



Astronomie dans le monde

Une sœur pour PDS 70b

Basé sur un communiqué ESO

Grâce au réseau interférométrique ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), les astronomes ont peut-être découvert la sœur d'une planète en orbite autour d'une étoile lointaine, PDS 70. Ils ont détecté un nuage de débris qui semble partager l'orbite de cette planète et qui pourrait renfermer les éléments constitutifs d'une nouvelle planète ou les restes d'une planète déjà formée. Si cette découverte est confirmée, il s'agirait de la preuve la plus solide à ce jour que deux exoplanètes peuvent partager une même orbite.

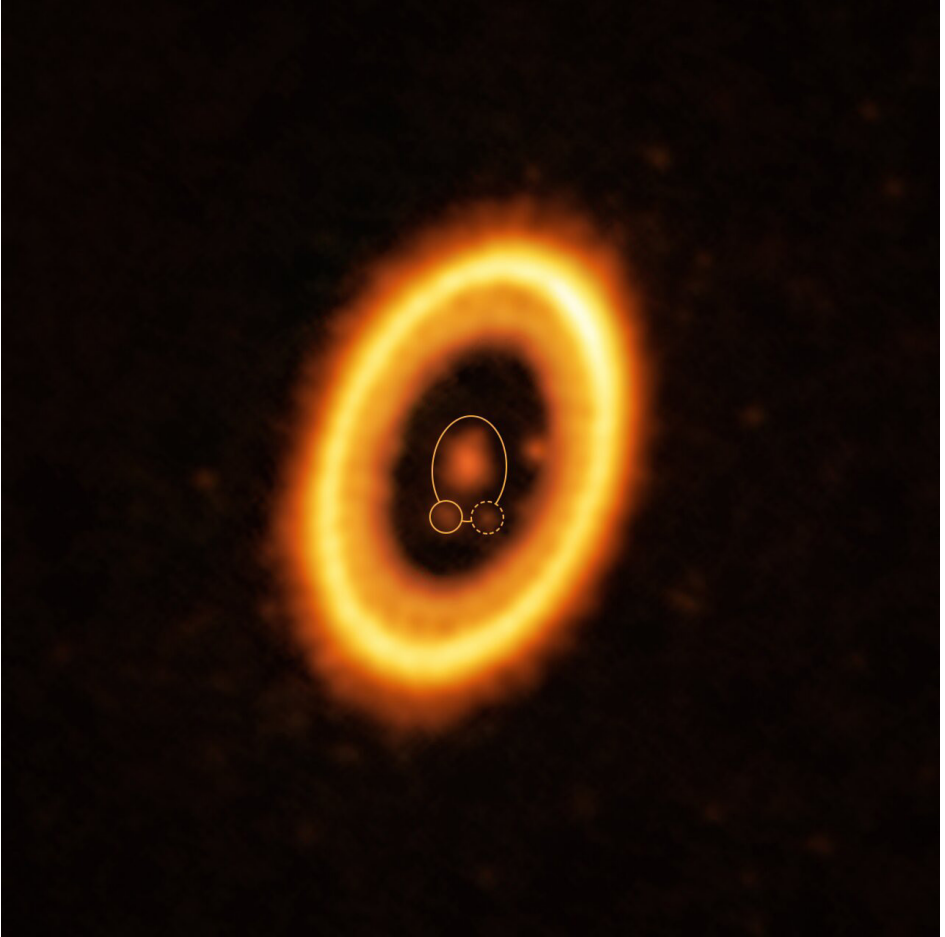
Il y a vingt ans, la théorie prévoyait que des paires de planètes de masse similaire pourraient partager la même orbite autour de leur étoile, ce que l'on appelle des planètes troyennes ou co-orbitales. Les troyens, corps rocheux se trouvant sur la même orbite qu'une planète, sont courants dans le Système solaire, l'exemple le plus célèbre étant celui des astéroïdes troyens de Jupiter – plus de 12 000 corps rocheux se trouvant sur la même orbite que la géante gazeuse autour du Soleil. Les

Vue d'artiste d'une planète accompagnée de deux nuages de troyens.

(ESO/L. Calçada)

astronomes ont prédit que des troyens, et en particulier les planètes troyennes, pourraient également exister autour d'une étoile autre que le Soleil, mais on attendait toujours la preuve de la présence de ces « exotroyens ». On a peut-être cette preuve avec les observations ALMA du système PDS 70. Cette étoile jeune possède deux planètes géantes semblables à Jupiter, PDS 70b et PDS 70c. En analysant les observations du système dans les archives d'ALMA, les chercheurs ont repéré un nuage de débris à l'endroit de l'orbite de PDS 70b où l'on s'attend à trouver des planètes troyennes.

