



Astronomie dans le monde

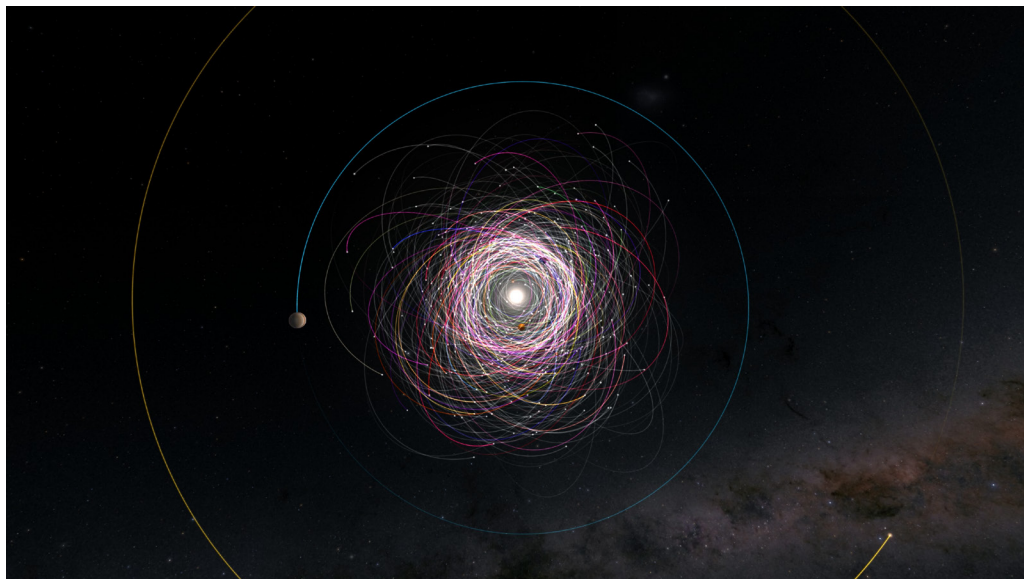
Gaia repère des lunes possibles autour de certaines d'astéroïdes

Basé sur un communiqué ESA

La mission astrométrique Gaia s'est une fois de plus révélée être une redoutable exploratrice d'astéroïdes, repérant des lunes potentielles autour de plus de 350 astéroïdes.

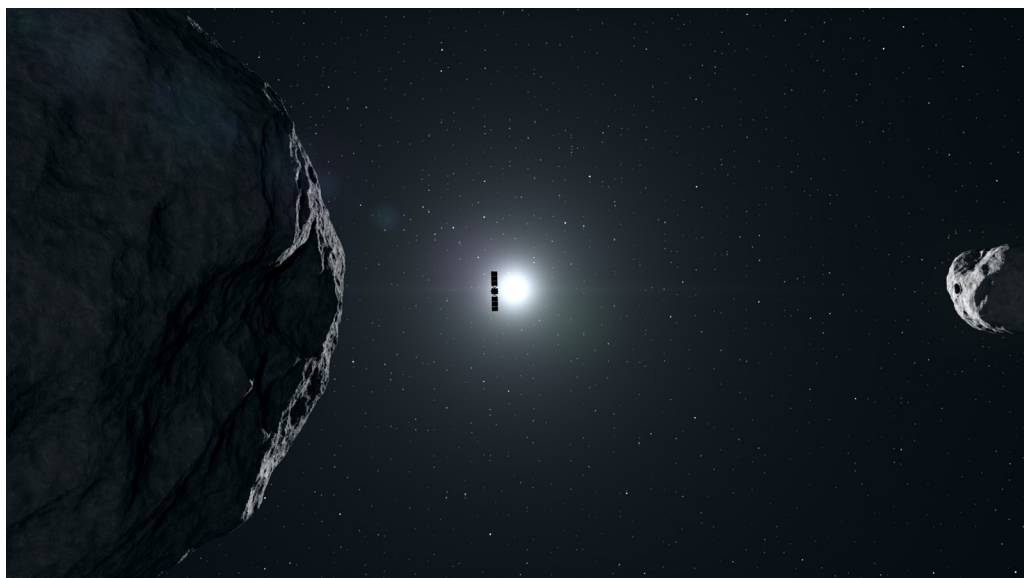
Gaia avait déjà étudié des astéroïdes binaires et avait confirmé que les signes révélateurs de ces minuscules lunes apparaissaient dans les données astrométriques ultra-précises du télescope. Cette nouvelle découverte prouve que

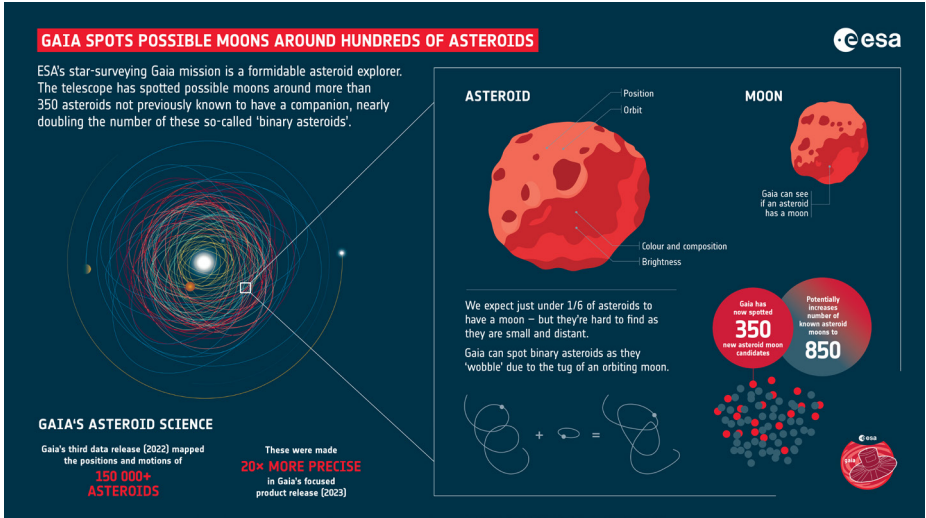
Orbites de plus de 150 000 astéroïdes présents dans les données de Gaia, depuis le Soleil jusqu'à la distance de Jupiter. Le point jaune représente le Soleil. Le bleu montre la partie interne du Système solaire. La ceinture principale, entre Mars et Jupiter, est en vert. Les astéroïdes troyens de Jupiter sont en rouge. (ESA/Gaia/DPAC ; CC BY-SA 3.0 IG0 ; P. Tanga/O. de la Côte d'Azur)



▲ Cette image montre 156 823 orbites d'astéroïdes observés par Gaia. Le cercle bleu représente l'orbite de Jupiter. (ESA/Gaia/DPAC; S. Jordan, T. Sagristà, P. Tanga; Gaia Sky)

▼ Vue d'artiste d'Hera passant devant Didymos jusqu'à Dimorphos (ESA)





Gaia peut également mener des recherches indépendantes pour découvrir de nouveaux candidats.

Les astéroïdes binaires sont difficiles à trouver car ils sont pour la plupart petits et lointains. Les astronomes s'attendent à ce qu'un peu moins d'un sixième des astéroïdes aient un compagnon, mais jusqu'à présent ils n'en avaient trouvé que 500 sur les millions qui doivent exister. La moisson de Gaia confirme qu'il existe de nombreuses lunes qui ne demandent qu'à être découvertes. Elle permet d'ajouter 352 candidats binaires au décompte, doublant presque le nombre connu d'astéroïdes avec des lunes.

Les astéroïdes sont des objets fascinants et offrent des informations uniques sur la formation et l'évolution du Système solaire. Les binaires sont encore plus passionnants, car ils nous permettent d'étudier comment ces objets se forment, entrent en collision et interagissent.

Grâce à ses capacités uniques d'analyse du ciel, Gaia a réalisé un certain nombre de découvertes importantes d'astéroïdes depuis son lancement en 2013. La mission a identifié avec précision les positions et les mouvements de plus de 150 000 astéroïdes. Gaia a également récolté des données sur la chimie des

La mission Gaia a révélé la binarité possible de plus de 350 astéroïdes. Si elle est confirmée, cette découverte doublerait presque le nombre d'astéroïdes binaires connus. (ESA)

astéroïdes, compilant la plus grande collection jamais réalisée de spectres. Encore plus d'orbites d'astéroïdes seront publiées d'ici deux ans dans le prochain catalogue de données de Gaia.

L'ESA poursuivra son exploration des astéroïdes binaires avec la prochaine mission Hera, dont le lancement est prévu cette année. Hera vient à la suite de DART, la sonde qui était entrée en collision en 2022 avec Dimorphos, satellite de l'astéroïde Didymos. Il s'agissait d'un test de déviation d'astéroïde dans le cadre de la protection de notre planète. Hera devra réaliser une étude post-impact de Dimorphos.

Gaia a aussi aidé les astronomes à observer l'occultation d'étoiles par Didymos en 2022. La faisabilité de cette technique a été considérablement améliorée ces dernières années grâce aux orbites d'astéroïdes et aux cartes d'étoiles ultra-précises de Gaia, prouvant l'immense valeur de la mission pour l'exploration du Système solaire.

