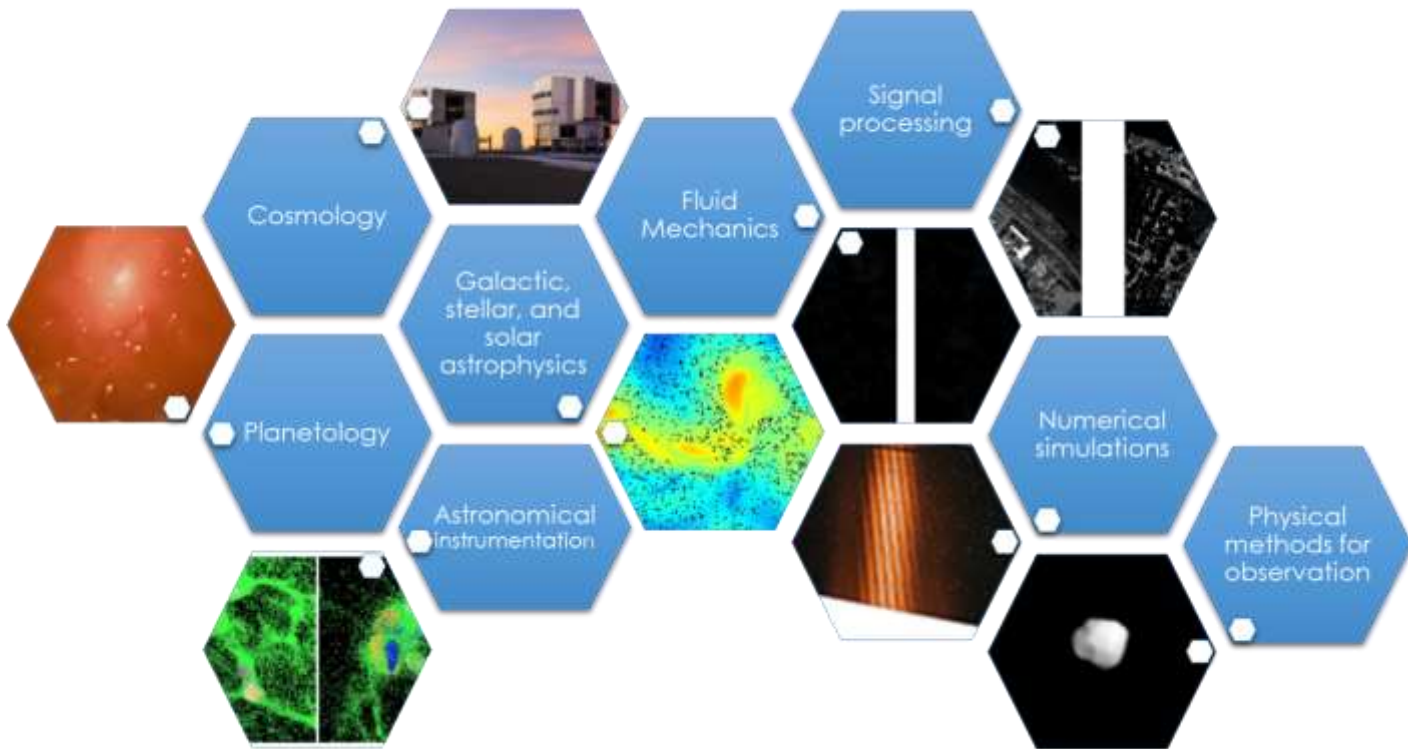


LABORATOIRE J.-L. LAGRANGE

UMR 7293

2019

Rétrospective 2019



www: <http://lagrange.oca.eu>

Table des matières

Préface	3
Les grands chiffres (2019)	4
Les temps forts scientifiques de l'année.....	5
JANVIER.....	5
Deux chercheurs en Antarctique pour préparer l'observation d'exoplanètes.....	5
FEVRIER	6
Une partie de l'histoire du Système Solaire dans 100 milligrammes d'astéroïde	6
Première carte du ciel du radiotélescope LOFAR	7
MARS	11
Le Grand Nuage de Magellan est à 1,53 milliard de milliards de kilomètres	11
AVRIL	14
Hayabusa2 & OSIRIS REx, à la découverte de nouveaux mondes !	14
Les découvertes d'astéroïdes par le satellite Gaia.....	16
MAI	17
Prix Olivier Chesneau 2019	17
SF2A.....	18
JUIN.....	20
Une "aurore cosmique" éclaire la connexion entre deux amas de galaxies.....	20
8 millions de dollars pour étudier la turbulence d'ondes	23
JUILLET	24
Voie Lactée : une fusion vieille de dix milliards d'années.....	24
AOUT	26
Des images de Ryugu montrent des roches similaires aux météorites à chondrite carbonée.....	26
Le jeu de cache-cache des astéroïdes riches en fer.....	27
Une deuxième planète dans le système Beta Pictoris	29
SEPTEMBRE	31
Pas si jeunes, les anneaux de Saturne.....	31
OCTOBRE	33
L'instrument SPHERE révèle ce qui pourrait être la plus petite planète naine du système solaire	33
NOVEMBRE.....	35
La mission HERA financée !	35
NOVEMBRE.....	37
Des nouvelles de MATISSE	37
DECEMBRE	38

Revue du projet NICEcube	38
Les évènements	39
Prix et distinctions	39
Thèses de Doctorat soutenues en 2019.....	41
Thèses d'Habilitation à Diriger des Recherches en 2019	41
Deuxième promotion du MASTER MAUCA en 2019	42
Séminaires Lagrange 2019.....	43
Les colloques	45
Les nouveaux contrats	46
Les temps forts institutionnels.....	47
Autres moments.....	50

Comité de publication : Philippe Stee (D.U.), Sophie Rousset (R.A.), chef(e)s d'équipe : Yannick Ponty, Mathias Schultheis, Nicolas Nardetto, Patrick Michel, Cédric Richard, Marcel Carbillet, Carole Gouvret.

Sources externes : Hebdo de l'OCA, Une du CNRS. Avec nos remerciements ainsi qu'à tous les auteurs d'articles et contributeurs.

Préface

Nous terminons l'année 2019 sur un bilan extrêmement positif encore plus exceptionnel que l'année dernière, même si la barre avait été placée très haute en 2018. Outre le cortège de découvertes et de résultats spectaculaires dont nous avons extrait quelques exemples que vous pourrez retrouver au fil des pages de cette rétrospective, nous terminons cette année sur un feu d'artifice de bonnes nouvelles: sélection de la mission HERA de déviation d'un astéroïde (Didymos) et sa caractérisation en collaboration avec la NASA (projet DART), mission qui vient en appui du programme H2020 NEO-MAPP que nous avons également obtenu en collaboration avec 15 partenaires académiques et 2 industriels à hauteur de 4 millions d'euros, une médaille d'argent du CNRS attribuée à Alessandro Morbidelli, un Prix CNES Astrophysique et Sciences Spatiales de l'Académie des Sciences attribué à François Mignard, le recrutement au CNRS d'Astrid Lamberts, l'arrivée de Nicole Nesvadba en provenance de l'IAS et enfin pas moins de 12 promotions d'agents du Laboratoire. Ce succès on le doit essentiellement à vous, chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens, administratifs, doctorants et post-doctorants qui chaque jour participez, de façon directe ou indirecte, à l'avancée de nos connaissances dans le domaine des sciences de l'Univers. Nous le devons également à nos tutelles (OCA-CNRS-UNS) qui soutiennent nos projets aussi bien financièrement que par les personnels mis à disposition. L'Université Côte d'Azur (UCA) qui remplacera l'UNS au 1er Janvier 2020 a également largement soutenu les projets ambitieux que nous avons proposés et vient de terminer l'année en nous attribuant le "coup de coeur de la soirée des médaillés 2019" accompagné de la somme de 30000€ pour le Laboratoire. Sachez également que nos gestionnaires suivent actuellement 9 ANR, 5 projets européens et que nous avons accueilli en 2019 jusqu'à 43 doctorants ! Le travail de notre responsable administrative, Sophie Rousset, a d'ailleurs été reconnu puisqu'elle vient d'être promue Chevalier dans l'ordre des Palmes Académiques 2019.

Alors, ferons-nous encore mieux en 2020 ? Seul l'avenir nous le dira mais en attendant, je vous souhaite une excellente année 2020 remplie de succès professionnels et personnels !

Philippe Stee, directeur du laboratoire Lagrange



Les grands chiffres (2019)



9 ANR en cours



5 Projets Européens



Jusqu'à 43 doctorants



5 SNO :

Le laboratoire Lagrange effectue différents services d'observations labellisés au sein du Conseil National des Astronomes et Physiciens (CNAP). Ces services et leur description sont listés sur le site de l'Observatoire de la Côte d'Azur :



169 personnes



11 Colloques organisés



Missions :

1500, c'est le nombre d'emails reçus en 2019 par la cellule de veille 'mission_admin' qui est en copie de toutes les demandes d'OM (et les réponses de prise en charge).

942, c'est le nombre de missions pris en charge par l'équipe administrative.

...dont 130 pour des personnels invités.

- ANO2 : Instrumentation des grands observatoires au sol et spatiaux ;
- ANO3 : Stations d'observation nationales et internationales ;
- ANO4 : Grands relevés et sondages profonds ;
- ANO5 : Centre de traitement et d'archivage des données
- ANO6 : surveillance solaire, relations Soleil-Terre, environnement terrestre



117 Articles répertoriés

dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture



35 stagiaires



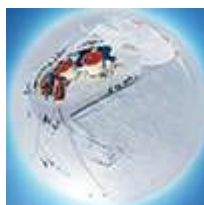
Les rendez-vous du labo : 1 journée du laboratoire, 4 conseils de laboratoire, 6 bureaux de direction, 1 AG Galette, 5 cafés du D.U.

Les temps forts scientifiques de l'année

JANVIER

Deux chercheurs en Antarctique pour préparer l'observation d'exoplanètes

Publication : 14 janvier 2019



Djamel Mékarnia, chercheur CNRS, et Karim Agabi, ingénieur de recherche Université de Nice Sophia Antipolis, du laboratoire Lagrange (CNRS-UNS-OCA) ont débarqué en Antarctique le 22 novembre dernier pour un séjour de plus de deux mois dans la base Concordia. Elle se situe sur le Dome-C, un très vaste dôme de glace culminant à 3233 mètres et se trouve à une distance de 1 100 km de la base côtière française Dumont d'Urville. Mais pourquoi des scientifiques partent passer les Fêtes de fin d'année dans un milieu aussi hostile ?



Djamel Mékarnia et Karim Agabi ont pour mission de préparer le télescope ASTEP pour qu'il soit opérationnel lors de la saison d'hiver austral 2019. En effet, cet instrument, après avoir principalement observé l'étoile Beta Pictoris durant deux années, se consacre maintenant à valider l'existence d'exoplanètes découvertes par la mission TESS et à assurer le suivi d'autres exoplanètes découvertes à partir du sol. Ce projet en collaboration avec les Universités de Grenoble, de Liège (Belgique) et de Birmingham (Royaume-Uni) est soutenu par l'Université Cote d'Azur et l'IPEV (Institut polaire

français). Pourquoi aller si loin ? Parce qu'observer depuis l'Antarctique permet aux astronomes de suivre les étoiles en continu et donc de détecter des « transits » d'exoplanètes beaucoup plus efficacement qu'aux latitudes habituelles. Un « transit » est le moment où la planète passe devant son étoile et fait diminuer sa brillance, ce qui, combiné à d'autres types d'observations, permet de la détecter et d'en déduire de précieuses informations : sa taille, la dynamique et la composition de son atmosphère, sa densité et donc des indications sur sa nature (planète gazeuse, de glace ou rocheuse...). Par ailleurs, le laboratoire Lagrange (CNRS-UNS-OCA) est très actif au Dôme C à l'image du nouveau projet « d'Optique adaptative » porté par Lyu Abe, astronome adjoint, qui devrait démarrer dès l'an prochain sur la base Concordia.

Contacts scientifiques

Tristan Gillot - tristan.guillot@oca.eu

Lyu Abe - lyu.abe@oca.eu

François-Xavier Schmider - schmider@oca.eu

FEVRIER

Une partie de l'histoire du Système Solaire dans 100 milligrammes d'astéroïde

Publication : 21 février 2019



Succès total de l'opération de *touch down and sampling* d'Hayabusa 2, vendredi 22 février 2019 à 7:54 du matin (JSP). C'est à 300 millions de km de notre Terre qu'a eu lieu une opération à très haut risque: l'atterrissage de la sonde japonaise Hayabusa 2 sur l'astéroïde Ryugu avec pour objectif une première récolte d'échantillon de cet objet céleste. Quelques secondes ont suffi à la sonde pour réaliser cette opération extrêmement délicate avant de revenir sur sa position parking à 20 km de l'astéroïde, une nouvelle opération de récolte d'échantillon étant prévue pour le printemps 2019. Grâce à ces infimes quantités de matière d'astéroïde, de l'ordre de 100 milligrammes, qui reviendront sur Terre fin 2020, les scientifiques devraient notamment pouvoir déterminer la composition et retracer l'histoire de ce petit corps, intimement liée à celle de notre Système Solaire et notamment au stade de la formation des planètes et de l'émergence de la Vie sur Terre.

Patrick Michel, directeur de Recherche CNRS au laboratoire Lagrange (OCA -CNRS - UNS) était au cœur de l'action au centre des opérations de Sagami-hara au Japon. Membre de l'équipe responsable du mécanisme de récolte d'échantillon, il commentait les dernières étapes de la descente de la sonde Hayabusa 2 vers sa cible Ryugu à la télévision Japonaise.

Les prouesses de ces derniers mois ont fait de cette mission un véritable succès, une quantité extraordinaires de données et de connaissances ont déjà été produites. Notamment grâce à l'atterrisseur franco-allemand MASCOT, déployé avec succès par la sonde Hayabusa 2 sur l'astéroïde Ryugu début octobre 2018. L'Observatoire de la Côte d'Azur est scientifiquement impliqué dans cette aventure complexe et risquée.



Première carte du ciel du radiotélescope LOFAR

Publication : 20 février 2019

Grâce au radiotélescope Low Frequency Array (LOFAR), une équipe internationale impliquant des astronomes de l'Observatoire de Paris - PSL, du CNRS de la Station de radioastronomie à Nançay, de l'Université d'Orléans et de Strasbourg et de l'**Observatoire de la Côte d'Azur** publie le premier volet d'une immense carte du ciel de l'Univers distant. Elle révèle des centaines de milliers de galaxies jusqu'ici inconnues et apporte un éclairage nouveau sur des domaines de recherche tels que la physique des trous noirs et l'évolution des amas de galaxies. Un ensemble de 26 articles consacrés à ces premiers résultats paraissent le 19 février 2019 dans un numéro spécial de la revue *Astronomy & Astrophysics*.



Le radiotélescope LOFAR

Les radiotélescopes observent de la lumière de très basse énergie, invisible à l'œil humain et à tout télescope optique. LOFAR est l'un des plus grands radiotélescopes du monde. Il a la particularité d'opérer à très basses fréquences (entre 10 et 250 mégahertz) dans un domaine d'énergie essentiellement inexploré.

Il consiste en un réseau de cent mille antennes réparties en Europe, et est exploité par ASTRON aux Pays-Bas.



LOFAR est un réseau européen de 100 000 antennes réparties en Europe dans 50 stations d'observation connectées entre elles par le réseau haut débit. Il est exploité par ASTRON aux Pays-Bas. ©ASTRON

La partie française du réseau est implantée à Nançay, dans le Cher, au sein de la station de radioastronomie de l'Observatoire de Paris (Observatoire de Paris - PSL / CNRS / Université d'Orléans).