Les troyens occupent deux zones dites de Lagrange, des régions de l'orbite d'une planète où l'attraction gravitationnelle combinée de l'étoile et de la planète peut piéger de la matière. Les astronomes ont détecté un faible signal provenant de l'une de ces régions, ce qui indique qu'un nuage de débris d'une masse pouvant atteindre environ deux fois celle de



notre Lune pourrait s'y trouver. Celui-ci pourrait correspondre à un monde jeune ou en formation.

Ce résultat soulève de nouvelles questions sur la formation des troyennes, leur évolution et leur fréquence dans différents systèmes planétaires.

Pour confirmer pleinement la détection, l'équipe devra attendre 2026, date à laquelle elle utilisera ALMA pour voir si PDS 70b et le nuage de débris qui lui est associé se sont déplacés de manière significative sur leur orbite commune autour de l'étoile.

Image prise par ALMA du jeune système planétaire PDS 70, distant de près de 400 années-lumière. Autour de l'étoile gravite la planète PDS 70b. Sur la même orbite, les astronomes ont détecté un nuage de débris qui pourrait signaler une autre planète, peut-être encore en formation.

La structure annulaire qui domine l'image est un disque circumstellaire de matière, à partir duquel des planètes se forment.

On connaît une autre planète dans ce système : PDS 70c, visible à 3 heures, au bord intérieur du disque.

(ALMA/ESO/NAOJ/NRAO, Balsalobre-Ruza et al.)

GPM J1839–10

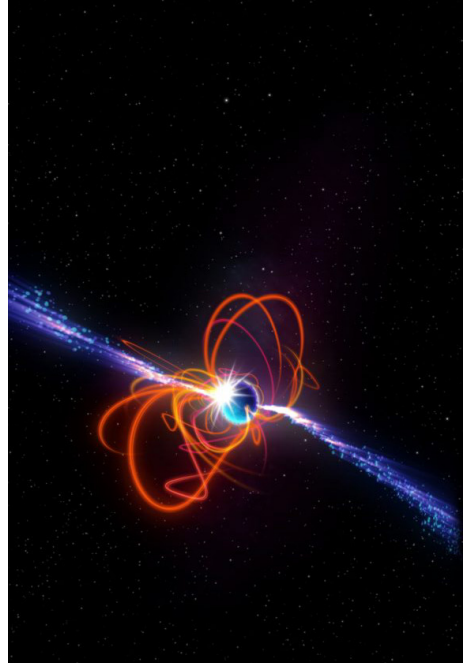
Basé sur un communiqué ICRAR

Les astronomes ont découvert un nouveau type d'objet stellaire qui remet en question la physique des étoiles à neutrons. L'objet pourrait être un magnétar à ultra-longue période, un type rare d'étoile avec des champs magnétiques extrêmement puissants qui peuvent produire de puissantes rafales d'énergie.

Jusqu'à récemment, tous les magnétars connus libéraient de l'énergie à des intervalles allant de quelques secondes à quelques minutes. Le nouvel objet émet des ondes radio toutes les 22 minutes, ce qui en fait le magnétar avec la période la plus longue jamais détecté.

Les astronomes ont découvert l'objet à l'aide du Murchison Widefield Array (MWA), un radiotélescope en Australie occidentale.

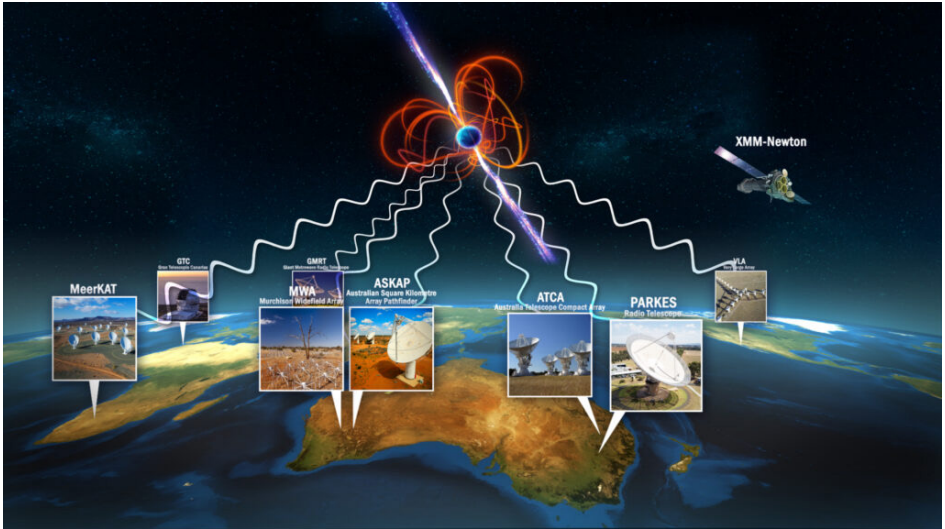
GPM J1839–10, distant de 15 000 années-lumière de la Terre dans la constellation de l'Écu, défie notre compréhension des étoiles à neutrons et des magnétars, qui sont des objets parmi les plus exotiques et les plus extrêmes de l'Univers. C'est en fait le second astre connu de ce type. Après la découverte du premier, les scientifiques étaient perplexes et ne pouvaient pas expliquer ce qu'ils avaient trouvé. Ils ont alors commencé à rechercher des objets similaires pour savoir s'il s'agissait d'un cas exceptionnel ou, simplement, de la



▲ Vue d'artiste du magnétar à ultra longue période, un type rare d'étoile avec des champs magnétiques extrêmement puissants qui peuvent produire de puissantes rafales d'énergie. Crédit : ICRA.