Didymos et Dimorphos

Basé sur un communiqué NASA

En étudiant les données collectées lors de la mission DART (Double Asteroid Redirection Test) de la NASA, qui en 2022 a projeté un engin spatial contre Dimorphos, les scientifiques ont découvert de nouvelles informations sur l'origine de ce système binaire et ont compris pourquoi DART a été aussi efficace pour modifier l'orbite de Dimorphos.

L'équipe a exploré la géologie du système binaire pour caractériser son origine et son évolution et préciser ses propriétés physiques. Cela est important non seulement pour comprendre les objets géocroiseurs qui peuvent menacer notre planète, mais aussi pour nous permettre de déchiffrer l'histoire du Système solaire à partir de ces vestiges de la formation planétaire. Cela ne constitue qu'une partie de la richesse des nouvelles connaissances que nous avons acquises grâce à DART.

À partir d'images capturées par DART et par le « cubesat » LICIACube qui l'accompagnait, l'équipe a observé la topographie du petit astéroïde Dimorphos, qui présentait des roches de toutes tailles. En comparaison, si les zones élevées du plus gros astéroïde Didymos paraissaient bien rocheuses, les régions basses étaient plus lisses. Didymos présentait plus de cratères que son satellite. Les chercheurs en ont déduit que Dimorphos s'était probablement arraché de Didymos.

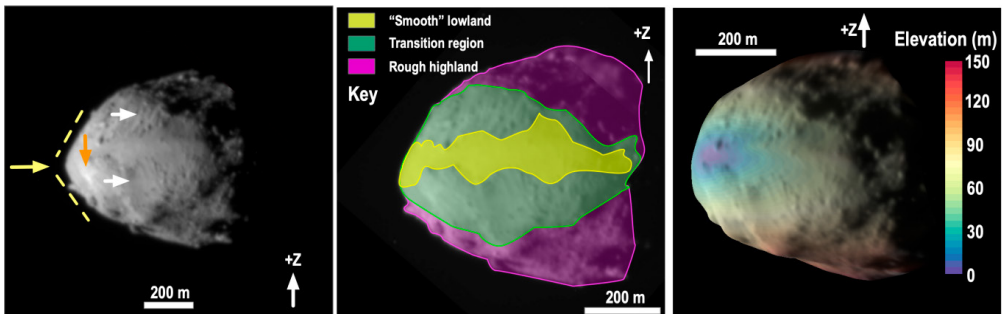
Il existe des processus naturels qui peuvent accélérer la rotation des petits asté-

roïdes, et il est de plus en plus évident que ces processus pourraient être responsables de la forme adoptée par ces corps ou même de l'éjection centrifuge de matière.

Les caractéristiques des sols suggèrent que la surface de Didymos est 40 à 130 fois plus ancienne que celle de Dimorphos, la première étant estimée à 12,5 millions d'années et la seconde à moins de 300 000 ans. La faible résistance de surface de Dimorphos a probablement contribué à l'effet significatif de DART sur son orbite.

Les chercheurs ont comparé la forme et la taille des différents rochers et leurs schémas de répartition à la surface des deux astéroïdes. Les caractéristiques physiques de Dimorphos indiquent qu'il s'est formé par étapes, probablement à partir de matériaux hérités de son parent Didymos. Cette conclusion renforce la théorie dominante selon laquelle certains systèmes d'astéroïdes binaires résultent des restes d'un astéroïde primaire plus gros se rassemblant pour former une lune.

Les caractéristiques géologiques observées sur Didymos ont aidé les chercheurs à déchiffrer l'histoire des origines de Didymos. La crête triangulaire de l'astéroïde (premier panneau à la gauche), la région « lisse » ainsi que les « hautes terres », probablement plus anciennes et plus rocailleuses (deuxième panneau), peuvent être expliquées par une combinaison de processus dépendant de l'altitude (troisième panneau). Le dernier panneau montre les effets de l'accélération de la rotation que Didymos a probablement subie pour former Dimorphos. (Johns Hopkins APL/Olivier Barnouin)



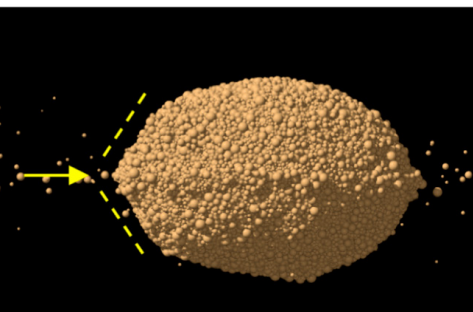
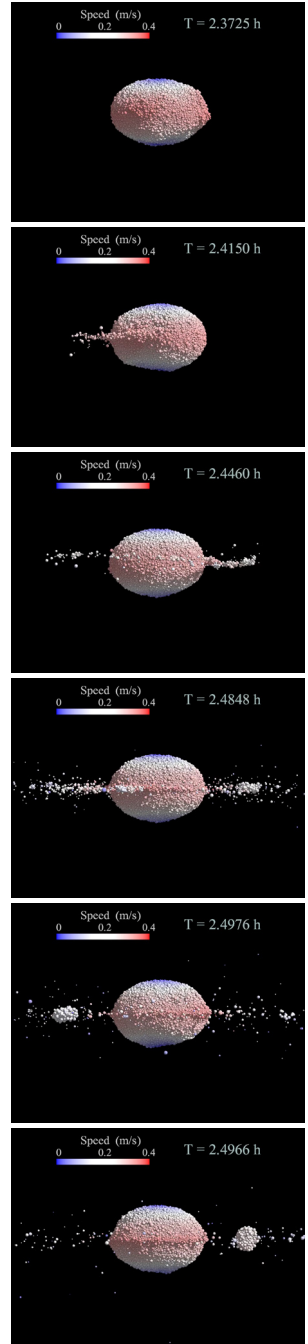
Extrait d'une vidéo montrant comment la rotation de l'astéroïde Didymos aurait pu conduire à la croissance de sa crête équatoriale et à la formation du petit satellite Dimorphos. Les particules sont colorées en fonction de leur vitesse, avec l'échelle indiquée en haut, ainsi que la période de rotation changeante de Didymos. (University of Michigan/Yun Zhang, Johns Hopkins APL/Olivier Barnouin)

Il est apparu que la fatigue thermique – la fissuration et l'affaiblissement progressifs d'un matériau provoqués par la chaleur – pouvait rapidement briser les rochers à la surface de Dimorphos et altérer rapidement les caractéristiques physiques. C'est probablement la première fois que l'on observe un tel phénomène sur ce type d'astéroïde.

Les scientifiques ont déterminé que la capacité portante de Didymos était au moins 1 000 fois inférieure à celle du sable sec sur Terre ou du sol lunaire. Ceci est considéré comme un paramètre important pour comprendre et prédire comment se comporte une surface, par exemple si l'on voulait déplacer un astéroïde.

Les rochers de surface de Dimorphos ont des caractéristiques semblables à ceux d'autres astéroïdes du type « tas de cailloux », notamment Itokawa, Ryugu et Bennu. Cela suggère que tous ces astéroïdes se sont formés et ont évolué de la même manière. La forme allongée des rochers autour du site d'impact du DART implique qu'ils se sont probablement formés lors de l'impact.

Ces résultats donnent un aperçu solide des origines du système Didymos - Dimorphos et contribuent à la compréhension de la manière dont ces corps planétaires se sont formés. Alors que la mission Hera de l'ESA se prépare à revisiter le site de collision de DART en 2026 pour analyser en détail les conséquences de ce premier test de défense planétaire, cette recherche fournit une série de tests pour ce que Hera trouvera.



L'astéroïde 2024 ON

Basé sur un communiqué NASA

L'astéroïde géocroiseur 2024 ON a été photographié par le radar de Goldstone du Deep Space Network, le 16 septembre 2024, un jour avant son passage près de notre planète. L'astéroïde était à un million de kilomètres, soit 2,6 fois la distance Terre-Lune.

L'astéroïde n'avait été découvert que le 27 juillet, par le système ATLAS (Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System) au Mauna Loa (Hawaii). Il a la forme d'une cacahuète et, comme l'astéroïde 2024 JV33 qui s'était approché de nous un mois plus tôt, 2024 ON est probablement un astéroïde binaire de contact, mesurant environ 350 mètres, avec deux lobes inégaux séparés par un col prononcé.