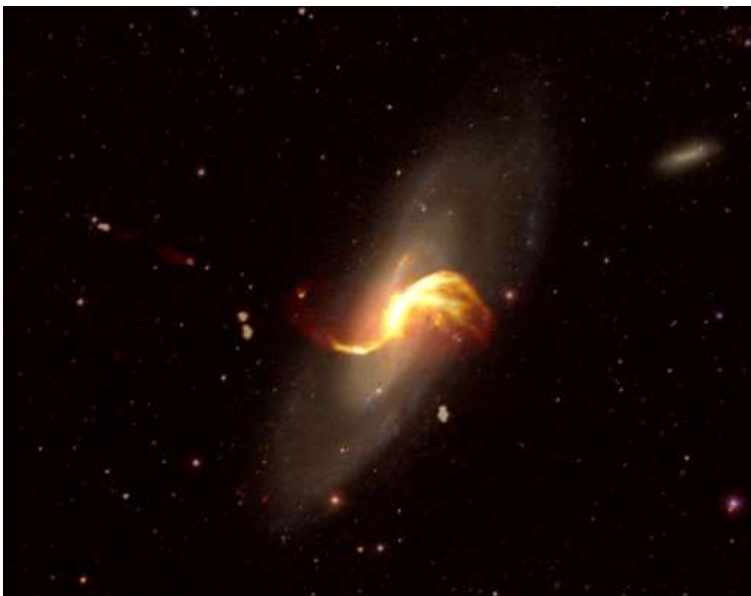
La partie française de LOFAR est implantée à Nançay, dans le Cher, au sein de la station de radioastronomie de l'Observatoire de Paris. © Observatoire de Paris – PSL / USN

LOFAR génère des quantités de données faramineuses. Faire une image en utilisant ce réseau d'antennes consiste à inverser un immense système composé de milliards d'équations. L'Observatoire de Paris a joué un rôle déterminant pour rendre possible l'exploitation des données de LOFAR.

Relevé LoTSS

Dans cette première carte du ciel radio délivrée par LOFAR (baptisée "relevé LoTSS"), seulement 2,5% de l'hémisphère nord sont rendus publics. Cette portion contient déjà plus de trois cent mille objets astrophysiques détectés : 90% d'entre eux étaient jusqu'ici inconnus.

Ces sources de rayonnement radio sont si distantes que leur lumière a voyagé des milliards d'années avant d'atteindre les antennes de LOFAR.



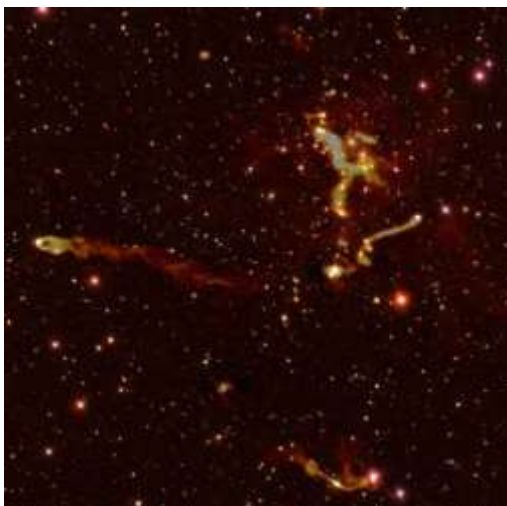
La galaxie spirale M106 vue ici dans une image optique (issue du "Sloan Digital Sky Survey") superposée avec les émissions radio LOFAR (en jaune orangé). Les structures radio brillantes au centre de la galaxie ne sont pas de véritables bras spiraux, mais seraient le résultat de l'activité du trou noir supermassif central de la galaxie. © Cyril Tasse, Observatoire de Paris - PSL et l'équipe survey LOFAR

Le rayonnement radio de basse énergie est émis par des particules chargées ultra-énergétiques qui sont freinées par la présence de champs magnétiques. En conséquence, une très grande majorité de cette lumière est émise par des processus énergétiques et parfois violents.

Trous noirs supermassifs

La question de l'origine des trous noirs supermassifs, présents au cœur de chaque galaxie, et dont la masse peut atteindre des milliards de masses solaires, reste une énigme. Quand la matière est aspirée par un trou noir supermassif, des jets de particules chargées et très énergétiques se forment et perturbent le milieu environnant la galaxie. Des ondes radio sont alors émises. L'observation radio de ces objets permet in fine d'étudier les processus de croissance des trous noirs supermassifs, et leur rôle dans la formation des galaxies.

Galaxie abritant un noyau actif en son centre. LOFAR permet d'étudier comment les trous noir injectent de grandes quantités d'énergie dans le milieu extragalactique. Ici, image d'une galaxie dont le trou noir central est actif et qui, dans son déplacement, laisse ses jets derrière elle, à la manière d'une étoile filante (on parle alors d'une radiogalaxie de type "tête-queue"). © Cyril Tasse, Observatoire de Paris - PSL et l'équipe survey LOFAR



LOFAR dévoile par exemple que les trous noirs supermassifs associés aux galaxies les plus massives sont toujours actifs, et que de la matière tombe sans cesse en leur intérieur depuis des milliards d'années. Ces images produites par LOFAR permettent également d'étudier comment les trous-noirs bouleversent périodiquement la dynamique du milieu intergalactique.



Image LOFAR d'une galaxie radio superposée sur une image optique du ciel (issue du "Sloan Digital Sky Survey"). Lorsque de la matière chute dans le trou noir supermassif présent au centre de la galaxie, des particules sont accélérées à des vitesses proches de celle de la lumière pour former des jets émetteurs d'ondes radio.

© Cyril Tasse, Observatoire de Paris - PSL et l'équipe survey LOFAR

Amas de galaxies

Nous savons depuis quelques années que les ondes de choc créées par les gigantesques mouvements du gaz du milieu intergalactique peuvent accélérer des particules jusqu'aux très hautes énergies nécessaire à l'émission d'ondes radio. En particulier, les amas de galaxies (qui contiennent des centaines ou des milliers de galaxies) en entrant en collision, génèrent des émissions radio qui peuvent s'étendre sur des millions d'années-lumière. Ces émissions sont observées en abondance avec LOFAR, et constituent un moyen unique d'étude de la dynamique de la structure à grande échelle de l'Univers.

Un amas de galaxies vu par LOFAR. *Cette image est extrêmement complexe à interpréter et montre toute la puissance de LOFAR. Des émissions diffuses sont associées aux immenses mouvements de la structure à grande échelle, alors que les jets des noyaux actifs de galaxies perturbent leurs environnements. On peut également voir sur la gauche une galaxie active de type "tête-queue" qui est possiblement éjecté de l'amas.*
© Cyril Tasse, Observatoire de Paris - PSL et l'équipe survey LOFAR

Prochaines étapes

LOFAR ouvre une nouvelle fenêtre observationnelle sur l'Univers lointain.

Les travaux des 26 articles publiés dans le numéro spécial de la revue *Astronomy & Astrophysics* portent sur seulement les deux premiers pourcents de la carte du ciel. Outre les découvertes scientifiques inédites extraites de ces premières données, la nouveauté consiste en la richesse de ces images. Elles contiennent de nouveaux objets astrophysiques dont la nature reste pour l'heure difficile à comprendre.

De multiples découvertes scientifiques sont attendues. L'équipe a pour objectif de créer des images sensibles et à haute résolution de l'ensemble du ciel de l'hémisphère nord, qui révéleront au total 15 millions de sources radio.

Quelques années seront nécessaires pour exploiter pleinement les 48 pétaoctets de données au total, soit l'équivalent d'une pile de DVD d'une hauteur de presque 40 tours Eiffel.

L'image finale devrait être obtenue à l'horizon 2024. Ce domaine d'énergie étant essentiellement inexploré, l'impact scientifique de ce grand relevé reste difficile à mesurer.

Collaborations

Au sein du projet international LOFAR, de nombreux laboratoires et instituts français sont impliqués dont l'Observatoire de Paris et la Station de radioastronomie à Nançay, l'Université d'Orléans, l'Université Côte d'Azur, l'Université de Strasbourg et le CNRS-INSU.

Ces résultats donnent un avant-goût du projet international de radioastronomie basse fréquence Square Kilometer Array (SKA) fortement soutenu par les astronomes français. La construction de SKA dans l'hémisphère Sud doit démarrer en 2020. Les astronomes français en ont construit un éclaircur sur la station de radioastronomie de Nançay, NenuFAR (New Extension in Nançay Upgrading LOFAR), qui avec LOFAR prépare la communauté astronomique française à l'exploitation de SKA.

MARS

Le Grand Nuage de Magellan est à 1,53 milliard de milliards de kilomètres

Publication : 14 mars 2019



L'étude des binaires à éclipses situées dans le Grand Nuage de Magellan (appelé LMC par les astrophysiciens, pour Large Magellanic Cloud), la plus proche galaxie satellite de la Voie Lactée, a récemment permis aux chercheurs du projet international Araucaria de déterminer sa distance avec une précision inégalée et symbolique de 1.0%. Ce résultat remarquable publié dans la revue Nature le 14 mars 2019, auquel ont participé l'Observatoire de la Côte d'Azur et de Paris, renforce le premier niveau de l'échafaudage qui mène à la détermination de la constante de

Hubble, une quantité fondamentale en cosmologie, qui caractérise le taux d'expansion de l'univers.

La méthode classique pour déterminer la constante de Hubble consiste tout d'abord à mesurer la distance au LMC et d'utiliser cette distance pour étalonner la relation entre la période des Céphéides et leur luminosité. Les Céphéides sont des étoiles pulsantes particulièrement brillantes découvertes par Henrietta Leavitt en 1908. La relation période-luminosité, appliquée aux Céphéides détectées dans les galaxies lointaines, permet ensuite d'étalonner à son tour la luminosité intrinsèque de certains événements rares mais extrêmement brillants, et donc détectables de très loin dans l'univers, à savoir les supernovae de Type 1a ou SN1a. A l'affût des supernovae SN1a, les astronomes cartographient l'univers proche, et peuvent enfin mesurer directement le taux d'expansion de l'univers, la fameuse constante de Hubble. Par cette approche, on peut ainsi étudier le problème épineux de l'énergie noire (cf. Prix Nobel de physique 2011).

Dans cet échafaudage, le point clef est donc la distance au LMC. Le Grand Nuage de Magellan est effectivement une galaxie extrêmement favorable pour étudier les Céphéides. Plus de 4000 Céphéides y sont répertoriées, soit plus que dans notre propre galaxie la Voie Lactée. On peut trouver dans les revues spécialisées en astrophysique plusieurs centaines d'estimations de distance du LMC, basées sur un grand nombre d'objets astrophysiques. Néanmoins, chaque méthode possède ses propres biais. La méthode ainsi proposée par l'équipe du Projet Araucaria, basée sur les étoiles de type binaires à éclipses, est une technique simple, géométrique, très précise, pour laquelle les biais de mesure sont très bien maîtrisés.

Une étoile peut graviter autour d'un compagnon et l'éclipser de manière régulière, tout comme la Lune peut éclipser le Soleil. Les variations de lumière ainsi enregistrées, ainsi que des variations de mesure de vitesse, permettent de contraindre avec précision le rayon des deux étoiles qui composent le système. Parallèlement, on utilise le fait que ces étoiles rayonnent de manière similaire, avec plus particulièrement une relation entre la température ou la couleur de l'étoile, sa magnitude apparente et son diamètre angulaire. Finalement, en combinant l'estimation du rayon des deux étoiles de la binaire à éclipse, avec l'estimation des diamètres angulaires, on obtient une estimation précise de sa distance.

Mais ceci est plus facile à dire qu'à faire. En effet, les binaires à éclipses utilisées dans cette étude sont des objets « froids » et faibles en luminosité. Ainsi, l'équipe a suivi près de 35 millions d'étoiles dans le LMC pendant plus de 20 ans. Sur ces 35 millions d'objets, vingt binaires à éclipses seulement ont été soigneusement sélectionnées, puis suivies à l'aide de grands télescopes pendant 15 ans. En combinant la distance estimée des vingt binaires à éclipse observées, l'équipe a mesuré une distance au LMC de 162 000 années-lumière, soit 1 530 019 000 000 000 km (1,53 milliard de milliards de kilomètres) avec une précision encore jamais atteinte de 1 %.

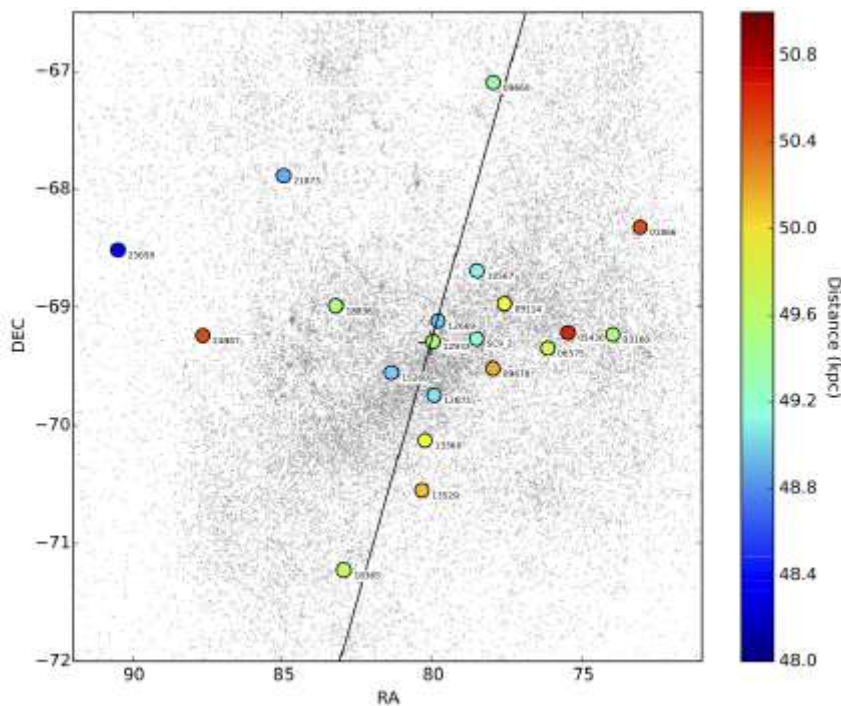


Figure extraite du papier *Nature* Pietrzynski et al. (2019). Il s'agit des vingt binaires à éclipses détectées dans le Grand Nuage de Magellan, la plus proche galaxie satellite de la Voie Lactée. Grâce à une mesure précise de la distance de ces vingt binaires à éclipse, une distance au Nuage de Magellan a été obtenue avec une précision inégalée de 1.0%.

Il s'agit de la première mesure de distance d'une galaxie avec une telle précision. Elle donne ainsi la meilleure référence absolue pour l'échelle des distances extragalactiques et donc pour la mesure de la constance de Hubble, actuellement objet d'une controverse.

Cette mesure est aussi fondamentale pour mieux comprendre la nature de la mystérieuse énergie noire. D'autres retombées sont attendues comme une meilleure connaissance de toutes les classes d'objets célestes situés dans le LMC, ou encore l'étalonnage et la validation d'autres méthodes de mesure de distance, par exemple les mesures de parallaxes obtenues par le satellite européen Gaia de l'Agence Spatiale Européenne (ESA).