Le radiotélescope ASKAP du CSIRO dans le pays de Wajarri Yamaji (Australie). Comme le MWA, ASKAP est un instrument précurseur des télescopes du Square Kilometre Array. (Alex Cherney)





Le magnétar a été découvert avec le radiotélescope Murchison Widefield Array (MWA). Une foule d'autres installations à travers le monde se sont jointes pour confirmer la découverte et étudier l'objet. (MeerKAT/SARAO), Gran Telescopio Canarias/D. López/IAC, Murchison Widefield Array/M. Annereau, Giant Metrewave Radio Telescope/NCRA, Australian SKA Pathfinder/CSIRO/ Dragonfly Media, Australia Telescope Compact Array/CSIRO, Parkes Radio Telescope, Murriyang/CSIRO, Very Large Array/AUI/NRAO, XMM-Newton/ESA)

« pointe de l'iceberg » dans une population importante. Entre juillet et septembre 2022, les chercheurs ont scanné le ciel à l'aide du télescope MWA.

Ils ont rapidement trouvé ce qu'ils cherchaient avec GPM J1839–10, une source qui émet trois fois par heure des rafales d'énergie pouvant durer jusqu'à cinq minutes, soit cinq fois plus longtemps que le premier objet.

D'autres télescopes ont suivi pour confirmer la découverte et en savoir plus sur les caractéristiques uniques de l'objet. Parmi ces instruments figurent trois radiotélescopes

en Australie, le radiotélescope MeerKAT en Afrique du Sud et le télescope spatial XMM-Newton.

Armés des coordonnées et des caractéristiques célestes de GPM J1839–10, les astronomes ont aussi examiné les archives d'autres radiotélescopes. De fait, l'objet apparaissait dès 1989 dans des observations du radiotélescope géant Metrewave (GMRT) en Inde, et du Very Large Array (VLA) aux États-Unis.

Tous les magnétars ne produisent pas des ondes radio. Certains sont en dessous de la « ligne de mort », un seuil critique où le champ magnétique d'une étoile devient trop faible pour générer des émissions à haute énergie. Le nouvel objet tourne beaucoup trop lentement pour produire des ondes radio.

Cette découverte a des implications importantes pour notre compréhension de la physique des étoiles à neutrons et du comportement des champs magnétiques dans des environnements extrêmes. Elle soulève également de nouvelles questions sur la formation et l'évolution des magnétars et pourrait éclairer l'origine de phénomènes mystérieux comme les sursauts radio rapides.

L'eau dans une galaxie lointaine

Basé sur un communiqué SISSA

Les chercheurs s'intéressent à l'eau dans les galaxies car elle peut permettre d'identifier les zones où se forment les trous noirs et les étoiles. Une nouvelle étude a révélé la distribution de l'eau dans J1135, une galaxie se trouvant à 12 milliards d'années-lumière, soit seulement 1,8 milliard d'années après le Big Bang.

Cette carte est la première jamais obtenue pour une galaxie aussi éloignée. Elle devrait aider à comprendre les processus physiques qui se déroulent dans J1135 et éclairer la dynamique entourant la formation des étoiles, des trous noirs et des galaxies.

On trouve de l'eau partout dans l'espace, sous différentes formes, par exemple dans des nuages moléculaires où naissent les étoiles. De la glace recouvre les grains de poussière interstellaires, qui forment les éléments constitutifs de ces nuages moléculaires et les principaux catalyseurs de la formation des molécules dans l'espace. Parfois, quelque chose perturbe ces nuages : la naissance d'une étoile, ou l'activité d'un trou noir. L'énergie émise sublime la glace. La vapeur d'eau émet dans l'infrarouge, ce qui permet aux astronomes de cartographier

les régions où l'énergie est produite, donnant ainsi un aperçu de la formation des galaxies. Ces informations peuvent ensuite être combinées avec la cartographie d'autres molécules telles que le monoxyde de carbone.