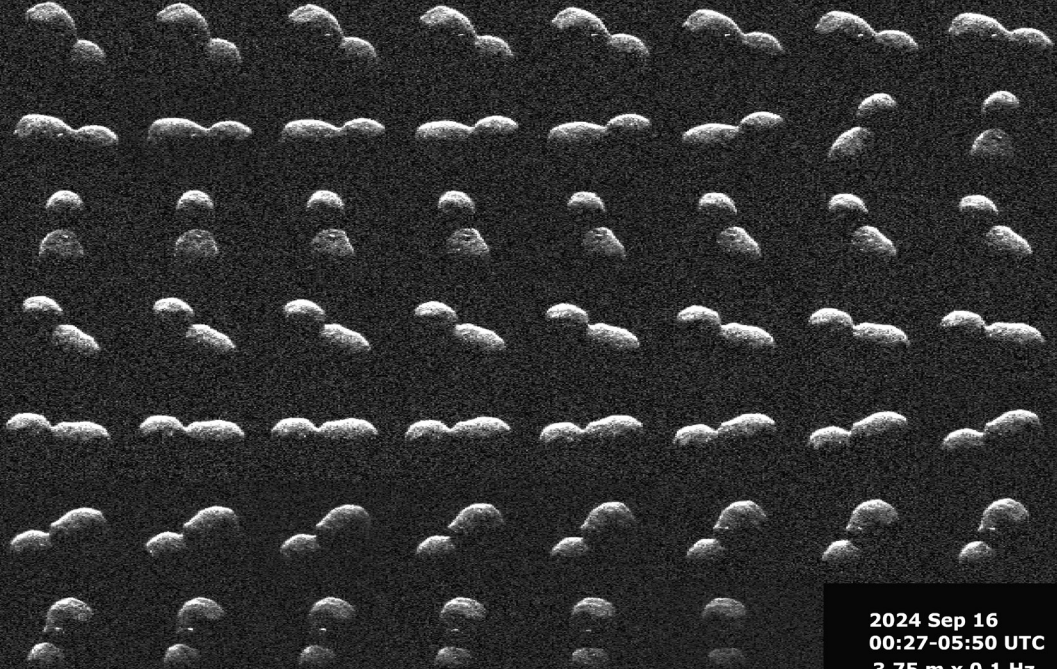
Les images radar montrent des détails de 4 mètres. Des réflexions radar brillantes indiquent probablement de gros rochers. La séquence d'images couvre environ 90 % de la rotation de six heures.

Le radar est la principale technique de détection des astéroïdes binaires de contact, dont des dizaines ont été photographiés par radar planétaire. Au moins 14 % des astéroïdes géocroiseurs de plus de 200 mètres sont des binaires de contact.

Classé comme potentiellement dangereux, 2024 ON ne représente cependant pas une menace imminente. Les mesures de Goldstone ont permis aux scientifiques de réduire considérablement les incertitudes sur la trajectoire de l'astéroïde pour plusieurs décennies.

(NASA/JPL-Caltech)

2024 ON



**2024 Sep 16
00:27-05:50 UTC
3.75 m x 0.1 Hz**

Cycle solaire ancien

Basé sur Hisashi Hayakawa et al 2024 ApJL 970 L31

Les observations télescopiques des taches solaires ont commencé en 1610. En combinaison avec des reconstructions indirectes à l'échelle annuelle, ces ensembles de données indiquent une transition progressive entre les cycles solaires réguliers et le minimum de Maunder.

Commencées en 1610, ces premières observations ont raté de peu le début du premier cycle solaire télescopique (cycle solaire -13 ; le cycle portant le numéro 1 allant de 1755 à 1766). Peu avant ces premières observations télescopiques, Johannes Kepler effectuait des observations solaires à l'aide de *camerae obscurae* et enregistrait un groupe de taches solaires dans trois dessins solaires en 1607. Les scientifiques ont analysé les dessins et descriptions laissés par Kepler pour les dater et identifier les lieux où il avait effectué ses observations.

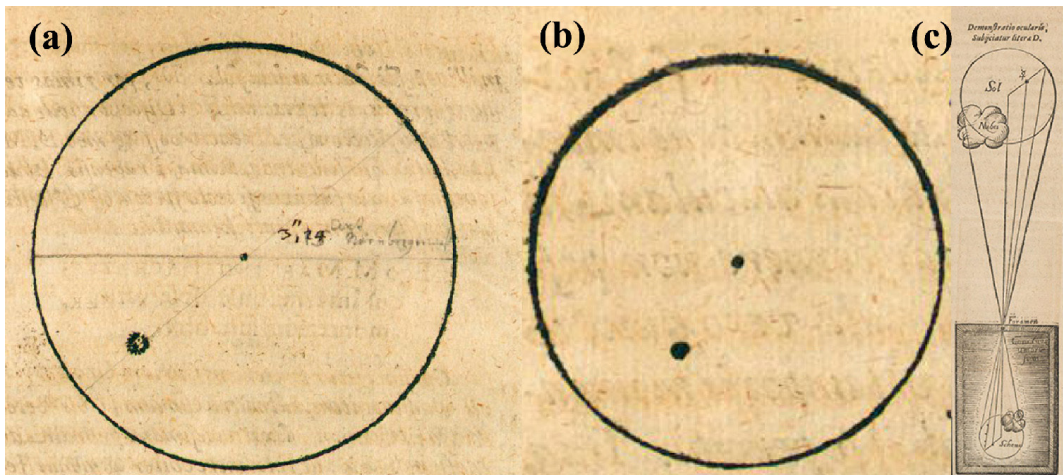
Ils ont ainsi pu évaluer l'orientation des images et y porter l'équateur et les coordonnées héliographiques. Ces résultats localisent le groupe de taches solaires signalé près de l'équateur solaire, à l'est du méridien central.

Cela contraste avec des dessins télescopiques de taches solaires faits dans les années 1610 qui montrent des groupes de taches solaires dans les latitudes les plus élevées. Les chercheurs en concluent que les taches dessinées par Kepler appartenaient probablement au cycle solaire précédent, numéroté -14. Cela permet de situer le début du cycle solaire -13 entre 1607 et 1610.

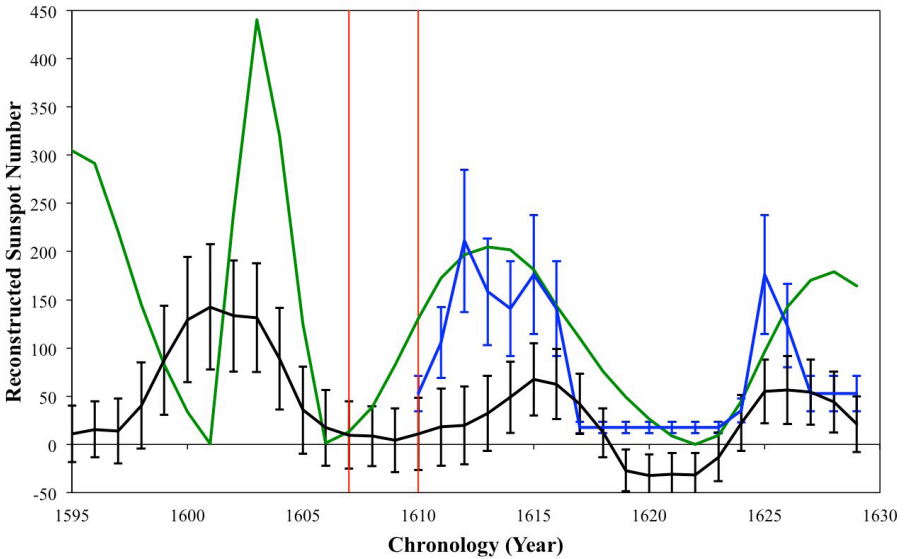
En comparaison avec les reconstructions du cycle solaire basées sur le carbone 14, ce résultat indique une durée normale du cycle solaire à cette époque plutôt que des variations extrêmes suggérées pour la durée du cycle solaire vers les années 1610.

Dessins de taches solaires basés sur des observations faites en mai 1607 par Johannes Kepler selon la technique de la camera obscura. Ce sont les premiers que l'on ait pu dater.

(Kepler, J. 1609, Phaenomenon singulare seu Mercurius in Sole, Thomae Schureri, Lipsiae)

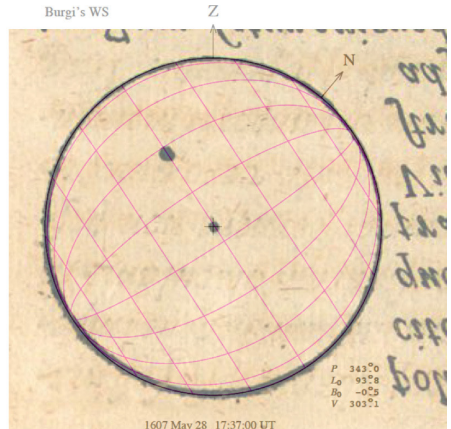
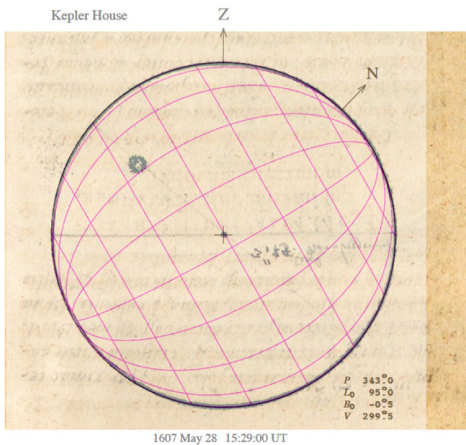


Reconstructed Sunspot Number Series



▲ *Le cycle solaire apparaît au travers des observations de taches solaires (en bleu) et du carbone 14 dans les cernes des arbres (en noir et en vert). Les dessins de Kepler permettent de fixer le passage du cycle -14 à -13 entre les traits rouges verticaux, et de contredire la courbe verte qui donne des cycles très inégaux.*
 (Hisashi Hayakawa, 2024)

▼ *Les coordonnées héliographiques calculées par les chercheurs sont portées sur les dessins de Kepler.*
 (Hisashi Hayakawa, 2024)



Cosmic Gems

*Basé sur un communiqué
Stockholm University*

Le télescope spatial James Webb (JWST) a été utilisé pour étudier l'image gravitationnelle de la galaxie Cosmic Gems (SPT0615-JD) dont la lumière a été émise 460 millions d'années après le Big Bang. Cette galaxie, agrandie par une lentille gravitationnelle, a révélé cinq amas d'étoiles massives.