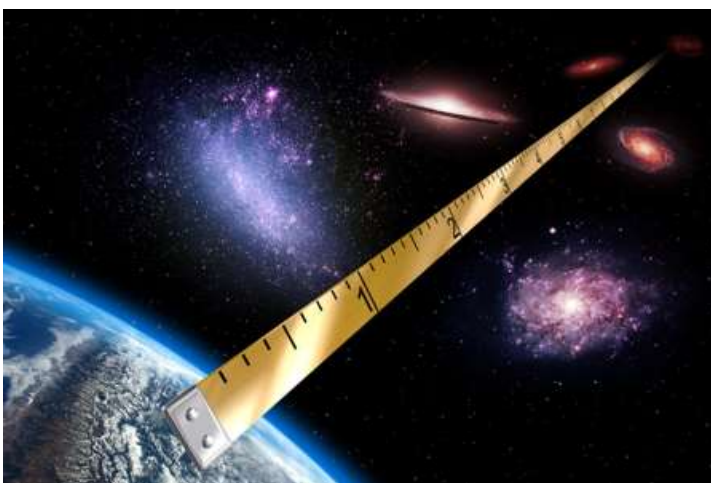


Figure d'artiste. Pour la première fois, l'équipe du projet Araucaria a déterminé la distance du Grand Nuage de Magellan avec une précision de 1%. Cette précision est comparable par exemple à celle que l'on peut atteindre sur la mesure de la taille d'une personne, à la « simple » différence que dans le cas du LMC, la distance mesurée correspond à 1 530 019 000 000 000 +/- 15 300 190 000 000 000 km (ou 161 741 +/- 1617 années-lumière)

L'apport français à ce résultat est décisif et relève d'une expertise reconnue en interférométrie optique à longue base. L'obtention d'une telle précision n'aurait pas été possible sans un nouvel étalonnage de la

relation entre la couleur de l'étoile, sa magnitude apparente et son diamètre angulaire. Il a été réalisé grâce à l'instrument français PIONIER placé au foyer du grand interféromètre optique européen de l'Observatoire Européen Austral (ESO), le Very Large Telescope Interferometer (VLT) installé au nord du Chili. Les équipes françaises possèdent une position privilégiée au niveau international pour la conception, le développement et l'exploitation des instruments interférométriques.

Ces travaux de recherche rapportés ont bénéficié du soutien de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR, projet UnlockCepheids) et du Conseil Européen de la Recherche (ERC, projet CepBin).



Référence

A distance to the Large Magellanic Cloud that is precise to one per cent, Nature, 14 mars 2019.

Contacts

Nicolas Nardetto (Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange), membre du projet Araucaria et membre du projet ANR UnlockCepheids - Nicolas.Nardetto@oca.eu
Pierre Kervella (UMR 8109, LESIA, Observatoire de Paris), membre du projet Araucaria et responsable du projet ANR UnlockCepheids - pierre.kervella@obspm.fr

AVRIL

Hayabusa2 & OSIRIS-REx, à la découverte de nouveaux mondes !

Publication : 3 avril 2019



« *Nous vivons actuellement une période absolument extraordinaire ! Nous avons la chance de vivre et de participer à deux missions parallèles dont le but est le retour sur Terre d'échantillons d'astéroïdes potentiellement carbonés !* » s'enthousiasme Patrick Michel, directeur de recherche CNRS, au laboratoire Lagrange (CNRS-UNS-OCA). Comme Marco Delbo, Directeur au CNRS, Guy Libourel, Professeur à l'UNS et Florian Thuillet, doctorant à l'UNS, tous les trois aussi au laboratoire Lagrange, Patrick Michel fait partie des équipes scientifiques de ces deux missions.

La **mission OSIRIS-REx** de la NASA, partie le 8 Septembre 2016 a atteint l'**astéroïde Bennu** le 3 décembre 2018 pour se mettre en orbite à **1,6 km** autour de ce petit corps, un exploit ! Quant à **Hayabusa2**, lancée le 3 décembre 2014, elle est arrivée le 27 juin 2018 à destination, près de l'**astéroïde Ryugu**, qu'elle suit à 20 km de distance. « Ces deux missions nous font découvrir deux **nouveaux mondes** totalement extraordinaires ! Nous avons réussi à obtenir pour la première fois des données de deux astéroïdes potentiellement riches en carbone et beaucoup de nos idées pré-conçues ont dû être remises en question. » Par exemple, ces deux objets célestes sont recouverts de **rochers** distribués sur la surface de façon homogène et avec une grande abondance. Or, les seules données disponibles, celle de l'**astéroïde Itokawa**, laissaient penser que des régions plus ou moins lisses devraient exister, ce qui aurait permis de disposer d'une zone plus confortable et sécurisée pour réaliser les récoltes d'échantillon. Ces surprises n'ont pas empêché la réussite de la mission Hayabusa2 qui a réussi à récolter pour la première fois un **échantillon de l'astéroïde Ryugu** le 22 février dernier. Patrick Michel était présent dans la salle d'opération pendant cette manœuvre à très haut risque.

Les missions Hayabusa2 et OSIRIS-REx expliquées en vidéo :

Un lien existe entre ces deux missions puisque les équipes scientifiques se recoupent et certains chercheurs travaillent sur les deux missions. Ce qui est le cas des scientifiques niçois. « *La volonté d'augmenter nos connaissances est commune même si les manières de faire sont très différentes des deux côtés. Un véritable partage d'information s'opère entre les équipes. Par exemple, les informations relatives à la récolte d'échantillon d'Hayabusa2 ont été transmises aux équipes d'OSIRIS-REx afin de leur faire profiter de cette expérience réussie.* », explique Patrick Michel.

L'utilité d'étudier ces astéroïdes tient dans le fait qu'ils sont restés suffisamment petit pour qu'ils n'aient pas subi beaucoup d'échauffement depuis la formation du système solaire, donc leur composition est fidèle à celle des briques qui ont formé nos planètes, dont la composition initiale a été perdue car elle s'est transformée au sein de celles-ci par échauffement. « *Ces astéroïdes nous renseignent sur la formation de la Terre et des planètes de type terrestre. Ce qui est particulièrement intéressant* », explique Patrick Michel qui ajoute : « *L'intérêt tout particulier des astéroïdes carbonés est qu'ils peuvent nous apprendre des choses sur l'origine de la vie, car ils contiennent des matières organiques et des minéraux hydratés (qui ont vu l'eau). En analysant en laboratoire leur composition, grâce au retour d'échantillon, nous devrions pouvoir tester le scénario qui suggère que les astéroïdes ont pu apporter tous les éléments qui ont permis l'émergence de la vie sur Terre lors de leurs impacts avec celle-ci à la fin de sa formation.*

Le **5 Avril 2019** la sonde effectue pour la première fois un **impact haute vitesse** sur cet astéroïde en lançant un projectile de **2 kg à 7200 km/h** à sa surface en vue d'une deuxième récolte d'échantillon. La sonde japonaise s'est approchée de l'astéroïde Ryugu, et y a envoyé un impacteur truffé d'une charge explosive. Quelques minutes plus tard, il s'est écrasé comme prévu à la surface. Après avoir réussi à prélever des échantillons de l'astéroïde Ryugu, un petit corps de près de 900 mètres de diamètre qui orbite à une centaine de millions de kilomètres de la Terre, la sonde japonaise Hayabusa 2 a atteint son deuxième objectif.

La charge a explosé, propulsant la boîte vers la surface de cet amas de roche qu'est Ryugu. Même si l'équipe au sol n'avait aucun moyen de le vérifier en temps réel. L'objectif de cette expérience est de récupérer la foule d'informations inédites que devrait contenir le cratère, en particulier des indications sur la composition et la résistance de l'astéroïde. Mais aussi de permettre de tester les prédictions sur la formation des cratères dans l'espace. « *Quand on fait des simulations dans des domaines de microgravité, on n'est pas capable de mener les calculs jusqu'au bout : on ne sait pas lier la taille d'un cratère à la taille de l'impacteur qui l'a créé, explique Patrick Michel. D'où la nécessité de cette expérience.* »

Pour avoir toutes les images et analyser le cratère, les scientifiques doivent maintenant attendre. Il faudra quelques jours pour que la caméra transmette des images de meilleure qualité, voire le film de l'impact. Et deux semaines avant d'avoir toutes les données : la sonde *Hayabusa 2* va en effet rester cachée de l'autre côté de l'astéroïde, le temps que les débris de l'explosion retombent au sol, et ne risquent plus de l'endommager.

L'atterrissage de la sonde Hayabusa2 en vidéo :

Plusieurs publications sont en ligne auxquelles ont participé Patrick Michel directeur de recherche CNRS, responsable de l'Équipe TOP (Théories et Observations en Planétologie), Marco Delbo, Directeur de recherche CNRS, Guy Libourel, Professeur d'Université à l'UNS et Florian Thuillet, doctorant à l'UNS, tous les trois au laboratoire Lagrange :

<http://science.sciencemag.org/content/early/2019/03/18/science.aav8032/tab-pdf>

<http://science.sciencemag.org/content/early/2019/03/18/science.aaw0422/tab-pdf>

<https://www.nature.com/collections/jibgaighje>

Les découvertes d'astéroïdes par le satellite Gaia

Publication : 29 avril 2019



Le satellite Gaia, lors de ses balayages en rotation, mesure toutes les sources lumineuses de magnitude plus brillantes que 20.7 et, parmi ces sources, il détecte des objets mobiles par rapport aux sources fixes. Ce sont essentiellement des astéroïdes. Le catalogue DR2 (deuxième Data Release) avait ainsi publié en avril 2018 les observations Gaia de plus de 14 000 astéroïdes réalisées entre 2014 et 2016. Le prochain catalogue complètera cet échantillon par de nombreux autres astéroïdes.

Mais il existe aussi des publications en continu des détections par Gaia d'astéroïdes non encore connus ni catalogués. Ces détections font l'objet d'alertes qui sont régulièrement émises vers le réseau d'observatoires "Gaia-FUN-SSO" via le site web <https://gaiafunssو.imcce.fr> pour susciter un suivi au sol de ces nouveaux objets.

Ce réseau d'observatoires au sol réagit à ces alertes pour valider les détections dans l'espace. Ainsi depuis fin 2016 (voir un exemple), plus de 120 astéroïdes ont été détectés et validés. Ce sont essentiellement des objets de la ceinture principale située entre Mars et Jupiter. Les positions mesurées par Gaia et au sol sont envoyées au Minor Planet Centre qui, sous l'égide de l'Union Astronomique Internationale (UAI), concentre toutes les observations réalisées au niveau international et affecte aux objets nouveaux des désignations.

Récemment, trois objets (2018 YK4, 2018 YL4, 2018 YM4) ont ainsi reçu des désignations et, contrairement à de nombreuses autres détections, Gaia a été le premier à les observer. Ces détections ont été validées au sol par des observations faites à l'Observatoire de Haute-Provence. L'agence spatiale européenne (ESA) a publié le 29 avril 2019 un communiqué sur ce sujet.

Le système des alertes et la validation de ces détections d'objets nouveaux sont le fruit d'un travail international qui implique le groupe CU4-SSO du consortium Gaia DPAC, les ingénieurs du DPCC-CNES en charge du traitement initial des données Gaia, les observateurs des observatoires en particulier : Observatoire de Haute-Provence, Kyiv Comet station, Odessa-Mayaki, Terskol, C2PU-Calern-Observatoire de la Côte d'Azur, LCOGT-Las Cumbres Observatory Global Telescope Network.

A l'Observatoire de la Côte d'Azur, **Benoît Carry** est le responsable de la diffusion des alertes vers la communauté, dès qu'une découverte potentielle d'astéroïde se produit, dans le cadre du réseau international Gaia-Follow Up Network- Solar System Objects (Gaia-FUN-SSO). C'est la partie émergée de l'iceberg du traitement journalier des données Gaia. Suite au traitement particulier pour les astéroïdes potentiellement nouveaux, le système prédit automatiquement la position de la découverte potentielle dans les jours/semaines à venir et les diffuse via le service Web : <https://gaiafunssو.imcce.fr/>.

Federica Spoto, experte en mécanique céleste, intervient quand des observations au sol sont effectuées et vérifie si l'objet observé correspond à celui vu par Gaia. Si la vérification est positive, elle envoie les mesures au Minor Planet Center où la découverte est vérifiée.

Paolo Tanga est le responsable du traitement des objets du système solaire au sein du consortium Gaia. Il pilote le groupe européen de scientifiques qui ont mis en place les algorithmes pour extraire la position des astéroïdes dans les données Gaia.

L'OCA participe aussi directement aux observations du réseau Gaia-FUN-SSO avec le télescope C2PU et, dans le cadre d'une collaboration étroite avec les laboratoires IMCCE et SYRTE de l'Observatoire de Paris et l'Institut d'Astrophysique de Paris, avec l'utilisation du télescope T120 de l'Observatoire de Haute Provence.

MAI

Prix Olivier Chesneau 2019

Le prix Olivier Chesneau 2019 a été attribué à Jozua de Boer pour sa thèse de doctorat intitulée «Imagerie à fort contraste de disques protoplanétaires». Il est actuellement chercheur postdoctoral à l'Observatoire de Leiden aux Pays-Bas, où il a terminé son doctorat en 2018. Ce prix a été créé par l'ESO et l'Observatoire de la Côte d'Azur pour commémorer la vie et le travail de l'astronome pionnier Olivier Chesneau. Il est attribué tous les deux ans pour la meilleure thèse de doctorat réalisée dans le domaine de l'astronomie à haute résolution angulaire.

Jozua de Boer a impressionné le jury par l'ampleur de son travail alliant des compétences reconnues à de nouveaux instruments tels que SPHERE, l'instrument de recherche d'exoplanète spectro-polarimétrique à contraste élevé installé sur le VLT de l'ESO. L'étude de ces disques formant une planète représente un défi de taille pour les astronomes car ils sont très sombres comparés aux étoiles qu'ils entourent, mais Jozua de Boer a relevé le défi en procédant à un étalonnage, une collecte de données et une analyse minutieuses. Les résultats de cet effort ont non seulement élargi notre compréhension des conditions de la formation des planètes, mais également des techniques pionnières qui peuvent également être utilisées pour observer d'autres phénomènes, allant des comètes aux astéroïdes, en passant par les exoplanètes et les étoiles évoluées.

La remise du prix a eu lieu pendant la semaine annuelle de la Société française d'astronomie et d'astrophysique (SF2A) à Nice (France), où Jozua de Boer a reçu un prix en espèces de 1 000 €. Il aura également l'occasion de présenter ses travaux au siège de l'ESO à Garching, en Allemagne.



Remise du prix par Thierry Lanz, Directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur

Contacts

Pour toute question concernant le prix, veuillez envoyer un courrier électronique à: chesneauprize@oca.eu

SF2A



Le laboratoire Lagrange a eu cette année l'honneur d'organiser la semaine de l'astrophysique française (semaine de la SF2A), du 14 au 17 mai 2019 sur le site de St Jean d'Angély.

Le comité d'organisation local (LOC) était composé d'Eric Lagadec, Sophie Rousset, Benoit Carry, Orlagh Creevey, Aurélien Crida, Patrick de Laverny, Christine Delobelle, Clémence Durst, Vanessa Hill, Georges Kordopatis, Héloïse Méheut, et (last but not the least) Mamadou N'diaye.

Cette semaine a été un grand succès, avec près de 400 participants, ce qui est supérieur au nombre de participants moyen quand la semaine de la SF2A est organisée en province. La participation de chercheurs et étudiants de Lagrange a été excellente, et l'organisation d'ateliers sur des thématiques de recherches phares du laboratoire (Gaia, MATISSE, missions spatiales vers des astéroïdes...) ont permis de mettre en avant l'excellence de la recherche dans notre laboratoire.

Ce meeting a permis d'initier des discussions importantes pour la structuration de la communauté française, de présenter les derniers résultats obtenus, et aussi de mettre en avant les travaux des étudiants et jeunes chercheurs. En marge de cette semaine de l'astronomie, nous avons organisé une conférence grand public au MAMAC, qui a réuni une grande audience, curieuse de découvrir les avancées de la recherche d'exoplanètes. Le concours scolaire ouvert à tous les élèves du rectorat de Nice a vu la participation d'une vingtaine de classes, avec un très bel enthousiasme.

La soirée de clôture sur le site du Mt Gros restera dans les mémoires, avec le buffet spécial de Khaled, le concert des Wathermelons éclairé par le spectacle de lumières d'Erick Bondoux, et l'organisation parfaite du LOC et des différents services de l'OCA.