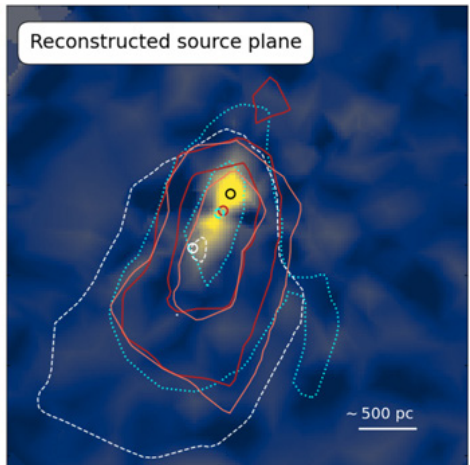
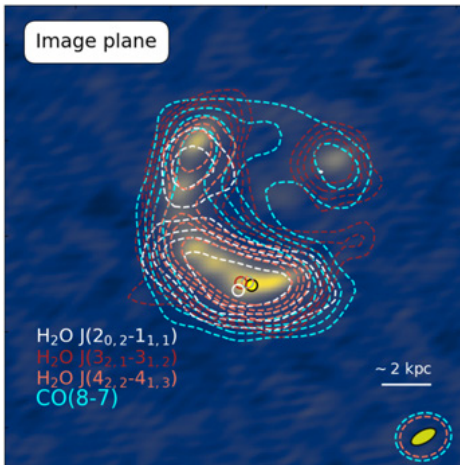
Comment est-il possible d'étudier une galaxie dans l'univers lointain ? La réponse est une lentille gravitationnelle qui déforme et amplifie les images des sources situées derrière elle.

Cette étude permet d'élargir nos connaissances dans un domaine important : on ne sait pas encore comment se forment les galaxies. Il y a au moins deux scénarios possibles, pas forcément exclusifs : l'un voit l'agrégation de petites galaxies pour en créer de plus grandes et l'autre voit la formation d'étoiles *in situ*. Des études comme celle-ci nous aident à comprendre le processus.

Des observations futures, semblables à celles déjà réalisées avec le télescope spatial James Webb, pourraient révéler de plus amples informations sur J1135 et conduire à une cartographie plus précise des diverses molécules.

La galaxie J1135 vue par ALMA à la longueur d'onde de 640 μm. Des contours d'intensité tracent l'eau et le monoxyde de carbone. Le panneau de droite montre l'image corrigée des effets de la lentille gravitationnelle.

(F. Perrotta et al., 2023)

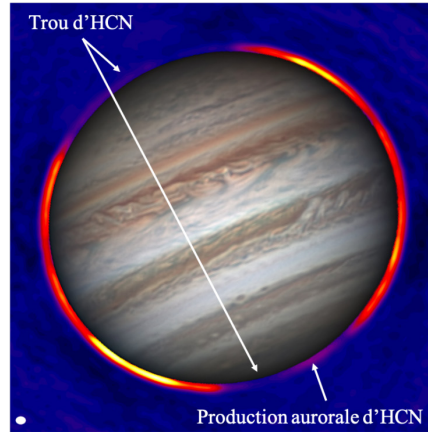


Chimie de Jupiter

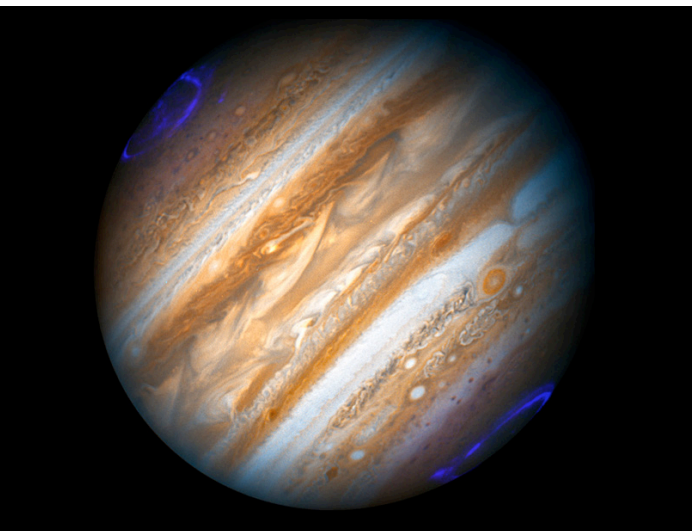
Basé sur un communiqué INSU/CNRS

La chute de la comète Shoemaker-Levy 9 dans l'atmosphère de Jupiter en juillet 1994 a produit de nouvelles espèces dans sa stratosphère, c'est-à-dire au-dessus de la couche nuageuse habituellement photographiée dans le visible. Ces espèces, telles que le monoxyde de carbone (CO) et le cyanure d'hydrogène (HCN) sont très stables dans l'atmosphère de Jupiter. Plus de 20 ans après l'impact des débris de la comète à 44 degrés de latitude sud, ces espèces auraient donc dû avoir contaminé toutes les latitudes et longitudes de la planète.