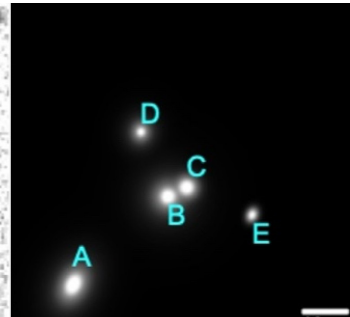
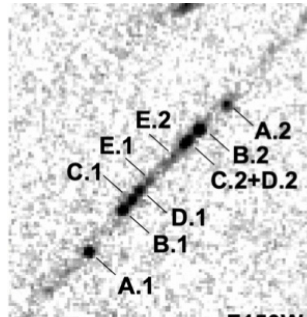
L'époque de réionisation, au cours du premier milliard d'années qui a suivi le Big Bang, a vu la transition de l'univers de l'hydrogène neutre à la matière ionisée. On pense que les premières galaxies sont à l'origine de ce changement. L'étude de ces galaxies nécessite l'observation d'objets lointains, ce qui permet de remonter le temps. L'effet de lentille gravitationnelle exercé par un corps céleste massif comme un amas de galaxies, permet d'observer les objets lointains en détail.

C'est grâce à cet effet et à la puissance du télescope JWST que les astronomes ont découvert des amas d'étoiles dans l'arc de la galaxie Cosmic Gems. Ces amas, trois fois plus denses que les amas jeunes typiques, se sont formés au cours des 50 derniers millions d'années et représentent 60 % de la lumière totale de la galaxie.

Nous observons des amas globulaires autour des galaxies locales, mais nous ne savons pas quand et où ils se sont formés. Les observations de l'arc Cosmic Gems nous montrent où se forment de futurs amas globulaires.



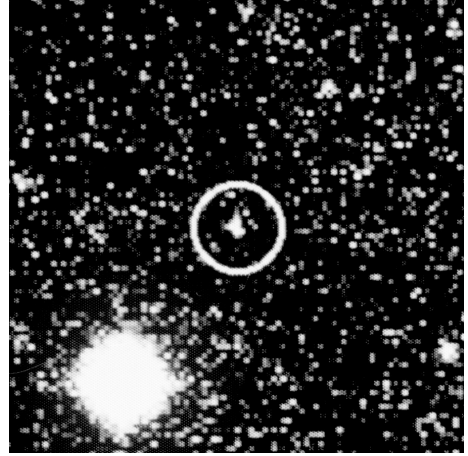
*L'arc des Cosmic Gems observé par le JWST.
(ESA/Webb, NASA & CSA, L. Bradley /STScI,
A. Adamo/U. Stockholm, collaboration Cosmic
Spring)*



*À gauche : une version négative de l'image,
où les différents amas d'étoiles sont marqués.
À droite : une reconstruction numérique des
positions réelles des amas derrière la lentille
gravitationnelle.*

*(ESA/Webb, NASA & CSA, L. Bradley /STScI,
A. Adamo/U. Stockholm, collaboration Cosmic
Spring)*

Si l'on excepte Pluton et sa lune Charon, le premier objet transneptunien à être découvert est 15760 Albion (initialement désigné 1992 QB1), découvert en 1992 par David C. Jewitt et Jane X. Luu à l'observatoire de Mauna Kea, Hawaï. Cliché obtenu en 1992 avec le télescope NTT de 3 m 50 de l'ESO (ESO/Alain Smette, Christian Vandierriest)



Glaces d'oxydes de carbone dans la région transneptunienne

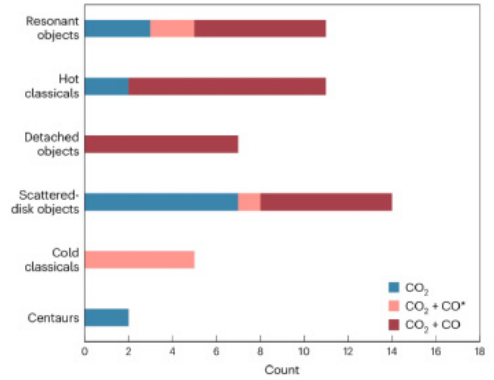
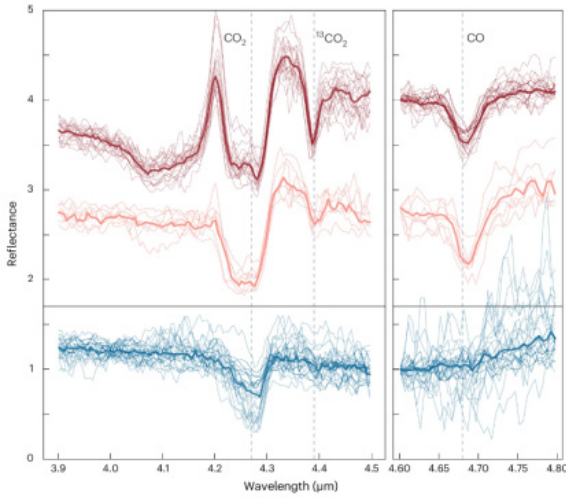
Basé sur un communiqué INSU-CNRS

Les Objets Transneptuniens (OTNs) désignent les petits corps primitifs du Système solaire externe, orbitant au-delà de Neptune. Formés assez loin du Soleil, ces objets regorgent encore d'informations concernant leur formation il y a plus de 4 milliards d'années, à l'inverse des planètes naines comme Pluton qui pourraient avoir subi une évolution interne majeure. Les OTNs ont également été témoins de processus de migration planétaire qui les ont, pour la majorité, redistribués loin de leur région de formation. Jusqu'à présent, les observations des OTNs étaient limitées, ne livrant qu'une caractérisation très partielle de leur composition chimique : seules les glaces d'eau et de méthanol étaient détectées sur une poignée d'objets.

Un grand programme d'observation du télescope spatial James Webb a récemment fourni une première vue d'ensemble des OTNs. Les observations de 59 objets obtenues avec l'instrument NIRSpec ont révélé les

toutes premières détections de glaces d'oxyde et dioxyde de carbone (CO et CO_2) sur des petits corps du Système solaire externe.

Contre toute attente, le dioxyde de carbone est très répandu, présent sur 95% des objets dans des proportions variables. Alors que l'oxyde n'est pas stable dans la région transneptunienne, il est pourtant détecté conjointement au dioxyde sur 47% des objets. Cette diversité de composition, traduite par les variations d'abondance mais également d'état physico-chimique de la glace, va permettre de retracer l'histoire des OTNs pour retrouver leur lieu de formation dans le disque protoplanétaire. Si le CO_2 a pu être hérité du disque protoplanétaire, le CO serait plus probablement formé par interaction de la surface avec le vent solaire et les rayons cosmiques. Remarquablement, l'isotopologue $^{13}\text{CO}_2$ – où l'atome de carbone ^{12}C contenant 6 protons et 6 neutrons est remplacé par son isotope ^{13}C renfermant un neutron additionnel – est également détecté, ce qui ouvre la possibilité d'étudier le rapport isotopique du carbone à travers le Système solaire externe.



Signature infrarouge des bandes fondamentales de CO₂ et CO sur les surfaces d'OTNs (à gauche) et répartition de leur détection au sein des différents groupes dynamiques d'OTNs (à droite). (De Prá et al. Nature Astronomy)

Vue d'artiste d'un objet de la ceinture de Kuiper (KBO), situé à la périphérie de notre Système solaire, à une distance stupéfiante de 4 milliards de kilomètres du Soleil. (NASA, ESA, and G. Bacon/STScI)



Oméga Centauri

Basé sur un communiqué NASA/Hubble

Les trous noirs connus sont soit supermassifs soit relativement légers, avec une masse d'au plus quelques dizaines de soleils.

Entre les deux populations, il semble y avoir de très rares trous noirs de masse intermédiaire (IMBH) que l'on peut considérer comme des chaînons manquants dans l'évolution de ces objets.

Un nouvel IMBH potentiel est venu s'ajouter aux quelques candidats trouvés à ce jour. Il a été identifié à partir de plus de 500 images prises avec le télescope spatial Hubble au cours de deux décennies d'observations. Ces images ont permis de suivre le mouvement rapide de sept étoiles dans les régions centrales de l'amas globulaire Oméga du Centaure et fournissent de nouvelles preuves de l'attraction gravitationnelle d'un trou noir intermédiaire.