Cette semaine a permis de participer au rayonnement local et national du laboratoire Lagrange et n'aurait pas été possible sans le soutien de la Direction, de l'administration du laboratoire et l'engagement des membres du LOC.

Moments choisis...

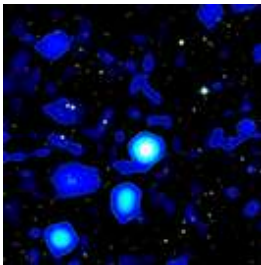




JUIN

Une «aurore cosmique» éclaire la connexion entre deux amas de galaxies

Publication : 7 juin 2019



Une étude importante a été publiée aujourd'hui dans la revue Science, identifiant un «*flot*» de champs magnétiques et d'électrons relativistes le long d'un filament qui relie les amas de galaxies Abell 0399 et Abell 0401. Grâce aux données recueillies par le radiotélescope LOFAR (LOw-Frequency ARray), il a été possible de mesurer ce phénomène dans les ondes radio pour la première fois.

Cette étude, coordonnée par Federica Govoni de l'Institut National d'Astrophysique (INAF) de Cagliari, a réuni des collègues de différents instituts européens (en Italie, aux Pays-Bas, en Allemagne, en France, en Suisse, en Suède et en Angleterre), dont l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) et le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Dans l'Univers, la matière est répartie le long d'un «*réseau cosmique*» constitué de structures filamenteuses, à l'intersection desquelles nous observons des énormes concentrations de milliers de galaxies, appelées «*amas*». Les amas de galaxies peuvent être considérés comme les plus grandes structures gravitationnellement liées de l'univers. Jusqu'ici, les observations avec les radiotélescopes ont montré un «*halo*» d'émission radio dans les zones centrales de certains amas, confirmant l'existence d'un champ magnétique qui semble avoir été amplifié par les processus de coalescence entre amas et d'accrétion de structures de taille inférieures.

Cependant, aucun champ magnétique n'avait été observé jusqu'à présent dans les filaments reliant les amas. Malgré leur taille immense, les filaments de la toile cosmique sont extrêmement raréfiés et donc difficiles à détecter, comme l'explique la coordinatrice de l'étude:

«Dans ce contexte, le système double constitué par les amas Abell 0399 et Abell 0401 est vraiment exceptionnel», déclare Federica Govoni. «Il y a quelques années, notre groupe a découvert que les deux amas hébergent un halo d'émission radio. Plus récemment, le satellite Planck a montré que les deux systèmes sont reliés par un filament ténu de matière. La présence de ce filament a stimulé notre curiosité et nous a amené à essayer de comprendre si le champ magnétique pouvait s'étendre au-delà des régions centrales des amas, se répandant ainsi dans le filament de matière qui les relie. Avec une grande satisfaction, l'image obtenue avec le radiotélescope LOFAR confirme notre intuition et révèle ce que l'on peut définir comme une "aurore" sur des échelles cosmiques.»

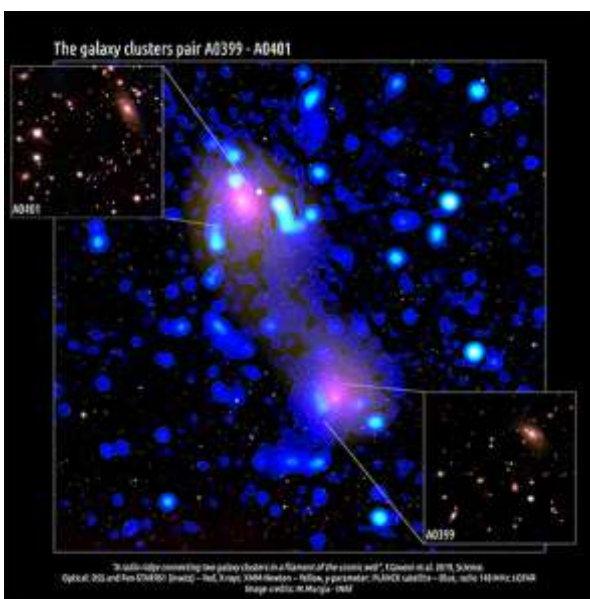


Image composite du couple d'amas de galaxies, Abell 0399 et Abell 0401. Le système se situe à environ 1 milliard d'années-lumière de la Terre, tandis que les deux amas de galaxies sont séparés d'environ 10 millions d'années-lumière. Un plasma à haute température qui émet dans les rayons X (tons rouges) occupe l'espace entre les galaxies dans les parties centrales des deux amas. De plus, les observations dans les micro-ondes montrent un filament ténu de matière reliant les deux groupes (tons jaunes). L'image radio basse-fréquence (tons bleus) révèle plusieurs sources discrètes brillantes associées à des galaxies individuelles et deux halos radio diffus aux centres des deux amas de galaxies. Le long du filament reliant Abell 0399 et Abell 0401, l'émission radio révèle la présence d'un vaste champ magnétique illuminé par une population d'électrons de haute énergie. Crédits: DSS et Pan-STARRS1 (optique), XMM-Newton (rayons X), satellite PLANCK (paramètre y), F.Govoni et al. 2019, Science (radio). Image de M.Murgia, INAF.

L'émission de ces ondes radio est due au mécanisme synchrotron, engendré lorsque des électrons hautement énergétiques se déplacent dans un champ magnétique. *«Nous observons généralement de la radiation liée à ce mécanisme dans des galaxies individuelles et même dans des amas de galaxies, mais de l'émission radio connectant des amas n'avait jamais été observée auparavant»*, ajoute Matteo Murgia, directeur de recherche à l'INAF. *comprendre la nature de cette source radio est un véritable défi: au cours de leur durée de vie radiative, les électrons couvrent une distance beaucoup plus petite que la taille couverte par l'émission. Un mécanisme responsable de l'accélération des électrons le long du filament doit donc exister.»*

Le travail publié sur Science est le résultat d'une collaboration qui *«a combiné les techniques d'observation radio les plus avancées avec l'état de l'art des simulations magnéto-hydrodynamiques»*, souligne Annalisa Bonafede, professeure à l'Université de Bologne. *«Explorer l'existence de tels champs magnétiques et connaître leur intensité et leur structure sont des questions cruciales pour l'étude de l'origine et de l'évolution des structures à grande échelle dans l'univers. En comparant les observations radio et les simulations numériques, nous estimons que l'intensité du champ magnétique dans le filament qui relie Abell 0399 et Abell 0401 est de l'ordre de centaines de nanoGauss.»*

LOFAR est un télescope conçu pour explorer l'univers aux basses fréquences radio (10 - 240 MHz). Composé de plus de 25 000 antennes regroupées en 51 stations, son cœur est situé aux Pays-Bas, avec des stations localisées dans différents pays européens. C'est un instrument totalement numérique sans parties mobiles. En pratique, tous les signaux sont acquis à partir des antennes, numérisés et, via des systèmes dédiés, le pointage se fait en agissant sur le déphasage entre les antennes. La France est rentrée dans le projet LOFAR en 2012. Une station d'observation a été construite et est exploitée à Nançay, où les astronomes français construisent également une Super-Station de LOFAR, qui en augmentera considérablement la sensibilité en particulier, entre autres, pour la détection de filaments cosmiques. Nommé NenuFAR (New Extension in Nançay Upgrading LOFAR), ce radiotélescope à basse fréquence sera l'un des plus puissants au monde dans sa gamme de fréquences, comprise entre 10 MHz et 85 MHz. Il fonctionnera donc également de façon autonome du reste de LOFAR (mode "stand-alone").



Le LOw-FRequency ARray, ou LOFAR, est aujourd'hui le plus grand radiotélescope constitué par un réseau d'antennes au monde. Cette vue aérienne montre l'une de ses nombreuses stations. Crédits: ASTRON.

LOFAR et NenuFAR sont également des éclaireurs scientifiques et technologiques du Square Kilometre Array (SKA), qui sera le futur instrument phare aux basses et moyennes fréquences radio. *«Grâce à la sensibilité de SKA»*, ajoute Chiara Ferrari, co-auteur du papier, astronome à l'OCA et directrice de la Maison SKA-France, *«les scientifiques seront en mesure d'atteindre des sources radio faibles sur de vastes zones du ciel, ouvrant ainsi de nouvelles fenêtres dans l'espace de découverte»*. Dans ce cadre, la communauté scientifique envisage d'étudier des échantillons d'amas de galaxies avec SKA afin de comprendre en détail l'origine, les propriétés et l'évolution de leurs champs magnétiques, et de déterminer si l'émission détectée dans le filament reliant Abell 0399 et Abell 0401 est un phénomène courant dans la toile cosmique.

Cette vidéo présente l'environnement époustouffant d'Abell 0399 et d'Abell 0401, une paire d'amas de galaxies distants d'environ 1 milliard d'années-lumière. Les deux amas de galaxies sont espacés d'environ 10 millions d'années-lumière, soit cent fois la taille de notre propre galaxie, la Voie Lactée.

La vidéo commence par explorer le vaste espace entre les deux groupes, mais ce n'est que le début de l'histoire.

Les observations dans les rayons X, dans les micro-ondes et aux basses fréquences radio révèlent une vision complètement nouvelle de cette partie du ciel. *Crédits: DSS et Pan-STARRS1 (optique), XMM-Newton (rayons X), satellite PLANCK (paramètre y), F.Govoni et al. 2019, Science (radio). Montage vidéo par M.Murgia, INAF. Musique de Cjbeards. Image de fond LOFAR par ASTRON.*

Référence

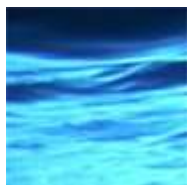
L'étude a été publiée dans la revue Science, dans l'article « [A radio ridge connecting two galaxy clusters in a filament of the cosmic web](#) » par F. Govoni, E. Orrù, A. Bonafede, M. Iacobelli, R. Paladino, F. Vazza, M. Murgia, V. Vacca, G. Giovannini, L. Feretti, F. Loi, G. Bernardi, C. Ferrari, R. F. Pizzo, C. Gheller, S. Manti, M. Brügger, G. Brunetti, R. Cassano, F. de Gasperin, T. A. Enßlin, M. Hoeft, C. Horellou, H. Junklewitz, H. J. A. Röttgering, A. M. M. Scaife, T. W. Shimwell, R. J. van Weeren, M. Wise

Contact

Chiara Ferrari (Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange), chiara.ferrari@oca.eu

8 millions de dollars pour étudier la turbulence d'ondes

Publication : 14 juin 2019

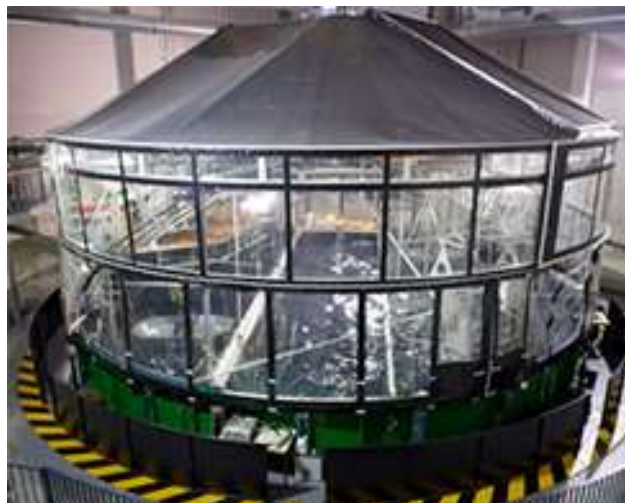


Le 4 juin 2019, la fondation Simons de New York a annoncé le financement d'un projet portant sur la turbulence d'ondes à hauteur de 8 millions de dollars.

Interdisciplinaires et internationaux, ces travaux de recherche mobiliseront des chercheurs en sciences mathématiques et physiques pour mieux comprendre et expliquer la turbulence d'ondes : la superposition d'une grande variété d'ondes échangeant constamment de l'énergie entre elles. La surface de la mer agitée en est un exemple typique. L'un des enjeux de ces travaux est d'être capable de décrire et surtout de prédire l'amplitude et l'énergie des ondes comme celles des vagues par exemple. D'autres champs d'applications concernent notamment les plasmas magnétisés (vents solaires, plasmas de fusion type ITER), l'optique non linéaire, les écoulements géo ou astrophysiques dans les planètes ou les étoiles en rotation, les ondes gravitationnelles... La problématique centrale est de donner des bases solides à la théorie dite de turbulence faible dans ces différents contextes. Ceci nécessitera des efforts conjoints en mécanique des fluides, physique statistique, théorie des équations aux dérivées partielles ou théorie des probabilités qu'ils soient de nature expérimentale ou théorique.

Le consortium est dirigé par Jalal Shatah du Courant Institute de New York University assisté de Laure Saint-Raymond de l'École Normale Supérieure de Lyon et de Nicolas Mordant de l'Université Grenoble Alpes. L'Université Côte d'Azur fait partie de cette collaboration avec la participation de **Giorgio Krstulovic**, chercheur CNRS au laboratoire J.L. Lagrange (CNRS-UNS-OCA) et de **Sergey Nazarenko**, directeur de recherche CNRS au laboratoire INPHYNI (UNS-CNRS).

Le projet implique également des chercheurs du CNRS (INSIS et INP), de l'École Normale Supérieure de Paris, de l'Université Paris-Diderot et de l'INRIA du côté français, ainsi que de l'Université de Princeton, du Michigan, du Massachusetts à Amherst et de l'Université de Turin.



Expérience de turbulence d'onde dans la plateforme Coriolis du LEGI à Grenoble. La plateforme sera utilisée dans le projet pour l'étude des écoulements stratifiés en densité pour la modélisation de la dynamique interne des océans.

JUILLET

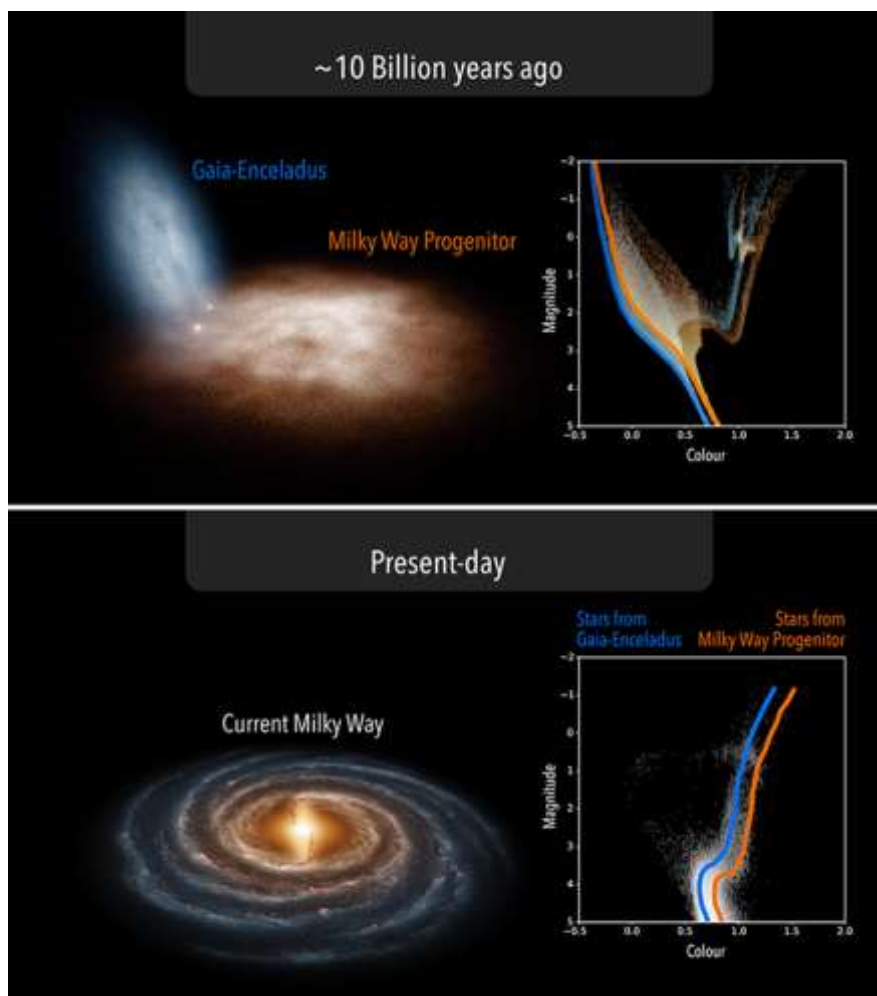
Voie Lactée : une fusion vieille de dix milliards d'années

Publication : 22 juillet 2019

Une étude menée par une équipe internationale de chercheurs, dont deux chercheurs du Laboratoire Lagrange (UCA, OCA, CNRS), a mis en lumière la séquence d'évènements qui ont donné naissance à notre Voie Lactée.