La cartographie de l'émission de ces espèces avec le réseau interférométrique millimétrique ALMA montre toutefois que si le CO suit bien cette tendance, il n'en est rien pour le HCN. Dans les zones aurorales et aux latitudes voisines, les chercheurs ont observé un trou dans la distribution de HCN dans la moyenne stratosphère, signe que la molécule est détruite dans ces régions et à ces altitudes. Les scientifiques pensent que les aérosols organiques qui sont produits dans les aurores sont responsables de ce trou, en adsorbant du HCN à leur surface. De manière encore plus inattendue, les données révèlent une zone de production de HCN à très haute altitude et à l'intérieur des aurores de Jupiter. L'énergie déposée par la magnétosphère dans les aurores est un candidat sérieux pour expliquer cette production très localisée.



Jupiter photographiée par l'astronome amateur Christopher Go le 22 mars 2017, c'est-à-dire le jour des observations ALMA. Les zones brillantes indiquent l'émission de HCN, concentrée au limbe de la planète. Un trou de HCN est observé dans les régions aurorales nord et sud et aux latitudes voisines. Une petite région de production de très haute altitude est localisée à l'intérieur de l'aurore sud.



Les aurores de Jupiter vues en ultraviolet par le télescope spatial Hubble. (Sarah Badman/Lancaster University, NASA, ESA)

Io et Ganymède sous un autre jour

Basé sur un communiqué UC Berkeley

Avec ses caméras infrarouges sensibles et son spectromètre à haute résolution, le télescope spatial JWST a pu révéler quelques secrets de deux satellites galiléens de Jupiter, Ganymède, la plus grande lune du Système solaire, et Io, la plus volcaniquement active. Les astronomes rapportent en effet la première détection de peroxyde d'hydrogène sur Ganymède et de vapeurs sulfureuses sur Io, deux observations témoignant de l'influence dominante de Jupiter.

Les observations de Ganymède avec le spectromètre NIRSpec ont montré le spectre d'absorption du peroxyde d'hydrogène, H_2O_2 , aux deux pôles, une conséquence de l'impact sur la surface glacée de particules chargées canalisées le long du champ magnétique de Ganymède.

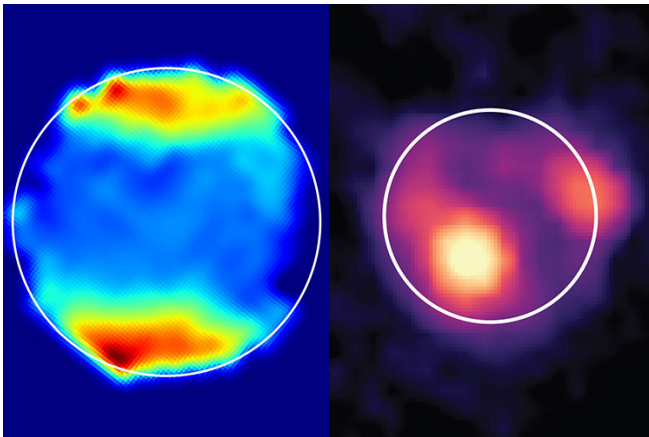
Les particules brisent les molécules d'eau – un processus appelé radiolyse – qui se recombinaient ensuite pour former du peroxyde. Les astronomes soupçonnaient que la radiolyse se produit principalement autour des pôles de Ganymède car, contrairement à toutes les autres lunes du Système solaire, elle possède un champ magnétique qui concentre les ions vers les pôles.

Tout comme la façon dont le champ magnétique terrestre dirige les ions du vent solaire vers les latitudes les plus élevées, provoquant les aurores, le champ magnétique de Ganymède fait la même chose pour les ions de la magnétosphère de Jupiter. Non seulement ces particules provoquent des aurores sur Ganymède, mais elles ont également un impact sur la surface glacée.

Les astronomes avaient déjà étudié le peroxyde d'hydrogène sur Europe, un autre des quatre satellites galiléens de Jupiter. Sur Europe, cependant, le peroxyde était détectable presque partout, peut-être, en partie, parce qu'il n'y a pas de champ magnétique pour protéger la surface.

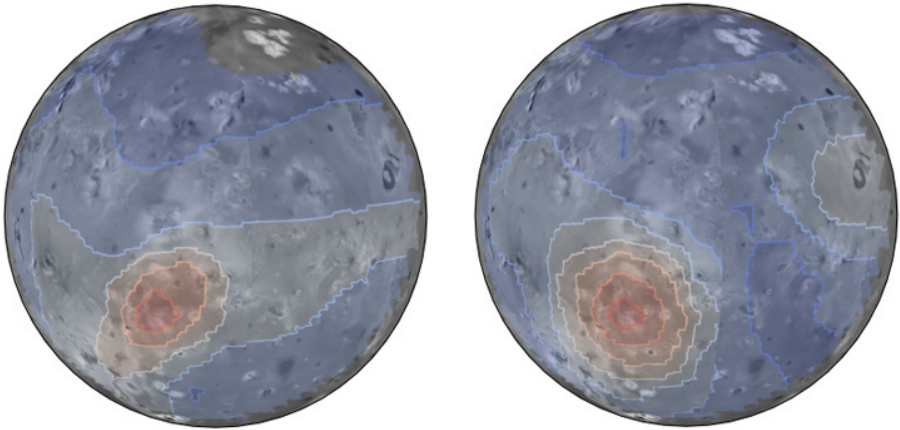
Il s'agit probablement d'un processus très important et répandu. Ces observations de Ganymède montrent comment la radiolyse de l'eau pourrait gouverner la chimie des corps glacés du Système solaire externe, y compris sur d'autres lunes galiléennes,