Oméga Centauri se compose d'une dizaine de millions d'étoiles liées gravitationnellement. L'amas est environ dix fois plus massif que les autres grands amas globulaires – presque aussi massif qu'une petite galaxie.

La première question que se posent les scientifiques concerne l'existence même des IMBH. Si ces objets existent, quelle est leur fréquence ? Un trou noir supermassif se développe-t-il à partir d'un IMBH ? Comment se forment les IMBH eux-mêmes ? Les amas d'étoiles denses sont-ils leur foyer préféré ?

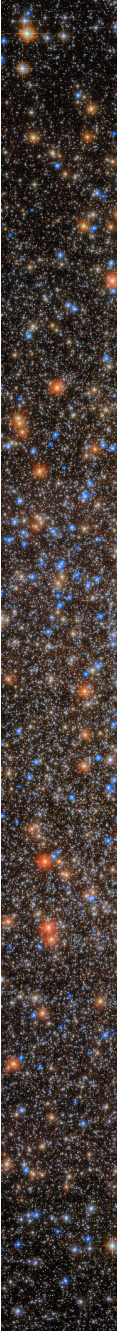
La plupart des observations d'Oméga Centauri faites par Hubble étaient destinées à étalonner les instruments du satellite plutôt qu'à un usage scientifique, mais elles se sont avérées constituer une base de données idéale pour les efforts des chercheurs. Grâce à elles, ils ont pu déterminer les vitesses de 1,4 million d'étoiles.

Parmi ces étoiles, les astronomes en ont découvert sept qui se déplacent si vite qu'elles devraient s'échapper de l'amas, à moins qu'un objet très massif ne les maintienne près du centre. Le seul objet qui peut être aussi massif est un trou noir, avec une masse d'au moins 8 200 fois celle du Soleil.

Plusieurs études avaient déjà conduit à soupçonner la présence d'un IMBH dans Omega Centauri. Cependant, la masse centrale pouvait être distribuée en un amas de trous noirs de masse stellaire. Le petit nombre d'étoiles rapides, plus rapides que la vitesse d'évasion, jouait aussi en défaveur de l'hypothèse IMBH.

Le trou noir d'Omega Centauri est peut-être le meilleur exemple d'IMBH dans notre voisinage cosmique. S'il est confirmé, à une distance de 17 700 années-lumière, le trou noir candidat réside plus près de la Terre que le trou noir de 4,3 millions de masses solaires au centre de la Voie lactée, situé à 26 000 années-lumière.

*Oméga Centauri est visible depuis la Terre à l'œil nu et est l'un des objets célestes préférés des astronomes de l'hémisphère sud. Situé juste au-dessus du plan de la Voie lactée, l'amas apparaît presque aussi grand que la pleine lune vu depuis une zone rurale sombre. Il a été répertorié comme étoile dans le catalogue de Ptolémée, il y a près de 2 000 ans. Edmond Halley l'a signalé comme une nébuleuse en 1677. Dans les années 1830, l'astronome anglais John Herschel fut le premier à la reconnaître comme un amas globulaire.
ESA/Hubble, NASA, M. Häberle/MPIA)*





Galaxie lointaine et population III

Basé sur un communiqué AAS

La galaxie lointaine RX J2129-z8He II se distingue par son spectre particulier qui pourrait être dû à la présence d'étoiles de population III, les premières étoiles de l'Univers.

Il y a bien longtemps, l'Univers était nettement moins spectaculaire qu'il ne l'est aujourd'hui. L'hydrogène neutre absorbait toute la lumière visible et l'avait rendu opaque. Lorsque les premières étoiles sont apparues et se sont mis à former des galaxies, elles ont commencé à ioniser le gaz autour d'elles, créant des bulles transparentes de plus en plus grosses.

La nature des étoiles de population III intéresse beaucoup les astronomes, mais trou-

ver ces astres primordiaux est plus facile à dire qu'à faire. Des galaxies composées uniquement de la première génération d'étoiles sont probablement hors de portée, masquées par des nuages de gaz neutre. En revanche, des galaxies mêlant des étoiles de population III avec des étoiles des générations ultérieures pourraient être plus faciles à repérer. C'est peut-être une telle galaxie que viennent d'identifier les astronomes à l'aide du télescope spatial JWST. Aux yeux du télescope infrarouge le plus puissant du monde, la galaxie RX J2129-z8He II n'est qu'une tache rouge à peine perceptible.

*Vue d'artiste des premières étoiles de l'univers devenues supernovæ.
(NAOJ, CC BY 4.0)*



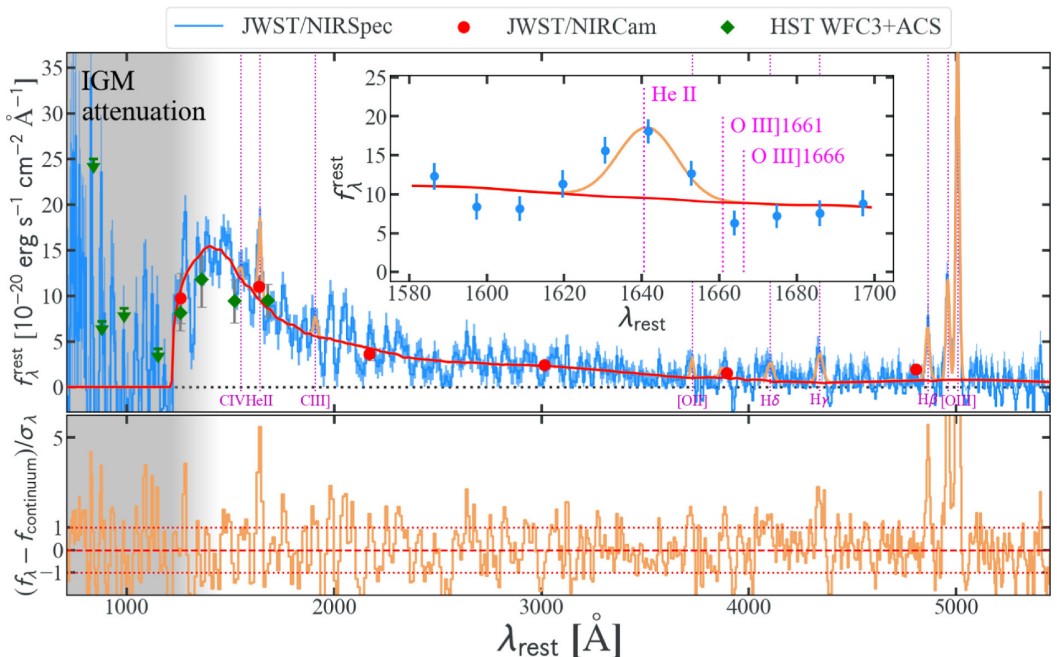
Les spectres la placent à un décalage Doppler (redshift) de 8,2, seulement 600 millions d'années après le Big Bang. À cette époque, les étoiles et les galaxies étaient encore occupées à ioniser l'Univers, le rendant de plus en plus transparent.

L'allure du spectre de RX J2129 – z8He II est inhabituelle pour une galaxie de redshift supérieur à 7. Il est très pentu vers les courtes longueurs d'onde et présente plusieurs raies d'émission intenses, dont une provenant d'ions d'hélium. Cela suggère la présence d'une puissante source de rayonnement ultraviolet. Dans l'univers local, l'émission d'hélium ionisé est assez rare et est due à des étoiles massives qui ont perdu leur atmosphère, à des systèmes binaires contenant un objet compact, ou encore à des galaxies possédant un trou noir supermassif actif. Aucune de ces sources n'est susceptible d'être à l'origine de la raie d'émission d'hélium de la galaxie. Au lieu de cela, les chercheurs ont émis l'idée que des étoiles massives de population III pourraient être la source des photons ultraviolets ionisants.

Pour tester cette théorie, ils ont utilisé des modèles de photoionisation pour simuler les propriétés d'une galaxie contenant des étoiles de la population III ainsi que des étoiles des générations ultérieures. Ils ont établi qu'une collection d'étoiles de population III d'une masse totale de 780 000 masses solaires pouvait reproduire les raies d'émission observées dans le spectre de la galaxie. Des modélisations antérieures suggèrent qu'on peut s'attendre à un tel nombre d'étoiles de population III dans une galaxie de cette période.