Il y a 13 milliards d'années, l'Univers était très différent de ce qu'il est aujourd'hui. Il était dans une phase très active de formation stellaire, formant les premières galaxies naines qui en fusionnant ont donné naissance à des galaxies plus massives, dont la nôtre. Cependant, la séquence exacte des évènements qui ont formé la Voie Lactée n'était pas connu à ce jour.

Les mesures précises de position, distance, et luminosité pour un échantillon d'environ un million d'étoiles de notre Galaxie dans un rayon de 6,500 années lumières du soleil, sélectionnées pour appartenir au Halo galactique dans le catalogue de la mission spatiale Gaia, ont permis à l'équipe de révéler les premières étapes de sa formation. «Nous avons analysé la distribution en couleur et en luminosité des étoiles et les avons comparés à des modèles d'évolution stellaire, en les séparant en plusieurs composantes : le Halo (structure sphéroïdale qui entoure les galaxie), et le disque épais (étoiles du disque Galactique qui atteignent une certaine hauteur au-dessus du plan)», explique Carme Gallart, une chercheuse de l'IAC et le premier auteur de la publication qui paraît aujourd'hui dans Nature Astronomy.



© Gabriel Perez Díaz, SMM, Instituto de Astrofísica de Canarias

Des études précédentes avaient mis en lumière que le Halo galactique était clairement formé de deux composantes distinctes, l'une dominée par des étoiles plus bleue que l'autre. Les vitesses des étoiles dans la composante bleue avaient rapidement permis de les identifier comme une relique de l'accrétion d'une galaxie naine (Gaia-Enceladus) sur la Voie Lactée. Cependant, la nature de la population la plus rouge, et l'époque de l'accrétion de Gaia Enceladus sur la Voie Lactée restaient mal connues.

L'analyse des données de la mission Gaia présentée dans cette nouvelle publication a permis d'obtenir précisément la distribution des âges des étoiles dans chacune de ces composantes, et a montré qu'elles contiennent des étoiles aussi anciennes l'une que l'autre, et que seule leur composition chimique diffère significativement : les étoiles de la composante bleue contiennent une quantité de « métaux » (éléments plus lourds que l'Hydrogène et l'Hélium) plus faible que les étoiles de la composante rouge. Ces résultats, confortés par les simulations numériques de la formation des galaxies dans un contexte cosmologique également présentées dans l'article, ont permis aux chercheurs de montrer qu'il y a 13 milliards d'années, deux systèmes ont commencé à former des étoiles de manière indépendante : l'une était une galaxie naine (Gaia Enceladus) et l'autre était une galaxie environ quatre fois plus massive et plus riche en métaux, le progéniteur de notre Voie Lactée. Il y a environ 10 milliards d'années, une collision est survenue entre les deux systèmes, avec pour résultat d'envoyer une partie des étoiles de la galaxie massive, et celles de Gaia Enceladus, vers des orbites plus chaotiques, qui ont formé le Halo de la Voie Lactée actuelle. Des épisodes violents de formation stellaire ont suivi jusqu'il y a environ 6 milliards d'années, quand le gaz s'est finalement installé dans le disque de la Voie Lactée et y a formé ce que nous appelons le « disque mince ».

© Gabriel Perez Díaz, SMM, Instituto de Astrofísica de Canarias
Références

«Uncovering the birth of the Milky Way through accurate stellar ages with Gaia», Arme Gallart, Edouard J. Bernard, Chris B. Brook, Tomás Ruiz-Lara, Santi Cassisi, Vanessa Hill, Matteo Monelli, nature.com, 22 juillet 2019.

[Contacts](#)

Vanessa Hill, directrice de recherche CNRS, vanessa.hill@oca.eu

Edouard Bernard, post-doctorant, edouard.bernard@oca.eu

AOUT

Des images de Ryugu montrent des roches similaires aux météorites à chondrite carbonée

Publication : 23 août 2019



En octobre 2018, la navette spatiale Hayabusa2 a largué l'atterrisseur mobile à surface d'astéroïde (MASCOT) sur la surface de l'astéroïde Ryugu (162173). Jaumann et al. ont analysé les images prises par la caméra MASCOT et ont permis de reconstruire la trajectoire de descente et de rebondissement de l'atterrisseur de 10kg sur l'astéroïde. L'analyse fait l'objet d'une publication dans Sciences, éditée le 23 août 2019 et co-écrite par Patrick Michel du laboratoire Lagrange de l'Observatoire de la Côte d'Azur (CNRS/OCA/UNS).

MASCOT a été libéré du navire-mère Hayabusa2 le 3 octobre 2018, à une altitude de 41 m au-dessus de la surface de Ryugu. Lors de son premier contact avec la surface MASCOT a ensuite rebondi en arrière et a parcouru 17m supplémentaires pour atteindre son premier point de repos dans une dépression locale. Au cours de la descente de 6 minutes vers la surface et de la phase de rebond, l'instrument MASCam a pris 20 images. Durant la même période, la caméra de navigation optique de Hayabusa2 a enregistré l'ombre de MASCOT à la surface et l'atterrisseur lui-même lorsque son sommet blanc et brillant était visible.

Ces images nous montrent la surface de Ryugu comme recouverte de roches allant du décimètre au mètre, sans dépôts de matériaux fins. Ces roches apparaissent soit brillantes, avec des faces lisses et des arêtes vives, soit sombres, avec une surface friable et ressemblant à un chou-fleur. Les images rapprochées d'une roche de ce dernier type révèlent une matrice sombre avec de petites inclusions lumineuses et spectralement différentes, ce qui implique qu'elle n'a pas subi de modification aqueuse importante.

Les inclusions semblent similaires à celles des météorites à chondrite carbonée

Des diodes électroluminescentes colorées ont été utilisées pour illuminer les environs de l'atterrisseur la nuit et produire des images en couleurs. La surface de Ryugu est dominée par deux types de roches, mais il n'existe aucune preuve de poussière fine. Les inclusions de la taille d'un millimètre dans les roches sont similaires à celles présentes dans les météorites à chondrite carbonée. MASCOT a fonctionné pendant 17 heures en surface avant que ses piles non rechargeables ne soient épuisées.



Photograph of the surface of (162173) Ryugu, taken at night by the MASCOT camera

PHOTO: MASCOT/DLR/JAXA

Auteurs :

R. Jaumann^{1,2*}, N. Schmitz¹, T.-M. Ho³, S. E. Schröder¹, K. A. Otto¹, K. Stephan^{1,SEP}, S. Elgner¹, K. Krohn¹, F. Preusker¹, F. Scholten¹, J. Biele⁴, S. Ulamec⁴, C. Krause^{4,SEP}, S. Sugita⁵, K.-D. Matz¹, T. Roatsch¹, R. Parekh^{1,2}, S. Mottola¹, M. Grott¹, P. Michel⁶, F. Trauthan¹, A. Koncz¹, H. Michaelis¹, C. Lange³, J. T. Grundmann³, M. Maibaum⁴, K. Sasaki³, F. Wolff⁷, J. Reill⁸, A. Moussi-Soffys⁹, L. Lorda⁹, W. Neumann^{1,SEP}, J.-B. Vincent¹, R. Wagner¹, J.-P. Bibring¹⁰, S. Kameda¹¹, H. Yano¹², S. Watanabe^{12,13}, M. Yoshikawa¹², Y. Tsuda¹², T. Okada¹², T. Yoshimitsu¹², Y. Mimasu¹², T. Saiki^{12,SEP}, H. Yabuta¹⁴, H. Rauer^{1,2},

R. Honda¹⁵, T. Morota¹⁶, Y. Yokota¹², T. Kouyama¹⁷

Références

Images from the surface of asteroid Ryugu show rocks similar to carbonaceous chondrite meteorites, Sciences, Jaumann et al. - Science 23 Aug 2019

Jaumann et al. Science 23 Aug 2019: Vol. 365, Issue 6455, pp. 817-820

Contacts

Patrick Michel : michelp@oca.eu - directeur de Recherches au CNRS, Responsable de l'Équipe TOP (Théories et Observations en Planétologie), Laboratoire Lagrange/CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur

Guy Libourel : guy.libourel@oca.eu - chercheur au CNRS - Laboratoire Lagrange/CNRS - Observatoire de la Côte d'Azur

Le jeu de cache-cache des astéroïdes riches en fer.

Publication : 29/08/2019



Des chercheurs du laboratoire Lagrange (CNRS-Université Côte d'Azur-Observatoire de la Côte d'Azur) et leur équipe internationale démontrent que la trop faible présence de corps riches en fer dans la ceinture principale d'astéroïdes du système solaire n'est qu'apparente. Leurs résultats ont d'importantes implications sur notre compréhension des propriétés et de l'histoire des astéroïdes riches en fer, témoins des processus de différenciation opérant très tôt lors de la formation du

Système Solaire, ainsi que des paysages que la mission Psyche (NASA) découvrira sur l'astéroïde Psyche qu'elle visitera en 2026. Ils s'appuient sur des expériences d'impact à haute vitesse de projectiles rocheux ou hydratés sur des cibles d'acier et des météorites de fer et font l'objet d'une publication dans la revue Science Advances le 28 août 2019.

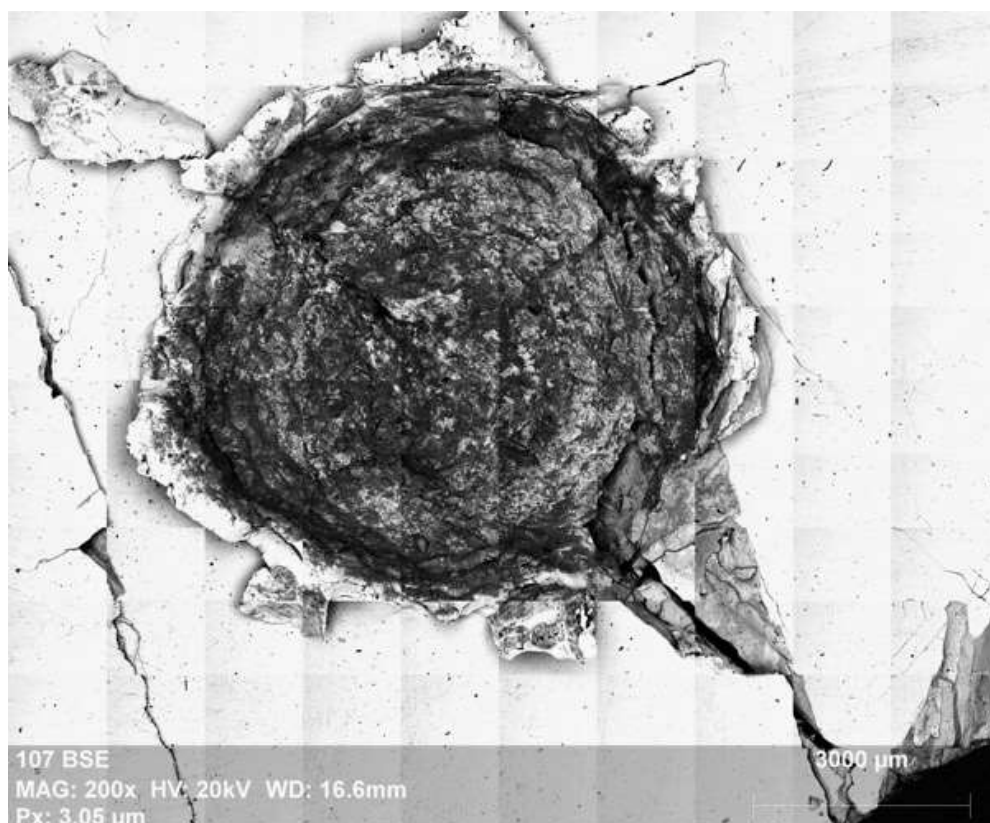


Fig. 1: Image au microscope électronique à balayage en électrons rétrodiffusés d'un cratère résultant d'un impact hyper-vélocé (5.08 km/s) d'un projectile basaltique sur un morceau de Gibeon, une météorite de fer utilisée comme cible et simulant la surface d'un astéroïde riche en fer. L'aspect sombre est lié au nappage du fond du cratère par d'un verre d'impact silicaté, initialement liquide au moment de l'impact.

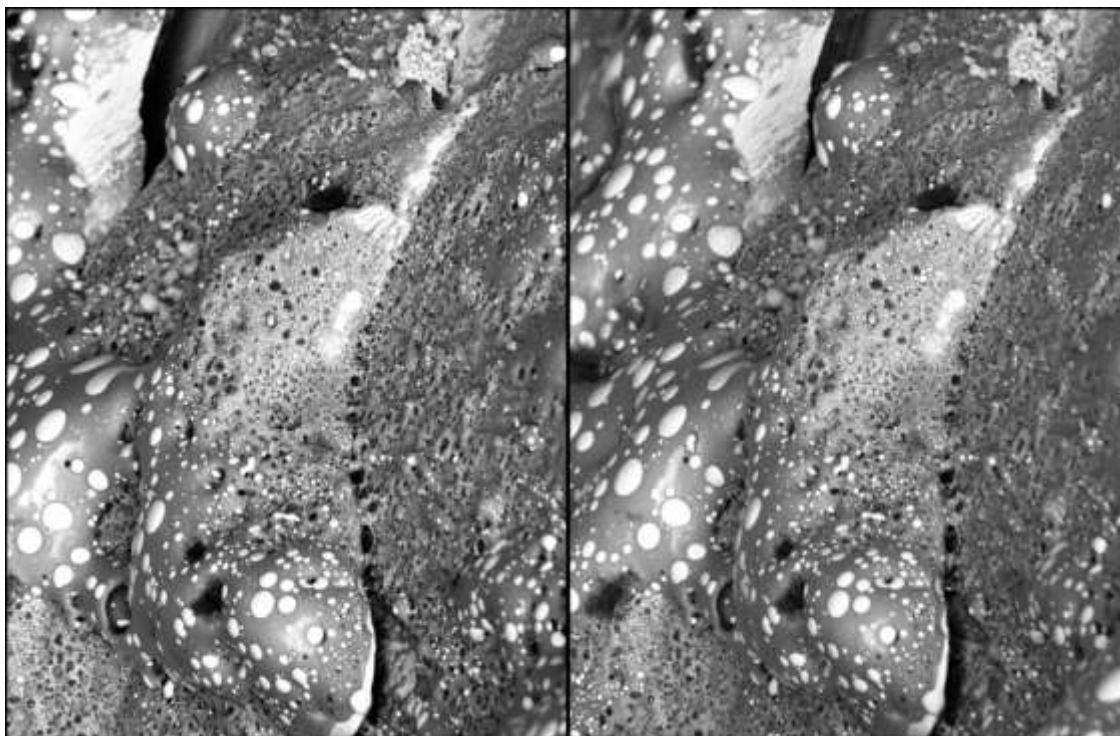


Fig. 2 : Paire stéréoscopique d'images acquises au microscope électronique à balayage en électrons rétrodiffusés produite par Brian May (astrophysicien et leader du groupe de rock Queen) et Claudia Manzoni, montrant un détail de l'intérieur du cratère résultant de l'impact hyper-vélocité (6.97 km/s) entre un projectile silicaté (dunite) et une cible métallique constituée de la météorite de fer de Gibeon. Notez l'émulsion vitrifiée de liquides immiscibles métalliques (sphérules gris clair) et silicatés (gris foncé). La paire stéréoscopique peut éventuellement être visionnée sans lunettes en relaxant la convergence des yeux (cf. instructions sur le site LondonStereo.com). Sinon, des lunettes stéréoscopiques sont nécessaires pour visualiser la topographie du fond de cratère 3D. La largeur de l'image correspond à 200 micromètres.