De nouvelles observations d'Io par le JWST ont également été rapportées. Elles montrent plusieurs éruptions en cours, y compris dans le complexe volcanique de Loki Patera, et une éruption exceptionnellement brillante à Kanehekili Fluctus. Si l'on excepte le « cryovolcanisme », Io est la seule lune volcaniquement active dans le Système solaire, suite au malaxage que lui font subir les



Carte spectroscopique de Ganymède (à gauche) dérivée des mesures JWST et montrant l'absorption de la lumière autour des pôles par la molécule de peroxyde d'hydrogène.

À droite, une image infrarouge JWST d'Io montre des éruptions volcaniques chaudes à Kanehekili Fluctus (au centre) et à Loki Patera (à droite). Les cercles dessinent les surfaces des deux lunes. (Samantha Trumbo/Cornell; Imke de Pater/UC Berkeley)



interactions gravitationnelles du système de Jupiter. Des études comme celles-ci donnent aux scientifiques une perspective différente de celle qui peut être obtenue en étudiant les volcans terrestres.

Pour la première fois, les chercheurs ont pu lier une éruption volcanique, celle de Kanehekili Fluctus, à des raies spécifiques du monoxyde de soufre (SO) dues à des transitions dites « interdites ». Le dioxyde de soufre (SO₂) est le principal composant de l'atmosphère d'Io, provenant de la sublimation de la glace de SO₂, ainsi que, directement, d'éruptions volcaniques en cours, comme sur Terre. Les volcans produisent également du monoxyde de soufre, beaucoup plus difficile à détecter que le dioxyde. En particulier, la raie d'émission interdite de SO est faible car la concentration de monoxyde est basse et l'émission ne dure que peu de temps après l'excitation de la molécule. De plus, les observations ne peuvent être faites que lorsqu'Io est dans l'ombre de Jupiter, lorsqu'il est plus facile de voir les gaz lumineux. Lorsqu'Io est

Mesures d'Io par le JWST. Les mesures infrarouges thermiques (à droite) montrent un éclaircissement de Kanehekili Fluctus, une zone volcanique étendue alors très active. Les mesures spectrales (à gauche) montrent les émissions infrarouges « interdites » du monoxyde de soufre centrées sur la zone volcanique. La coïncidence confirme une théorie selon laquelle le SO est produit dans les événements volcaniques et, dans l'atmosphère ténue d'Io.

(Chris Moeckel et Imke de Pater, UC Berkeley; USGS)

dans l'ombre de Jupiter, le dioxyde de l'atmosphère gèle et retombe sur le sol, ne laissant dans l'atmosphère que le monoxyde ainsi que le dioxyde qui aurait été fraîchement éjecté par un volcan.

Ces observations du JWST montrent pour la première fois que le SO excité provient bien d'un volcan. L'observation d'Io avec NIRSpec a eu lieu le 15 novembre 2022, lorsqu'Io était dans l'ombre de Jupiter de

sorte que la lumière réfléchiée par la planète ne submergeait pas celle d'Io. L'activité de Loki Patera correspondait bien avec la périodicité connue du volcan, qui, en moyenne, entre en éruption durant quelques mois environ tous les 500 jours.