Quant à la manière dont une galaxie pourrait héberger des étoiles de population III aux côtés de leurs descendantes, les chercheurs

Spectre JWST du RX J2129 – z8He II, avec une image en médaillon montrant la raie de l'hélium ionisé He II. Le flux augmente vers des longueurs d'onde plus courtes avant d'être atténué par le milieu intergalactique (IGM). (Wang et coll. 2024)

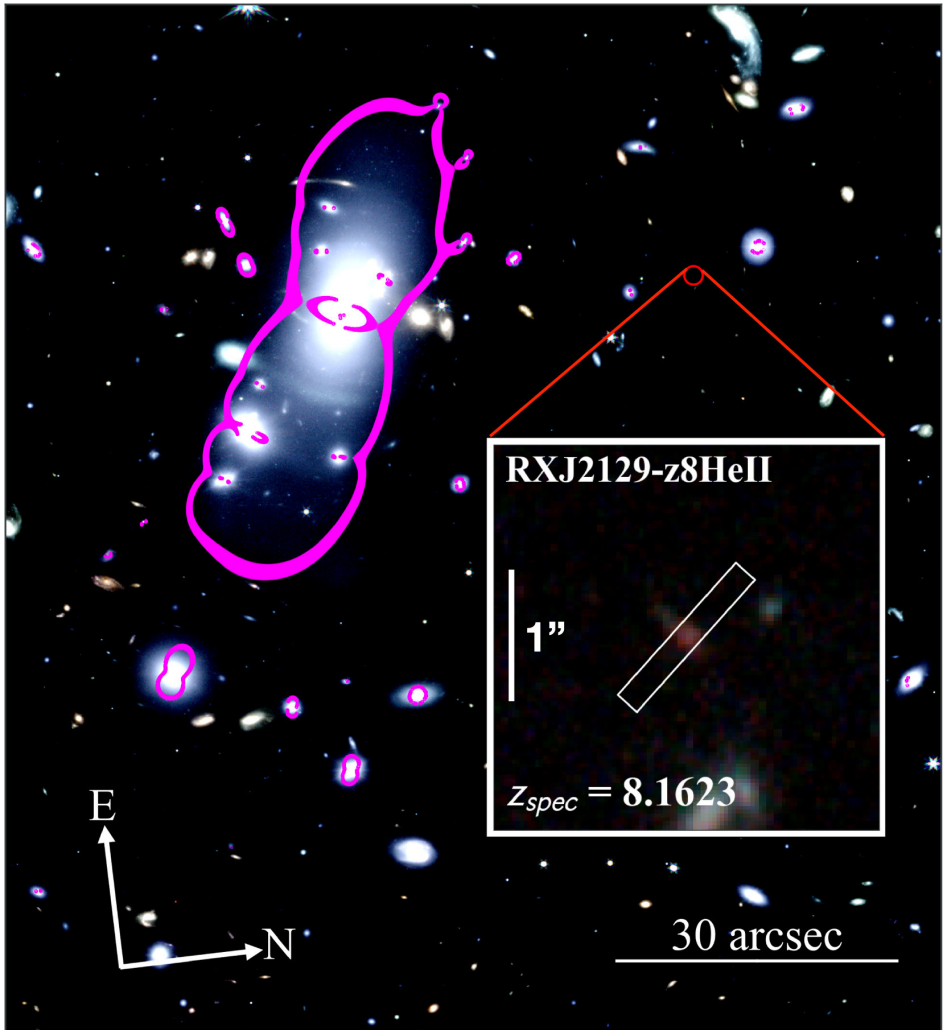


pensent qu'elles ont pu se former tardivement dans des poches de gaz vierge qui n'ont pas encore fabriqué d'étoiles ou dans du gaz provenant du milieu circumgalactique environnant.

Cette étude marque une avancée dans la recherche de la première génération d'étoiles. En plus d'identifier RX J2129-z8He II comme foyer possible de ces étoiles, les astronomes

ont acquis une meilleure idée de leur signature spectrale, ce qui pourra être utilisé pour identifier d'autres galaxies susceptibles de les héberger.

*Image JWST de la galaxie RX J2129 – z8He II, amplifiée par l'effet de lentille gravitationnelle de l'amas de galaxies de premier plan RX J2129.
(Wang et coll. 2024)*



Eau interstellaire

Basé sur un communiqué INSU/CNRS

Le télescope spatial JWST a permis de plonger au sein des nuages moléculaires denses de la Galaxie pour tracer l'évolution des grains glacés qui conduisent à la formation de systèmes planétaires.

Les chercheurs ont utilisé l'instrument NIRCam du télescope pour prendre des spectres de centaines d'étoiles situées derrière le nuage interstellaire Chamaeleon I et étudier comment les photons interagissent avec les grains de poussière. Ils se sont particulièrement intéressés aux bandes spectrales de molécules d'eau qui ne sont pas complètement liées dans la glace. Ces bandes, dites « liaisons OH pendantes » ont, depuis des décennies, été mesurées expérimentalement dans des glaces de laboratoire. Elles intéressent les astrophysiciens car elles devraient permettre de tracer les interactions au sein des grains de glace. Elles se situent dans une région spectrale inaccessible aux télescopes terrestres et les précédents

observatoires spatiaux ne bénéficiaient pas de la sensibilité requise pour les détecter.

Grâce à la grande taille du miroir du JWST, il est désormais possible de mesurer des bandes d'absorption très faibles. L'étude représente ainsi la première détection d'un ensemble spécifique de bandes liées à cette petite fraction des molécules d'eau dans la glace.

Les résultats montrent que des grains glacés potentiellement poreux sont présents dans le nuage, affectant la topologie et donc l'efficacité de la chimie qui peut se produire dans ces régions et en conséquence le degré de complexité chimique atteint.

Bien que l'interprétation de ces données et la nature des interactions dans la glace donnant naissance à ces bandes restent débattues et nécessiteront d'être largement explorées, cette première détection permettra de rechercher ces signatures dans différents environnements et à différents moments du processus de formation stellaire pour déterminer si elles peuvent être utilisées comme traceur de l'évolution de la glace dans différentes conditions. Cette découverte ouvre également une nouvelle fenêtre pour l'étude de la formation planétaire via la distribution spatiale, la variation et l'évolution des glaces lors de leur voyage des nuages moléculaires aux disques protoplanétaires puis aux planètes.

Image JWST/NIRCam des régions centrales du nuage moléculaire Chamaeleon I distant de 630 années-lumière. La lumière des étoiles d'arrière-plan peut servir à étudier les glaces dans les poussières du nuage.
(NASA, ESA, CSA, M. Zamani/ESA/Webb, F. Sun/Steward Observatory, Z. Smith/Open University, Ice Age ERS Team)



Étoiles à neutrons

Basé sur un communiqué Caltech

Le Soleil est un peu une exception dans la Galaxie. La plupart des étoiles sont en effet doubles ou multiples. Il peut s'agir d'étoiles banales comme la nôtre ou de beaucoup plus exotiques comme des trous noirs. Un couplage qui est assez rare est celui entre une étoile semblable au Soleil et une étoile à neutrons, et c'est précisément des objets de ce type qui viennent d'être révélés. Les astronomes ont en effet découvert ce qui semble être 21 étoiles à neutrons accompagnant des étoiles comme le Soleil.

Les étoiles à neutrons sont les noyaux denses d'étoiles massives qui ont explosé. Elles sont intrinsèquement très peu lumineuses et ne peuvent généralement pas être détectées directement. Quand elles tournent autour d'une autre étoile, elles affectent le mouvement de celle-ci, provoquant des déplacements que l'on peut éventuellement détecter par des mesures astrométriques précises. C'est ainsi que le satellite Gaia a pu capturer les oscillations révélatrices de certaines étoiles et révéler une nouvelle population d'étoiles à neutrons. Ce

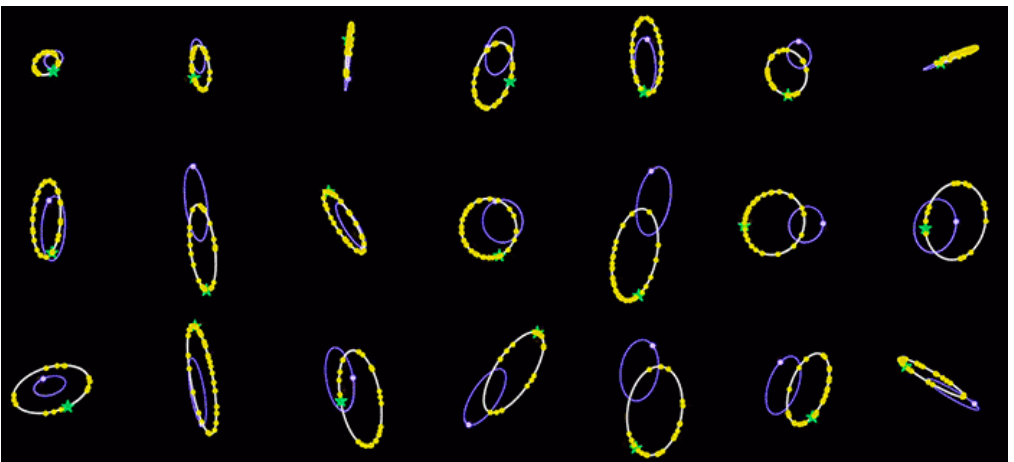
sont les premières étoiles à neutrons découvertes en raison de leurs effets gravitationnels.

Les observations de Gaia ont été complétées par celles de plusieurs observatoires terrestres, dont le Keck à Maunakea, Hawaii, l'ESO à La Silla au Chili, et Whipple en Arizona.