Références

Hypervelocity impacts as a source of deceiving surface signatures on iron-rich asteroids. *Science Advances*, 28 Août 2019

Auteurs

Guy Libourel, Akiko M. Nakamura, Pierre Beck, Sandra Potin, Clément Ganino, Suzanne Jacomet, Ryo Ogawa, Sunao Hasegawa and Patrick Michel

Contacts

Patrick Michel : michelp@oca.eu - directeur de Recherches au CNRS, Responsable de l'Équipe TOP (Théories et Observations en Planétologie), Laboratoire Lagrange/CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur

Guy Libourel : guy.libourel@oca.eu – Professeur UNS - Laboratoire Lagrange/CNRS - Observatoire de la Côte d'Azur

Une deuxième planète dans le système Beta Pictoris

Publication : 14 août 2019



Une équipe d'astronomes dirigée par Anne-Marie Lagrange, chercheuse du CNRS à l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (CNRS/Université Grenoble Alpes)¹, a découvert une seconde planète géante autour de β Pictoris, une étoile relativement jeune (23 millions d'années) et proche (63,4 années-lumière), entourée d'un disque de poussières.

Le cas β Pictoris passionne les astronomes depuis une trentaine d'années car il leur permet d'observer un système planétaire en pleine formation autour de son étoile. Des comètes y ont été découvertes, ainsi qu'une planète gazeuse géante, β Pictoris b, détectée par imagerie directe et décrite en 2009 par l'équipe d'Anne-Marie Lagrange. Cette fois, il a fallu accumuler plus de 10 ans de données de haute précision, obtenues avec l'instrument HARPS à l'Observatoire de La Silla de l'ESO, au Chili, pour détecter de manière indirecte la présence de β Pictoris c². Cette seconde planète géante, qui pèse l'équivalent de 9 Jupiter, parcourt son orbite en 1200 jours environ, relativement proche de son étoile (à peu près la distance entre le Soleil et la ceinture d'astéroïdes, alors que β Pictoris b est 3,3 fois plus éloignée). Les chercheurs espèrent en apprendre plus sur cette planète grâce aux données du satellite GAIA et au futur Extremely Large Telescope, en construction au Chili.

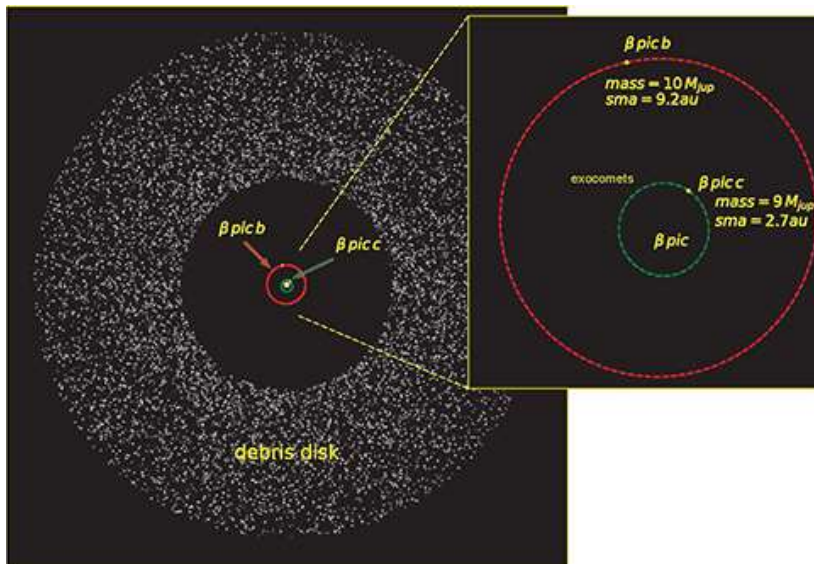


Figure 1 : The β Pictoris dust disk as imaged by ESO/Sphere, and the planet β Pictoris b.

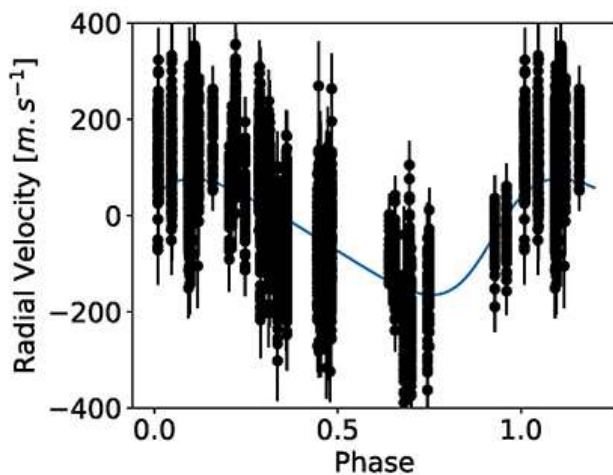
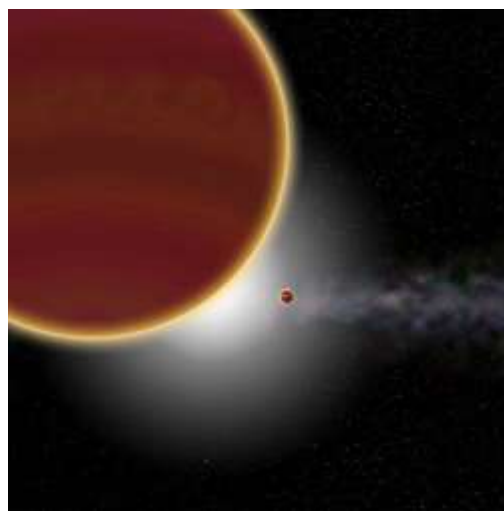


Figure 2 : Fit of the radial velocities of β Pictoris once corrected from the star pulsations.

Figure 3 : Artist view of the β Pictoris system.



1. L'équipe inclut des chercheurs d'autres laboratoires français : laboratoire Lagrange (CNRS/Observatoire de la Côte d'Azur/Université Côte d'Azur), Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (CNRS/Observatoire de Paris – PSL/Sorbonne Université/Université de Paris), Institut d'astrophysique de Paris (CNRS/Sorbonne Université).

2. La méthode utilisée est celle des « vitesses radiales » : planètes et étoiles tournent autour d'un centre de gravité commun, en général situé à l'intérieur de l'étoile. Ainsi, en présence d'une planète, l'étoile décrit des orbites très petites mais néanmoins décelables par la méthode des vitesses radiales reposant l'effet Doppler (son spectre lumineux se décale alternativement vers le bleu et vers le rouge). β Pictoris étant une étoile relativement massive (près de deux fois la masse du Soleil) et très pulsante (sa taille varie périodiquement), le signal obtenu était extrêmement compliqué et il a d'abord fallu soustraire l'effet de ces pulsations. C'est d'ailleurs la première fois qu'une planète est détectée autour d'une telle étoile par cette méthode.

Références

Evidence for an additional planet in the β Pictoris system in Nature Astronomy, August 19th 2019

Authors : A.-M. Lagrange, Nadège Meunier, Pascal Rubini, Miriam Keppler, Franck Galland, Eric Chapellier, Eric Michel, Luis Balona, Hervé Beust, Tristan Guillot, Antoine Grandjean, Simon Borgniet¹, Djamel Mekarnia, Paul Anthony Wilson, Flavien Kiefer, Mickael Bonnefoy, Jorge Lillo-Box, Blake Pantoja, Matias, Jones, Daniela Paz Iglesias, Laetitia Rodet, Matias Diaz, Abner Zapata, Lyu Abe, François-Xavier Schmider.

Contacts

Anne-Marie Lagrange, Chercheuse CNRS, Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (CNRS/Université Grenoble Alpes), anne-marie.lagrange@univ-grenoble-alpes.fr.

Tristan Guillot, chercheur CNRS, laboratoire Lagrange (CNRS-UNS-OCA), Observatoire de la Côte d'Azur, tristan.guillot@oca.eu

Djamel Mekarnia, chercheur CNRS, laboratoire Lagrange (CNRS-UNS-OCA), Observatoire de la Côte d'Azur, djamel.mekarnia@oca.eu

SEPTEMBRE

Pas si jeunes, les anneaux de Saturne

Publication : 16 septembre 2019



Les anneaux de Saturne seraient-ils apparus seulement à l'époque des dinosaures ? L'annonce avait fait l'effet d'une bombe (médiatique) à la fin de la mission Cassini, en orbite autour de la célèbre planète aux anneaux de 2004 à 2017. Mais cette affirmation est aujourd'hui réfutée par une équipe internationale de chercheurs¹ qui montre que cette conclusion spectaculaire était fondée sur des hypothèses et des raccourcis implicites, qui s'avèrent incorrects. D'autres résultats obtenus par Cassini permettent de dessiner une autre histoire, tout aussi fascinante.

D'où vient l'estimation de l'âge des anneaux ? Il ne peut pas être mesuré directement, comme on compterait les anneaux de croissance sur la souche d'un arbre. Ce que la sonde Cassini a permis de mesurer, c'est la masse totale des anneaux dont la gravité a accéléré sa course. Comment déduire l'âge de la masse ? L'argument repose sur la composition chimique des anneaux : de la glace d'eau pure à plus de 95 %. Connaître leur masse totale permet d'en déduire la masse maximale des autres composants (roches, matières organiques, métaux...). Or les anneaux sont constamment bombardés de micrométéorites et de poussières interplanétaires, de sorte que toute cette « pollution » peut être apportée en une centaine de millions d'années seulement. Cette durée a donc été présentée comme l'âge des anneaux.

Mais Aurélien Crida et ses collègues précisent qu'il ne s'agit que de l'âge d'exposition des anneaux au flux de poussières interplanétaires. Ce temps ne correspond à l'âge de formation des anneaux que si trois conditions sont remplies : le flux de poussières est constant, la masse des anneaux est constante, et toute la pollution reçue par les anneaux est gardée par eux. Or, rien ne prouve que ces trois hypothèses sont valides. De même que certaines personnes, les anneaux pourraient bien faire plus jeunes que leur âge...

En fait, il est bien connu que les anneaux s'étalent et perdent donc de la masse au cours du temps comme rappelé dans cet article publié par Nature Astronomy le 16 septembre. Cela permet d'ailleurs une autre estimation de l'âge des anneaux : les modèles d'évolution dynamique montrent que quelle que soit la masse initiale des anneaux, ils atteignent la masse mesurée par Cassini après... 4 milliards d'années environ. Cette nouvelle mesure de la masse plaide donc pour des anneaux aussi vieux que la planète elle-même, de ce point de vue.



© NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

Comment des anneaux si vieux pourraient-ils avoir l'air aussi jeunes ?

D'autres résultats obtenus par la sonde Cassini pourraient nous donner la réponse. Hsiang-Wen Hsu et ses collaborateurs ont révélé en octobre 2018 la découverte de grains de silicates qui tombent sur Saturne en provenance des anneaux. De même, Hunter Waite et ses collaborateurs ont trouvé « une pléthore de molécules organiques » dans la haute atmosphère de Saturne, également en provenance des anneaux. Alors, se peut-il que les anneaux se débarrassent des poussières à mesure qu'ils sont pollués ? Les chiffres avancés permettent de le penser. L'âge d'exposition n'est donc plus connecté à l'âge des anneaux et l'argument en faveur des anneaux « aussi jeunes que l'époque des dinosaures » tombe.

Des anneaux originels, nés en même temps que Saturne elle-même en accord avec la plupart des modèles de formation, sont donc la version préférée par ces chercheurs, qui espèrent convaincre la communauté des planétologues. Mais comme souvent en science, une nouvelle découverte pose aussi de nouvelles questions. Quel est le mystérieux mécanisme qui semble permettre aux anneaux de s'auto-nettoyer ? Saturne n'a pas fini de nous faire rêver...

1. **Aurélien Crida**, de l'UMR Lagrange (CNRS- UCA -l'Observatoire de la Côte d'Azur) à Nice, France ; **Sébastien Charnoz** de l'Université de Paris / Institut de Physique du Globe (France), **Hsiang-Wen Hsu**, du Laboratory for Atmospheric and Space Physics (Boulder, USA) et **Luke Dones**, du Southwest Research Institute (Boulder, USA).

Contacts

Chercheur : **Aurélien Crida**, crida@oca.eu.

Média : Marc Fulconis, marc.fulconis@oca.eu.

Référence

Are Saturn's rings actually young ? Crida, Charnoz, Hsu, Dones, Nature Astronomy, 876, 2019.

OCTOBRE

L'instrument SPHERE révèle ce qui pourrait être la plus petite planète naine du système solaire

Publication : 29 octobre 2019



Les astronomes utilisant l'instrument SPHERE de l'ESO au Very Large Telescope (VLT) ont révélé que l'astéroïde Hygiea pourrait être classé comme une planète naine. L'objet est le quatrième en importance dans la ceinture d'astéroïdes après Cérès, Vesta et Pallas. Ses dimensions le situent en quatrième position des objets les plus gros de la ceinture d'astéroïdes après Cérès, Vesta et Pallas.

Pour la première fois, les astronomes, dont une équipe du laboratoire Lagrange, ont observé Hygiea avec une résolution suffisamment élevée pour en étudier la surface et en déterminer la forme et la taille. Prenant potentiellement la couronne de Cérès comme la plus petite planète naine du système solaire.

En sa qualité d'objet de la principale ceinture d'astéroïdes, Hygiea satisfait d'emblée à trois des quatre conditions nécessaires à le qualifier de planète naine : il orbite autour du Soleil, il n'est pas une Lune et, à la différence d'une planète, il n'a pas nettoyé les environs de son orbite. La quatrième et dernière condition serait qu'il possède une masse suffisante pour que sa propre gravité lui confère une forme à peu près sphérique. Or, de nouvelles observations effectuées au moyen du VLT ont permis de lever cette inconnue.

“L'instrument SPHERE installé sur le VLT possède des caractéristiques uniques, qui en font l'un des systèmes d'imagerie les plus puissants au monde, et ont permis de déterminer la forme d'Hygiea – une forme à peu près sphérique”, déclare Pierre Vernazza, auteur principal de cette étude et chercheur au Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, France. *“Sur la base de ces images, Hygiea peut désormais être qualifié de planète naine la plus petite du Système Solaire.”*

L'équipe a également utilisé les observations de SPHERE pour contraindre la taille d'Hygiea, et établir son diamètre à quelque 430 km. Pluton, la plus célèbre des planètes naines, est caractérisé par un diamètre voisin de 2400 km. Celui de Ceres en revanche avoisine les 950 km.

Grâce à l'instrument SPHERE qui équipe le Very Large Telescope de l'ESO, des astronomes ont révélé que l'astéroïde Hygiea pourrait bien figurer parmi les planètes naines. Ce nouvel épisode des ESOcasts Light livre de plus amples détails concernant ce fascinant objet. Crédit : ESO

En outre, les observations ont révélé que la surface d'Hygiea ne présentait aucune trace du vaste cratère d'impact attendu par les scientifiques, comme en témoigne l'étude parue le 28 octobre dans la revue Nature Astronomy. Hygiea est le principal membre de l'une des familles d'astéroïdes les plus étendues parce que constituée de près de 7000 membres originaires d'un seul et même corps parent. Les astronomes s'attendaient à ce que l'événement ayant conduit à la formation de cette famille nombreuse ait laissé une marque visible, profonde et étendue, à la surface d'Hygiea.