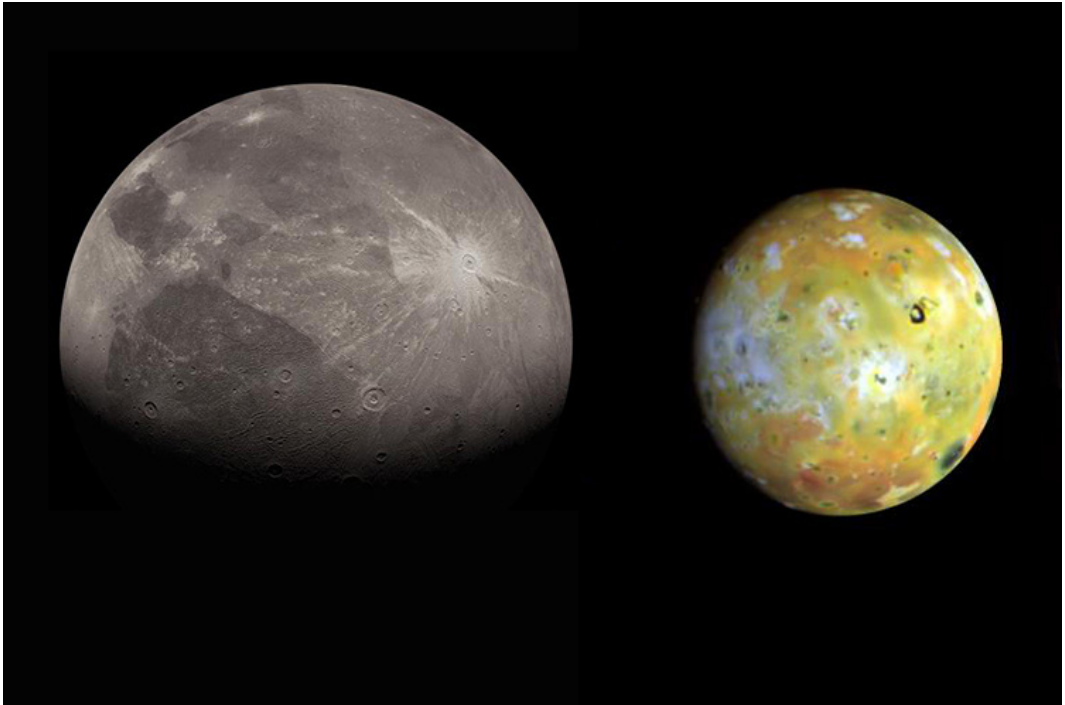
De précédentes observations d'Io avec le télescope Keck d'Hawaïi avaient montré de faibles émissions interdites de SO sur une grande partie de la lune, mais il n'avait pas été possible de les lier spécifiquement à un volcan actif. On soupçonne qu'une grande partie des oxydes de soufre observés lors d'une éclipse provient de volcans dits furtifs, qui émettent du gaz mais pas de poussière, ce qui les rendrait visibles.

Il y a vingt ans, les astronomes avaient proposé que le monoxyde de soufre devait être excité par des bouches volcaniques chaudes, et que l'atmosphère ténue permettait à cet état de subsister assez longtemps – quelques secondes

– pour émettre la ligne interdite. Normalement, les états excités qui produisent cette émission sont rapidement éliminés par suite des collisions avec d'autres molécules. Dans les régions ténues de l'atmosphère, les collisions sont rares, et les états excités peuvent durer assez longtemps. C'est ainsi que le vert et le rouge des aurores terrestres sont produits par des transitions interdites de l'oxygène dans la haute atmosphère.

On peut expliquer l'émission de SO si ces molécules sont excitées dans un volcan à une température d'environ 1500 K, en sortent dans cet état, et reviennent à leur état normal en quelques secondes, émettant les raies interdites.

Photos en gros plan de Ganymède (à gauche), prise par la sonde Juno en 2021, et d'Io (à droite), prise par Galileo en 1997.
(NASA/JPL/USGS)



La Voie lactée des neutrinos

*Basé sur un communiqué
University of Wisconsin-Madison*

La Voie lactée est l'élément le plus caractéristique du ciel nocturne visible à l'oeil nu. Son ruban lumineux domine aussi le ciel dans les autres domaines du spectre électromagnétique. Ainsi, pour la première fois, l'observatoire IceCube Neutrino a produit une image de la Voie lactée à l'aide de neutrinos plutôt que de photons. L'équipe, de plus de 350 scientifiques, a démontré l'émission de neutrinos à haute énergie par la Voie lactée. Les résultats indiquent cependant que la Voie lactée produit beaucoup moins de neutrinos que la moyenne des autres galaxies.

Contrairement au cas du spectre électromagnétique, l'image en neutrinos de la Galaxie est dominée par des sources plus éloignées.

L'expérience IceCube, située dans l'Antarctique, utilise un kilomètre cube de glace comme volume de détection. Des capteurs optiques installés dans les profondeurs