On connaissait déjà des étoiles à neutrons en orbite autour d'étoiles de type solaire mais tous ces systèmes sont plus compacts. Ils sont si serrés que l'étoile à neutrons, plus lourde que sa compagne, peut lui voler de la matière. Ce processus de transfert de masse fait briller l'étoile à neutrons dans les rayons X ou en radio. En revanche, les étoiles à neutrons nouvellement étudiées sont beaucoup plus éloignées de leurs partenaires, de l'ordre d'une à trois fois la distance entre la Terre et le Soleil. Elle ne peuvent aspirer leur gaz et, de ce fait, restent peu lumineuses.

Le télescope astrométrique Gaia a suivi l'orbite d'étoiles semblables au Soleil (en jaune) sur une période de trois ans. Cela a permis d'inférer celle d'étoiles à neutrons (en violet). La position des objets en avril 2017 est indiquée.

(Caltech/Kareem El-Badry)



Cette découverte est assez surprenante. En principe, l'ancêtre d'une étoile à neutrons aurait dû devenir énorme et interagir avec l'étoile de type solaire à la fin de son évolution. L'étoile géante aurait bousculé sa compagne, l'engloutissant peut-être temporairement. La future étoile à neutrons aurait explosé en une supernova qui, selon les modèles, aurait dû mettre fin au couple, envoyant les deux objets dans des directions opposées.

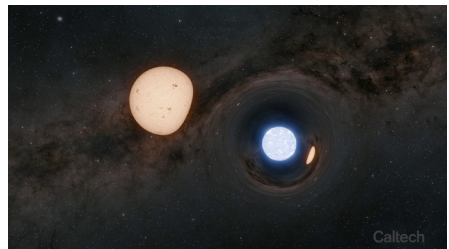
La découverte de ces nouveaux systèmes montre qu'au moins certaines binaires survivent à ces processus cataclysmiques, même si les modèles ne peuvent pas encore expliquer complètement comment.

Gaia a pu trouver ces compagnons improbables en raison de leurs orbites étendues et de leurs longues périodes (de six mois à trois ans). Des orbites serrées ne permettraient pas de détecter les oscillations, même avec Gaia. Les binaires relativement proches sont évidemment favorisées. La plupart des nouveaux systèmes sont situés à moins de 3 000 années-lumière de nous, une distance relativement petite comparée au diamètre de 100 000 années-lumière de la Voie lactée.

Les nouvelles observations montrent également à quel point de telles binaires sont rares. Les astronomes estiment qu'environ une étoile de type solaire sur un million est accompagnée d'une étoile à neutrons sur une orbite étendue.

Les astronomes souhaitent également découvrir des trous noirs invisibles en orbite avec des étoiles de type solaire. De fait, ils en ont déjà découvert deux cachés dans notre galaxie. L'un d'eux, appelé Gaia BH1, est le trou noir le plus proche de la Terre que l'on connaisse, à 1600 années-lumière. On ne sait pas non plus avec certitude comment ces trous noirs binaires se sont formés. Il reste clairement des lacunes dans les modèles d'évolution des étoiles binaires. Trouver davantage de ces sombres compagnons et comparer leurs statistiques de population aux prédictions de différents modèles devrait aider à reconstituer leur formation.

Modélisation de la vue d'un système composé d'une étoile à neutrons et d'une étoile semblable au Soleil. La gravité intense de l'étoile à neutrons déforme les images, un peu comme ce qui se produit autour de trous noirs plus compacts. (Caltech/R. Blessé/PCI)



JADES-GS-z14-0

Basé sur un communiqué ESA/Webb

Le télescope spatial JWST a découvert une galaxie à une distance record. Elle est si lointaine qu'on la voit telle qu'elle était seulement 290 millions d'années après le Big Bang.

Les astronomes utilisent abondamment le télescope pour explorer l'« aube cosmique » – la période de quelques centaines de millions d'années suivant le Big Bang où sont nées les premières galaxies. Ces galaxies fournissent des informations essentielles sur la manière dont les gaz, les étoiles et les trous noirs évoluaient dans l'univers jeune.

Dans le cadre du programme JADES (WST Advanced Deep Extragalactic Survey) ils ont obtenu le spectre de cette galaxie, montrant le redshift phénoménal de 14,32 (+0,08/-0,20), ce qui en fait la nouvelle détentrice du record de la galaxie la plus éloignée connue à ce jour.

Le champ représenté ici contient des milliers de petites galaxies parmi lesquelles JADES-GS-z14-0. Il y a aussi des étoiles d'avant-plan. Ainsi, l'étoile brillante, située dans notre galaxie, qui montre des pointes de diffraction.

Dans l'image générale, le bleu représente la lumière à 0,9, 1,15 et 1,5 microns, le vert représente les bandes de 2,0 et 2,77 microns et le rouge celles de 3,56, 4,1 et 4,44 microns. L'extrait agrandi montre la lumière à 0,9 et 1,15 micron en bleu, celle à 1,5 et 2,0 microns en vert, celle à 2,77 microns (F277W) en rouge.

(NASA, ESA, CSA, STScI, B. Robertson/UC Santa Cruz, B. Johnson/CfA, S. Tacchella/Cambridge, P. Cargile/CfA)





JADES-GS-z14-0



La poussière d'ESO 428-G14

Basé sur un communiqué Newcastle University

En observant une galaxie active distante de 70 millions d'années-lumière avec le télescope spatial James Webb (JWST), les astronomes ont trouvé que l'énergie qui chauffe cette poussière provient de chocs dans du gaz animé de vitesses proches de celle de la lumière, et non comme on le pensait, du rayonnement du trou noir supermassif au cœur de la galaxie.

Les astronomes définissent un noyau galactique actif (AGN) comme un trou noir supermassif, d'une masse de plusieurs millions à plusieurs milliards de fois celle du Soleil, qui se développe en se nourrissant de gaz. Dans de nombreux AGN, les nuages denses de poussière et de gaz qui alimentent le noyau le masquent aux observateurs. La vision infrarouge de JWST perce cette poussière et révèle le noyau caché. En même temps, l'œil aiguïté du télescope permet pour la première fois de déterminer la structure détaillée de cette poussière sur des centaines d'années-lumière.

Les nouvelles images JWST d'ESO 428-G14 révèlent qu'une grande partie de la poussière proche du trou noir supermassif est répartie le long d'un jet que l'on connaît par les observations radio. De manière inattendue, les chercheurs ont trouvé une relation étroite entre la poussière et le jet radio, suggérant que

le jet lui-même pourrait être responsable de l'échauffement et de la configuration du nuage de poussière.

En étudiant la poussière enrobant les trous noirs supermassifs, on apprend comment les galaxies recyclent leur matière, ce qui permet de mieux appréhender les processus par lesquels les trous noirs supermassifs influencent les galaxies, y compris la nôtre.

Image en trois couleurs de la galaxie ESO 428-G14 capturée par le télescope spatial James Webb (NASA/JWST)

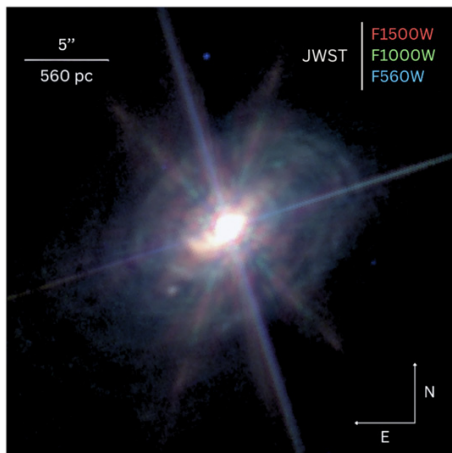
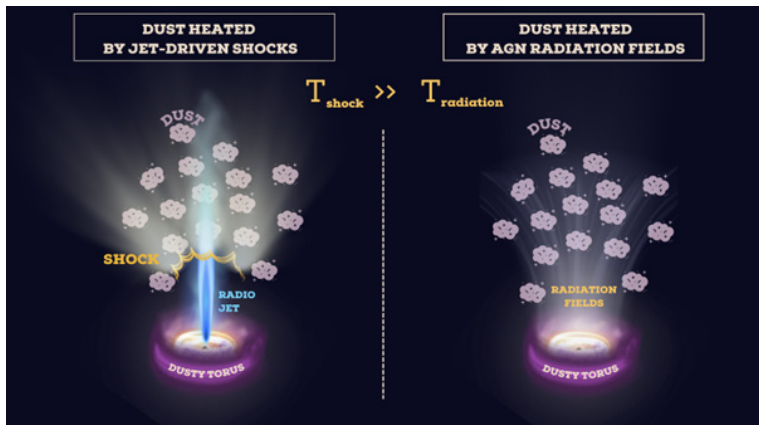
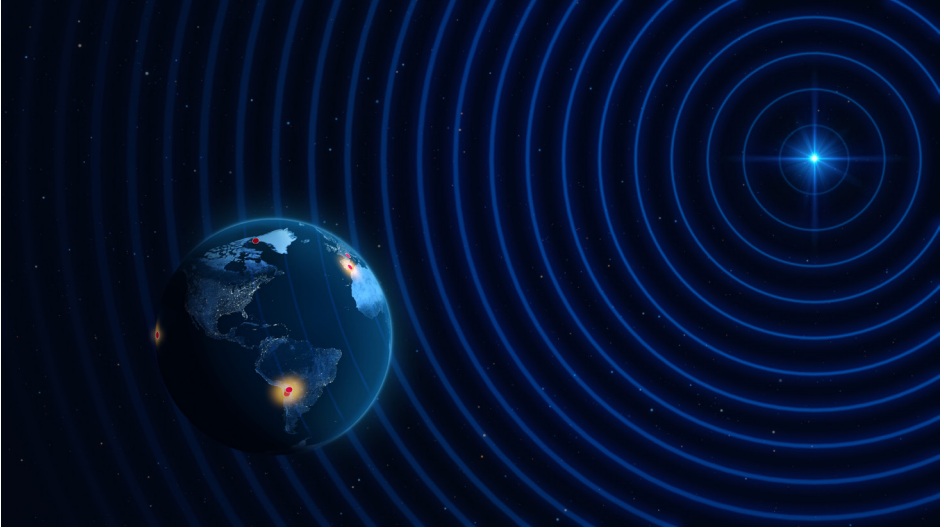