“Ce résultat constitue une véritable surprise”, ajoute Pierre Vernazza. *“Nous nous attendions en effet à constater la présence d'un vaste cratère d'impact, tel celui figurant à la surface de Vesta”.* En réalité, seuls deux cratères ont pu être identifiés avec certitude sur les clichés couvrant 95% de la superficie totale d'Hygiea. *“Aucun de ces deux cratères n'a pu résulter de l'impact ayant donné naissance à la famille d'astéroïdes d'Hygiea, dont le volume avoisine celui d'un objet de 100 km de diamètre. Ils sont bien trop petits”,* précise Miroslav Brož de l'Institut d'Astronomie de l'Université Charles de Prague en République Tchèque, par ailleurs co-auteur de l'étude.

L'équipe a décidé de poursuivre ses investigations. Au moyen de simulations numériques, ils ont établi que la forme sphérique d'Hygiea et sa grande famille d'astéroïdes résultent probablement d'une collision frontale majeure avec un gros projectile doté d'un diamètre compris entre 75 et 150 km. Leurs simulations retracent

ce violent impact vraisemblablement survenu quelque 2 milliards d'années plus tôt, et responsable de la destruction complète du corps parent. Après avoir réassemblé les pièces du puzzle, ils ont conféré à Hygiea sa forme sphérique et l'ont doté de ses milliers d'astéroïdes compagnons. *“La survenue d'une telle collision entre deux grands corps de la ceinture d'astéroïde est unique durant les 3-4 derniers milliards d'années”*, explique Pavel Ševeček, doctorant à l'Institut d'Astronomie de l'Université Charles, qui a également participé à cette étude.

L'étude détaillée des astéroïdes est permise grâce aux avancées effectuées dans le calcul numérique et grâce à la mise en place de télescopes toujours plus puissants. *“Grâce au VLT et à l'instrument d'optique adaptative de nouvelle génération SPHERE, nous sommes désormais en mesure d'acquérir des clichés de la principale ceinture d'astéroïdes dotés d'une résolution sans précédent, et donc de combler le vide entre les observations effectuées depuis le sol d'une part, les missions interplanétaires d'autre part”*, conclut Pierre Vernazza.

Les membres du laboratoire Lagrange, Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, ayant participé à l'étude : B. Carry, J. Grice, P. Michel & P. Tanga

Contacts

Pierre Vernazza Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, France Tel: +33 4 91 05 59 11 Email: pierre.vernazza@lam.fr

Credit : ESO — Communiqué de presse scientifique eso1918fr— Communiqué de presse scientifique eso1918fr

NOVEMBRE

La mission HERA financée !

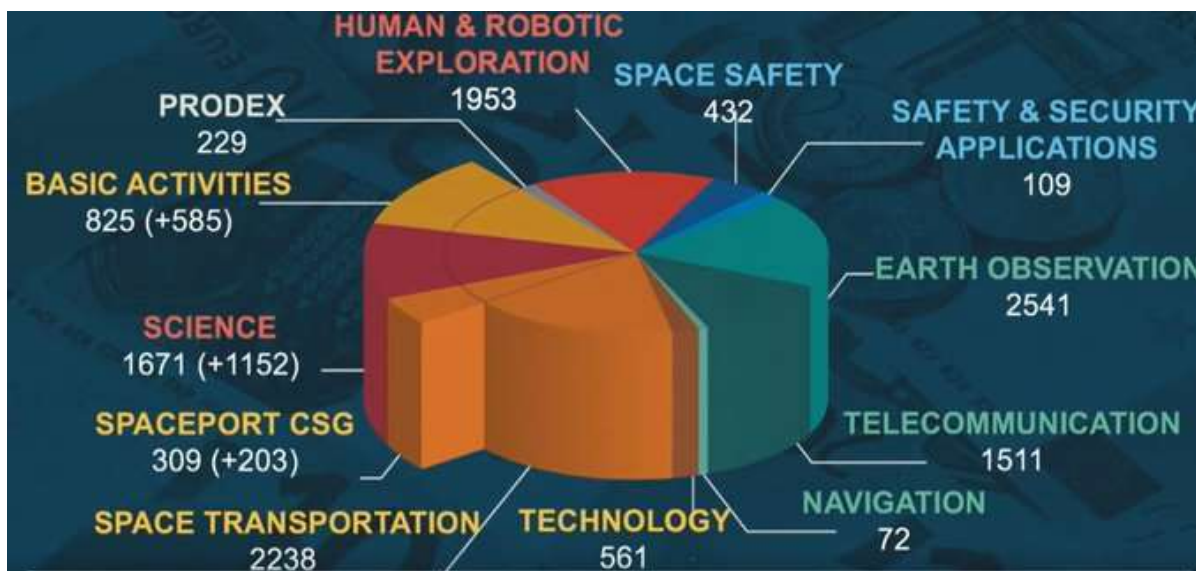
Publication : 28 novembre 2019



Conseil interministériel appelé Space19+ a réuni les Etats membres et observateurs de l'Agence spatiale européenne (ESA) afin de statuer sur les nouvelles propositions et le financement pour les années à venir. Réunis à Séville les 27 et 28 novembre 2019, les ministres des 22 États membres de l'ESA ont décidé des principales orientations stratégiques et budgétaires de l'Europe spatiale. Avec 14,4 milliards d'euros votés sur 5 ans, l'ensemble des pays ont confirmé leur fort engagement dans les activités spatiales., dont la mission HERA dans laquelle sont impliqués des chercheurs du laboratoire Lagrange (CNRS-UCA-OCA). En effet, Patrick Michel, directeur de recherche CNRS, aura la responsabilité scientifique de cette mission et

Benoît Carry astronome, sera membre de l'investigation team.

Le Conseil de l'ESA Space19 +, s'est achevé avec l'approbation du plan le plus ambitieux à ce jour pour l'avenir de l'ESA et de l'ensemble du secteur spatial européen. La réunion a rassemblé des ministres responsables des activités spatiales en Europe, ainsi que le Canada et des observateurs de l'UE. Dans cette enveloppe, l'Allemagne est le premier contributeur avec 3,3 milliards d'euros. La France est deuxième contributeur, à hauteur de 2,7 milliards (soit un peu plus de 18%). L'Italie est troisième avec 2,3 milliards.



Répartition, en millions d'euros, du budget de l'ESA pour 2020-2023 (entre parenthèses, les budgets supplémentaires jusqu'à 2025). © ESA

Les États membres ont été invités à approuver un ensemble complet de programmes visant à garantir l'accès indépendant de l'Europe à l'espace et à son utilisation dans les années 2020, à stimuler la croissance de l'économie spatiale européenne et à faire des découvertes décisives sur la Terre, notre système solaire et l'univers. Et au-delà, faire le choix responsable de renforcer les efforts que nous faisons pour sécuriser et protéger notre planète.



Photo officielle du Conseil Ministériel Space19+ © ESA

"L'idée de la mission HERA est de travailler à la défense de la planète contre les impacts d'astéroïdes. C'est le risque naturel le plus faible mais qui peut avoir des conséquences catastrophiques. C'est aussi le seul qu'on peut prédire et prévenir avec des moyens raisonnables ce qu'on ne pourra jamais faire pour un tremblement de terre ou un tsunami. Le projet Hera fonctionne en binôme avec la mission DART de la NASA, qui décollera en 2021 et consistera à envoyer un satellite de 550 kg percuter, à plus de 20 000 km/h, le petit satellite de l'astéroïde Didymos, satellite qu'on a surnommé Didymoon et qui mesure 165 mètres. Après le choc, la période de révolution de Didymoon autour de Didymos, qui est de douze heures, sera modifiée de quelques minutes. Hera partira en 2024 pour voir la taille du cratère créé par DART et évaluer précisément la « quantité de mouvement » transférée à Didymoon lors de la collision en mesurant sa masse. L'idée est de pouvoir, grâce à toutes ces données, valider les simulations numériques d'impact sur un astéroïde à l'échelle réelle et de mettre au point un modèle de déviation, de façon à savoir quelle énergie transmettre à un tel corps menaçant la Terre, afin de lui faire changer de trajectoire."



NOVEMBRE

Des nouvelles de MATISSE

En novembre, a eu lieu une maintenance de MATISSE. Au programme un remplacement d'un mécanisme motorisé au niveau de la source de calibration. L'opération réalisée avec Pierre Bourget, a nécessité un léger réalignement de l'optique chaude. Après quoi, il a été procédé au réchauffement des cryostats en vue d'une maintenance au niveau du système de refroidissement et d'un remplacement d'une optique.

Les missions à Paranal sont toujours des occasions de se retrouver dans un environnement humain si particulier, de revoir les coupoles et les instrumentations, et de contempler le paysage ... de cailloux. En bonus, cette fois ci, nous avons pu visiter avec Pascal Lapeyre, le site de l'ELT dont les fondations sont en bonne voie et laisse suggérer tous les superlatifs pour l'avenir.

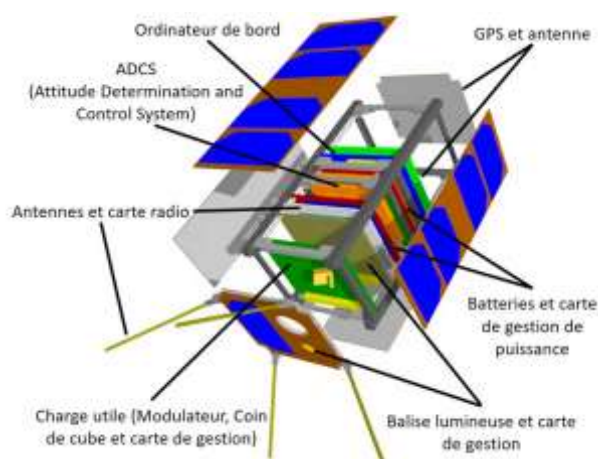


Yves Bresson

DECEMBRE

Revue du projet NICEcube

« NICEcube » : 1er projet de Nano Satellite Etudiant du Centre Spatial Universitaire (CSU) de la Côte d'Azur. Son objectif principal est la formation d'étudiants et étudiantes aux techniques spatiales, qui conçoivent un petit satellite 2U (10x10x20 cm) avec une démarche projet. NICEcube devra démontrer la faisabilité d'une liaison optique entre le satellite et le sol, afin de transmettre des données numériques point à point de manière sécurisée. Ce lien servira aussi à caractériser certaines perturbations atmosphériques, plus particulièrement la scintillation qui affecte les communications optiques entre les satellites et la Terre. NICEcube, apparaissant dans le ciel nocturne de la Côte d'Azur, transmettra par radio sa position précise, acquise par son GPS, au Centre de Commande situé au laboratoire Lagrange à Nice. Une station sol optique : le télescope « UniversCity » de l'OCA, en cours d'intégration à l'Observatoire de Calern, suivra la balise lumineuse du satellite en orbite à ~400-500 km d'altitude.



Revue de « Phase 0 » le 3 décembre 2019.

Ce télescope tirera un faisceau laser vers le rétro réflecteur « coin de cube » du satellite orienté vers la Terre grâce à son contrôle d'attitude ADCS. Après réflexion, la lumière laser sera dirigée vers le détecteur du télescope au sol. Ce système permettra des communications haut débit lors des passages du satellite.

Une équipe d'étudiants et d'encadrants motivés ont présenté leurs travaux d'étude lors de la revue de « Phase 0 » devant un comité constitué de membres du CNES, en particulier du programme JANUS, de laboratoires et écoles partenaires, de la société Thales et des CSU de Toulouse et de Grenoble.

Contactes scientifiques

Florentin Millour – Enseignant chercheur Université de la Côte d'Azur - florentin.millour@oca.eu

Olivier Preis – Ingénieur de recherche CNRS - olivier.preis@oca.eu

Sébastien Ottogalli – Ingénieur de recherche CNRS - sebastien.ottogalli@oca.eu



Les évènements

Prix et distinctions

Alessandro Morbidelli Chercheur en planétologie : Médaille d'argent du CNRS 2019



Chercheur en planétologie au Laboratoire Lagrange, spécialiste des aspects dynamiques de la formation planétaire et plus particulièrement de l'histoire passée du Système solaire et de ses spécificités en rapport aux systèmes extrasolaires observés.

"Passionné d'astronomie et de romans d'investigations, je joins ces deux passions en me consacrant à un des mystères les mieux gardés par la nature : l'origine du Système solaire. Mon travail s'apparente d'une certaine façon à celui d'un détective... Je récolte des indices provenant des observations des planètes, des petits corps et des analyses chimiques et isotopiques des météorites et des roches terrestres ou lunaires, puis je cherche à bâtir un scénario d'évènements cohérent qui les explique. Le scénario est ensuite testé par des simulations numériques et une fois validé, il me permet de reconstruire l'état du système à une époque plus ancienne. Je remonte ainsi par étapes à des phases de plus en plus précoces de l'histoire du Système solaire, tout en essayant de comprendre

pourquoi notre système a acquis une structure si particulière par rapport aux systèmes extrasolaires observés."

Lauréat 2019 du prix CNES-Astrophysique et sciences spatiales : François Mignard

Publié dans *Lauréats*



Le prix CNES-Astrophysique et sciences spatiales 2019 est décerné à François Mignard, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique à l'UMR Cassiopée de l'Observatoire de la Côte d'Azur.

François Mignard a effectué un remarquable travail en mécanique céleste analytique appliquée aux corps du système solaire et a eu un rôle de meneur dans la préparation très délicate et l'exploitation tout aussi délicate des deux plus grandes missions spatiales d'astrométrie, HIPPARCOS et GAIA, toutes deux réalisées par l'Agence spatiale européenne. HIPPARCOS lancé en 1989 a mesuré la parallaxe de 118 218 étoiles proches avec une précision d'une milliseconde d'arc. GAIA a été lancé en 2013, avec l'objectif de cartographier en 3D plus d'un milliard d'objets de notre galaxie avec une précision inégalée, allant jusqu'à 7 micro secondes d'angle pour les étoiles les plus brillantes.

De telles mesures ont un impact direct sur les connaissances des propriétés fondamentales de ces objets (distance, vitesse, caractéristiques physiques) et permettent un nouveau regard sur l'histoire dynamique des objets de notre Galaxie.

L'histoire géologique de Mars en trois minutes, un gagnant OCA à MT180



Du droit à la biologie en passant par l'astronomie et la philosophie, « Ma thèse en 180 secondes » représente cette capacité à faire comprendre à un auditoire non-scientifique et dans un temps limité, des sujets relativement complexes. La semaine dernière a eu lieu la finale azurienne à Nice : trois jeunes chercheurs du laboratoire Lagrange (CNRS-UNS-OCA) étaient candidats afin de représenter la recherche en Sciences de l'Univers. Alban Ceau nous a parlé de *l'interférométrie pleine pupille en exposant les limites et potentiel de la méthode Kernel*. Romain Laugier quant à lui, a su expliquer au public *les performances de la coronographie et de l'interférométrie*, tandis qu'Adrien Broquet revient fièrement avec la médaille de bronze après son exposé sur *l'histoire géologique de Mars vue depuis l'orbite*.

Balayer la salle du regard, apprivoiser sa nervosité, accaparer l'espace scénique le tout en exposant le plus clairement et le plus simplement possible ses travaux est un exercice particulièrement difficile et très formateur. « Rendre accessible de la meilleure façon, certaines parties de ma thèse que j'étais moi-même 'en train' de comprendre était le plus difficile pour moi ». Grâce à des formateurs encourageants et une dynamique de groupe solidaire, les dix-huit candidats se sont entraînés, formés ensemble dans un bel esprit d'équipe qui leur a permis de s'inspirer des uns et des autres.