Illustration des deux scénarios d'échauffement de la poussière : par les chocs (à gauche), et par le rayonnement de l'AGN. (Newcastle University)





Observations à haute résolution

Basé sur un communiqué ESO

La collaboration Event Horizon Telescope (EHT) a mené des observations test, en utilisant Alma (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) et d'autres installations, qui ont permis d'atteindre la plus haute résolution jamais obtenue avec uniquement des télescopes au sol. Il y a déjà eu des observations astronomiques à plus haute résolution, mais elles impliquaient aussi un télescope spatial.

L'EHT a publié en 2022 des images de M87*, le trou noir supermassif au centre de la galaxie M87, en 2019, et de Sgr A*, le trou noir au cœur de notre galaxie. Les images avaient été obtenues en reliant plusieurs observatoires radio de la planète, à l'aide d'une technique appelée interférométrie à très longue base (VLBI), pour former un télescope virtuel de la taille de la Terre.

Illustration de l'expérience pilote menée par la collaboration Event Horizon Telescope (EHT), qui a permis d'obtenir les observations à la plus haute résolution depuis le sol. (ESO/M. Kornmesser)

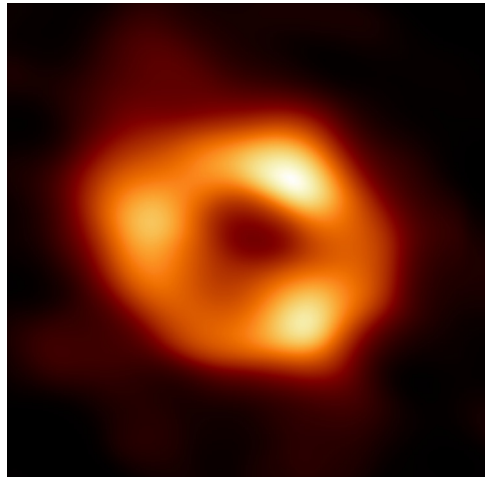


Image de Sgr A*, le trou noir central de la Voie lactée, obtenue en 2022. (EHT Collaboration)



Pour obtenir des images à plus haute résolution, les astronomes ont généralement recours à des télescopes plus grands ou à une plus grande séparation entre les observatoires travaillant dans le cadre d'un interféromètre. Mais comme l'EHT avait déjà la taille de la Terre, l'augmentation de la résolution de leurs observations au sol nécessitait une approche différente. Une façon d'augmenter la résolution d'un télescope est d'observer la lumière d'une longueur d'onde plus courte.

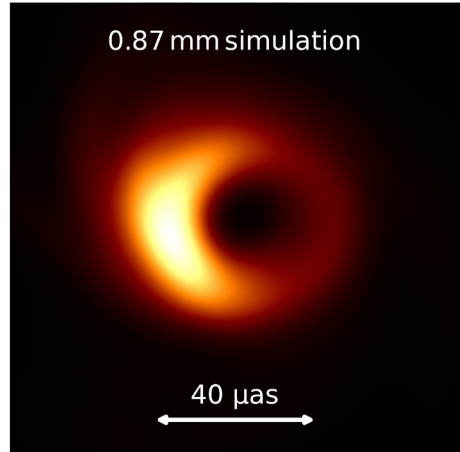
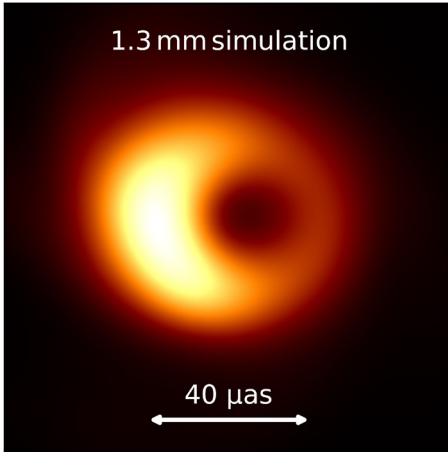
L'EHT avait donné les premières images de trous noirs en utilisant la longueur d'onde de 1,3 mm, mais l'anneau brillant formé par le cheminement de la lumière dans la gravité du trou noir, semblait encore flou. À 0,87 mm, les images seront plus nettes et plus détaillées, ce qui révélera probablement de nouvelles propriétés, à la fois celles qui avaient été prédites et peut-être d'autres qui ne l'avaient pas été.

Pour montrer qu'elle pouvait détecter des galaxies à 0,87 mm, la Collaboration a effectué des observations test de galaxies actives très éloignées qui sont alimentées par des trous noirs supermassifs en leur cœur et qui sont très

Emplacement des antennes et des réseaux qui ont participé à une expérience pilote menée par la collaboration Event Horizon Telescope (EHT). C'est la première fois que la technique d'interférométrie à très longue base, qui relie des télescopes distants de centaines ou de milliers de kilomètres, a été utilisée avec succès pour observer la lumière à une longueur d'onde de 0,87 mm. (ESO/M. Kornmesser)

brillantes. Ce type de sources permet d'étalonner les observations avant de pointer l'EHT vers des sources moins lumineuses, comme des trous noirs proches.

Plutôt que d'exploiter l'ensemble du réseau EHT, les astronomes ont utilisé deux sous-réseaux plus petits, tous deux comprenant ALMA et APEX (Atacama Pathfinder Experiment) dans le désert d'Atacama au Chili. Les autres installations utilisées sont le télescope de 30 mètres de l'IRAM en Espagne et NOEMA (Northern Extended Millimeter Array) en France, ainsi que le Greenland Telescope et le Submillimeter Array à Hawaï.



Les observations ont fourni des détails d'une finesse de 19 microsecondes d'arc, soit la plus haute résolution jamais atteinte depuis la surface de la Terre. Il ne s'agit cependant pas encore d'images. On n'avait pas utilisé assez d'antennes pour pouvoir reconstruire avec précision une image à partir des données.

Ce test technique a ouvert une nouvelle fenêtre pour l'étude des trous noirs. Avec le réseau complet, l'EHT a pu voir des détails aussi petits que 13 microsecondes d'arc, ce qui équivaut à voir un bouchon de bouteille sur la Lune depuis la Terre. Cela signifie qu'à 0,87 mm, ils pourront améliorer de 50 % la résolution d'images comme celles de M87* et de SgrA* publiées précédemment. En outre, il est possible d'observer des trous noirs plus éloignés, plus petits et moins lumineux que ces deux trous noirs. L'observation des changements à différentes longueurs d'onde aidera à résoudre le mystère de l'attraction et de l'accrétion de la matière par les trous noirs et de leurs puissants jets s'étendant sur des distances galactiques.

C'est la première fois que la technique VLBI est utilisée avec succès à la longueur d'onde de 0,87 mm. Bien que la possibilité d'observer le ciel à 0,87 mm ait existé avant les nouvelles détections, l'utilisation de cette

Images simulées de l'émission près de l'horizon des événements d'un trou noir ressemblant à Sgr A à des longueurs d'onde d'observation de 1,3 mm (à gauche) et de 0,87 mm (à droite). Elles mettent en évidence la quantité de détails que l'on peut observer lors de l'observation d'un trou noir à des longueurs d'onde plus courtes. La barre horizontale indique une échelle angulaire de 40 microsecondes d'arc.*

(C.M. Fromm, Julius-Maximilian University, Würzburg)

technique à cette longueur d'onde a toujours présenté des difficultés qu'il a fallu du temps et des progrès technologiques pour surmonter. Par exemple, la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère absorbe beaucoup plus les ondes à 0,87 mm qu'à 1,3 mm. En raison de la turbulence atmosphérique de plus en plus prononcée et de l'accumulation de bruit à des longueurs d'onde plus courtes ainsi que de l'incapacité à contrôler les conditions météorologiques mondiales pendant les observations sensibles à l'atmosphère, les progrès vers les longueurs d'onde plus courtes pour la VLBI – en particulier celles qui franchissent la barrière du régime submillimétrique – ont été lents. Mais avec ces nouvelles détections, tout cela a changé.