© Service communication UCA

Adrien a 26 ans, il effectue sa seconde année de thèse au laboratoire Lagrange de l'observatoire de la Côte d'Azur sous la direction de Mark Wieczorek, co-investigateur de la mission NASA InSIGHT sur laquelle il collabore. Il travaille au sein de l'équipe TOP (Théorie et Observation en planétologie). Après des études de géologie et géophysique à Paris, il décide d'ouvrir son cursus à la planétologie. Intervenant auprès de différents niveaux scolaires, il se rend compte de la difficulté, parfois, de résumer ses recherches en quelques minutes à des élèves de collège. Attiré par le challenge de la vulgarisation et la complexité de la limite de temps, il s'inscrit au concours après une formation sur le corps et la voix donnée par Franck Rainaut (formateur MT180) lors de sa première année. L'expérience MT180 est un excellent exercice selon Adrien, une belle prise de recul sur son champ de recherche et une façon amusante de travailler son discours et son rapport au public.

Mesurer sa voix, lever la tête pour avoir de l'assurance et pouvoir passionner un auditoire en trois minutes est le défi qu'ont relevé avec brio les dix-huit candidats mardi dernier sur la scène du Théâtre National de Nice.



Médaille d'excellence UCA : Patrick Michel pour l'obtention du H2020 NEO MAPP, coordinateur

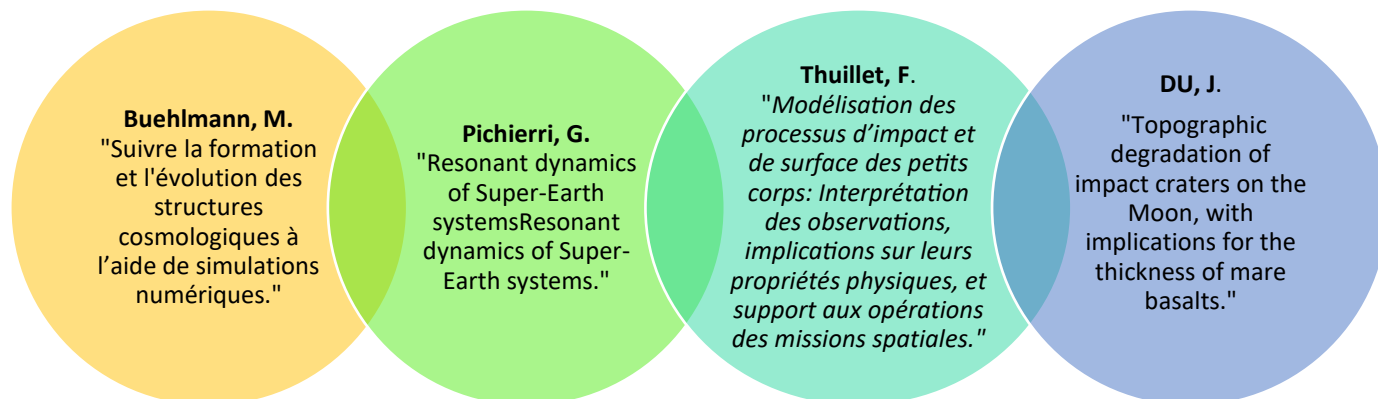
Palmes académiques : Mme Sophie Rousset a été promue au grade de chevalier des Palmes académiques lors de la promotion 2019.



CNAP

Denis Mourard a été élu Rang A au CNAP.

Thèses de Doctorat soutenues en 2019



Thèses d'Habilitation à Diriger des Recherches en 2019

Rémi Flamary



Transport optimal pour l'apprentissage statistique :

Dans ce document, je présente plusieurs contributions récentes en apprentissage statistique s'appuyant sur la théorie du transport optimal (TO). La première partie présente le problème de transport optimal et discute de plusieurs aspects comme la résolution numérique du problème dans sa formulation originale et régularisée. Je présente ensuite des contributions en apprentissage statistique qui s'appuient sur quatre aspects complémentaires du transport optimal. J'introduis d'abord l'utilisation du transport de Monge en adaptation du domaine, puis l'utilisation de divergences basées sur le TO dont la distance de Wasserstein pour mesurer la similarité entre histogrammes et distributions empiriques. Finalement j'introduis des résultats récents visant à étendre le TO pour mesurer la similarité entre données structurées telles que des graphes étiquetés.

Deuxième promotion du MASTER MAUCA en 2019



MASTER IN
ASTROPHYSICS

Ce Master couvre un large spectre de thématiques astrophysiques ainsi que des projets instrumentaux, numériques et des missions spatiales



la deuxième promotion diplômée MAUCA et la quatrième promotion à Calern le mois dernier.

La deuxième promotion des étudiantes et étudiants MAUCA a été diplômée en juin 2019. Trois sont maintenant en thèse (deux à l'OCA, une Angleterre), deux sont en contrat dans l'industrie (un CDD, un CDI) et une est en recherche de thèse/poste.

MAUCA compte actuellement 21 étudiantes et étudiants : 11 en M2 et 10 en M1, dont un étudiant Erasmus. La nouvelle promotion (la 4ème) a effectué en novembre son stage en immersion de deux semaines à C2PU (ci-dessous).



Séminaires Lagrange 2019

Organisés par Mamadou N'Diaye et Georges Kordopatis.



Date	Intervenant	Institut	Titre
2019-12-11	N. Nesvadba	OCA, France	The power of the radio: Witnessing jet-driven AGN feedback and how it regulates galaxy growth through cosmic history
2019-12-03	B. Zanda	Musée d'Histoire Naturelle, France	Meteorites: the archives of the Solar System
2019-11-26	O. Minazzoli	OCA, France	First conservative constraints on the mass of the graviton from solar system observations and planetary ephemerides
2019-11-26	M. Schultheis	OCA, France	The nuclear star clusters (Milky Way & Extragalactic)
2019-11-19	Y. Prufer	Metropole Nice Côte d'Azur	Présentation du projet de Plan Climat Air Energie Territorial PCAET 2019-2025 pour le territoire de la métropole Nice Côte d'Azur
2019-11-12	S. Cerri	Princeton University, USA	Reconnection and ion heating in low-beta hybrid-kinetic plasma turbulence
2019-11-05	E. Jehin	STAR Institute, Université de Liège, Belgium	TRAPPIST: 10 years of Science and Operations
2019-10-15	F. Spoto	OCA, France	How Gaia (DR2) has changed our view of asteroid astrometry
2019-10-08	B. Malte Schaefer	Center for Astronomy, University of Heidelberg, Germany	Good and bad news: intrinsic alignments in weak lensing data
2019-10-01	B. Neichel	LAM, France	HARMONI, the ELT first light IFU
2019-09-24	O. Minazzoli	OCA, France	Open LIGO-Virgo alerts
2019-09-24	A. Crida	OCA, France	From stars to planets: a multi-disciplinary approach to discover a molten lava world
2019-09-17	S. Borgniet	LESIA, France	Improving Milky Way Cepheid distance estimations with high-resolution spectroscopy
2019-09-10	J. Freundlich	Hebrew university of Jerusalem, Israël	Galaxy evolution: a gas perspective
2019-09-03	A. Lamberts	OCA, France	Now with sound effects : the lives of binary stars with electromagnetic observations and gravitational waves
2019-07-02	A. Renzini	INAF, Italy	Perspectives at detecting globular clusters in formation at high redshifts ($z \sim 3$ to 10)
2019-06-28	S. Cassisi	National Institute for Astrophysics - Italy	The oldest stellar populations in the Milky Way: the multiple stellar population phenomenon in Galactic Globular Clusters and its implication for the Galaxy formation
2019-06-25	H. Homann	OCA, France	Why using modern C++ for scientific computing?
2019-06-25	M. Faurobert	OCA, France	Quiet Sun magnetic fields
2019-06-18	J.F. Cardoso	IAP, France	The inconvenience of a single Universe
2019-06-11	E.ourgoulhon	LUTH, France	Gravitational waves from star-like objects orbiting the Galactic Center black hole

2019-06-04	R. Lau	JAXA, Japan	WR DustERS: a JWST-ERS program to resolve the nature of dust in Wolf-Rayet binary winds
2019-05-28	M. Bergemann	MPIA, Germany	Reading physics from stellar spectra
2019-05-21	A. Chelli	OCA, France	Pseudo-photometric distances of 30 open clusters
2019-05-07	A. Maury	CEA, France	Characterizing the formation mechanisms of protostellar disks: observations and models
2019-04-30	A. Chiavassa	OCA, France	A "medical" scan of the velocities in the atmosphere of evolved stars
2019-04-30	R. Flamary	OCA, France	Astronomical image reconstruction with convolutional neural networks
2019-04-23	I. Delvecchio	CEA, France	Clues on radio AGN feedback at high-redshift from deep radio surveys
2019-04-02	F. Cantalloube	MPIA, Germany	Imaging exoplanets and circumstellar disks: the current instruments and their limitations
2019-03-26	A. Arentsen	AIP, Germany	Exploring the metal-poor inner Galaxy with the Pristine survey
2019-03-19	S. Sridhar	Astron, The Netherlands	Magnetic fields in nearby galaxies: A new low-frequency radio continuum perspective
3-12	D. Meyer	University of Exeter, UK	The circumstellar medium of massive runaway massive stars
2019-03-05	A. Mastrobuono-Battisti	MPIA, Germany	Close encounters, inspirals and mergers: the link between globular and nuclear star clusters
2019-02-26	F. Fragkoudi	MPIA, Germany	The Bar Connection: Effects of the bar on the Milky Way bulge and disc
2019-02-05	A. Amarsi	MPIA, Germany	Improved line formation models for more accurate stellar chemical abundances
2019-01-29	J. Sorce	CRAL, France	Do we need a new cosmological model? GMO-CLONES, a solution to the precision cosmology dilemma
2019-01-22	H. Le Treut	Institut Pierre Simon Laplace, France	De l'alerte à l'action sur le changement climatique, quels enjeux nouveaux pour la science et la modélisation
2019-01-15	M. Delbo	OCA, France	The preliminary survey of the near-Earth asteroid Bennu by NASA's OSIRIS-REx
2019-01-08	P. Hennebelle	CEA, France	The formation and early evolution of planet-forming disks

Les colloques

05/12/2019	06/12/2019	PEPPER – Etoiles évoluées	Andrea Chiavassa
4/12/2019	05/12/2019	Equipe scientifique MMX Rover	Patrick Michel
4/12/2019	6/12/2019	Workshop GAIA / COST	Paolo Tanga
3/12/2019	4/12/2019	Gaia DPACE	Orlagh Creevey
18/11/2019	22/11/2019	Board de SKAO	Chiara Ferrari
12/11/2019	14/11/2019	Ecole VO @OCA	Benoit Carry
22/09/2019	27/09/2019	Ecole Evry Schatzman 2019	Lionel Bigot
09/07/2019	11/07/2019	Workshop Optique et IA	Denis Mourard
20/05/2019	22/05/2019	MASCOT Managers meeting	Patrick Michel
13/05/2019	17/05/2019	SF2A	Eric Lagadec
28/01/2019	30/01/2019	Meeting CHARA/SPICA	Denis Mourard



Les nouveaux contrats

2 nouvelles ANR obtenues en 2019:

Sous-programme	CES 31 Physique subatomique, sciences de l'Univers, structure et histoire de la Terre	CES 48 Fondements du numérique : informatique, automatique, traitement du signal
Programme	GENERIQUE PRC	GENERIQUE PRC
Acronyme	MAGIS	DARLING
Libellé long	PRC "MAGIS" MArs Geophysical InSight.	DARLING (PRC) "Adaptation et apprentissage distribués pour les signaux sur graphe".
Responsable(s) scientifique(s)	Mark Wieczorek	Cédric Richard
Durée (en mois)	48	48
Gestionnaire financier	OCA	OCA
Partenaire(s)	LANL / OCA / LPG / LMD / INSTITUT DE RECHERCHE EN ASTROPHYSIQUE ET PLANETOLOGIE (IRAP) / DRRP-DEOS / CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY / JET PROPULSION LABORATORY / LGL / IPGP / IMPMC	CEA / OCA / ENS LYON ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON / UNIVERSITE GRENOBLE ALPES
Coordination	IPGP	OCA LAGRANGE

1 H2020 coordinateur, Patrick Michel



NEO-MAPP (Near Earth Object Modelling and Payloads for Protection) signifie: Modélisation et Instrumentation pour la protection contre les astéroïdes géocroiseurs.

Notre projet NEO-MAPP aborde le sujet « Recherches avancées sur les géocroiseurs et les nouvelles technologies instrumentales consacrées à la défense planétaire » du programme H2020 de la Commission Européenne (SU-SPACE-23-SEC-2019) et se concentre sur les deux premiers volets de ce sujet

- Maturation et adaptation des capacités en termes de modélisation du processus d'impact, de structure interne et de dynamique des astéroïdes géocroiseurs
- Développement d'instruments, technologies et modèles liés d'exploitation des données en soutien aux missions spatiales vers des astéroïdes géocroiseurs

Le consortium comprend 15 partenaires, dont 13 laboratoires académiques et deux industries (Airbus Defense & Space et GMV). Il est financé pour 3 ans de 2020 à 2023.

Les temps forts institutionnels

80 ans du CNRS

Forum des Sciences « 80 ans » du CNRS au CIV du 7 au 11 octobre 2019

60 scientifiques azuréens à la rencontre des élèves du CIV

Explorons ensemble les mondes vivants, les mondes glacés, les mondes des océans, les mondes anciens, les mondes lointains, les mondes virtuels, les mondes de demain...

DU LUNDI AU VENDREDI EN JOURNÉE POUR LES ÉLÈVES DU CIV

- 40 conférences scientifiques
- 4 expositions à l'ADORA
 - CIMO / Céramiques Imprimées de Méditerranée Occidentale
 - Les métiers de la Science en Côte d'Azur
 - Il était une fois le CNRS
 - Avec les scientifiques du CNRS, explorons de nouveaux mondes!
- Science speed dating, un tête à tête avec les scientifiques
- #auLIESpourScience, des rencontres avec 10 scientifiques
- Des observations du ciel avec PSTJ
- Ani-suis-migranti-e, un jeu scientifique
- Zeste de thèse, une rencontre avec 9 doctorants

EN SOIRÉE - OUVERT AU GRAND PUBLIC

- LUNDI et MERCREDI à 20h et JEUDI à 19h30
- 3 films suivis de débats avec des scientifiques
- VENDREDI à 20h
- Grande conférence sur l'EXPLORATION SPATIALE

Plus d'informations c-a.cnrs.fr/80ans

« SOIRÉES EXCEPTIONNELLES AU CINÉMA LAJAMA »

Lundi 7 octobre à 20h (gratuit)

« In minimis maxima : la Nature est la plus grande dans les détails les plus infimes » commenté par Eléa Nicoud, chargée de recherche CNRS au laboratoire CEPAM (CNRS- UCA)

Mercredi 9 octobre à 20h (gratuit)

« Matisse un grand instrument d'observation au Chili » par Bruno Lopez, astronome et responsable scientifique du projet Matisse au laboratoire Lagrange (CNRS-OCA-UCA)

La séance sera suivie d'observations du ciel avec l'association PSTJ

Jeudi 10 octobre à 19h30 (prix d'1 place tarif préférentiel)

« Thomas Pesquet - L'étoffe d'un héros » suivi d'un débat commenté par Pierre Cruzalebes, chargé de recherche CNRS au laboratoire Lagrange (CNRS-OCA-UCA), Président de PSTJ

Vendredi 11 octobre à 20h (gratuit)

« La mission spatiale Rosetta-Philae sur la trace de l'origine de la vie » animée par Uwe Meierhenrich, professeur à l'ICN (CNRS-UCA)

1ère Convention des DU à la Mutualité le 1^{er} février 2019



Journée Lagrange



Journée Scientifique de l'OCA



Nuit des coupoles ouvertes



Journée Thales Alenia Space - Lagrange



Réunion prospective instrumentale, 1^{er} juillet



Autres moments...



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

Edité en Janvier 2020.