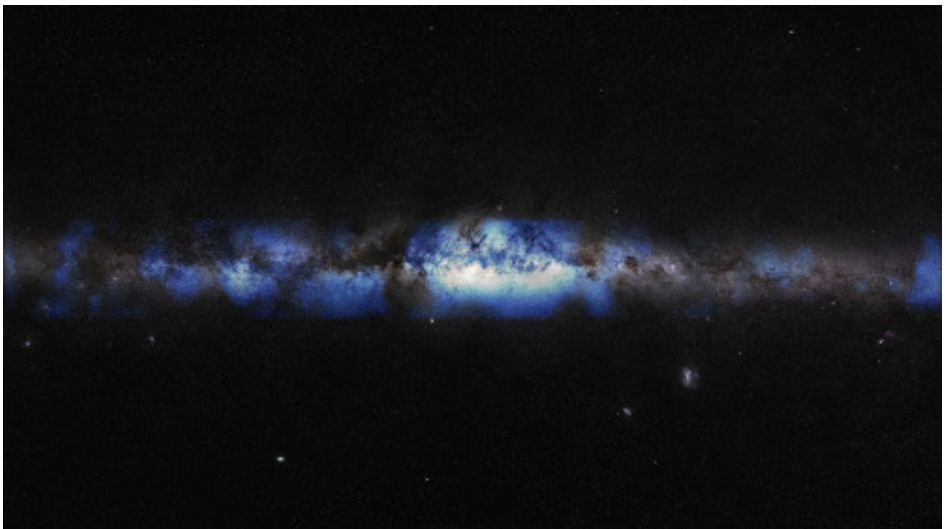
*Vue d'artiste de la Voie lactée observée au travers d'une lentille à neutrinos.
(IceCube/NSF, Lily Le, Shawn Johnson/
ESO, S. Brunier)*

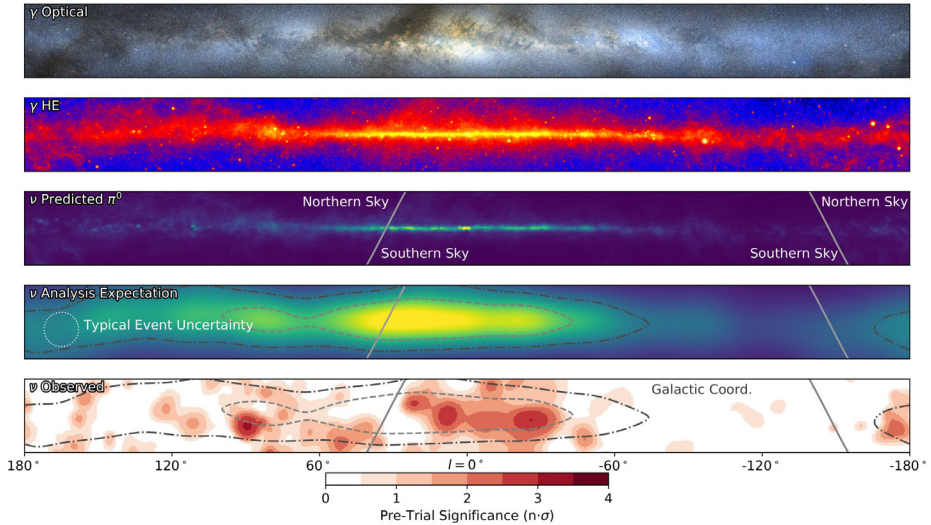
gelées détectent les signaux des neutrinos interagissant avec des atomes. Les chercheurs ont créé leur carte grâce aux neutrinos détectés dans le ciel du sud. Cette moitié de la sphère céleste devrait contenir la majeure partie des neutrinos émis par la Galaxie. Mais les repérer s'est avéré délicat.

IceCube détecte les neutrinos de haute énergie via deux voies : « traces » ou « cascades ». Une trace apparaît lorsque la collision d'un neutrino avec la glace produit un muon de haute énergie. Le muon laisse une traînée de signaux lumineux dans son sillage. Les chercheurs peuvent alors retracer les neutrinos jusqu'à leurs sources probables avec un haut degré de précision.

Une cascade se produit lorsque le neutrino perd toute son énergie dans une petite région, imprimant un signal sphérique dans la glace. Ces signaux sont difficiles à retracer, obscurcissant la source du neutrino. Alors que les cascades font depuis longtemps partie du répertoire IceCube, elles étaient jusqu'à présent peu utilisées dans la recherche de sources de neutrinos.

La méthode développée par les chercheurs utilise un modèle d'intelligence artifi-





cielle (IA) pour extraire le signal des neutrinos cascade provenant de la Voie lactée de ceux d'arrière-plan. À l'aide de données simulées, le modèle d'IA apprend les propriétés de ces neutrinos, puis utilise ces informations pour les filtrer à partir de données réelles. Les neutrinos filtrés sont ensuite analysés plus en détail par le modèle d'IA, qui retrace leur chemin à travers le cosmos – une astuce qu'il apprend également en s'exerçant sur des données simulées.

L'ensemble de données utilisé dans l'étude comprenait 60 000 détections sur dix années.

L'observation du plan galactique avec IceCube a de profondes implications. Une analyse indique que la Voie lactée est 10 à 100 fois plus pauvre en neutrinos que la moyenne des galaxies lointaines. Cela peut être un indice important pour résoudre la vieille question de savoir précisément où et comment les rayons cosmiques à très haute énergie sont produits.

Une implication est que notre galaxie n'a pas hébergé le type de sources qui ont produit la majeure partie des neutrinos de haute énergie au cours des derniers millions d'années, ce qui correspond à peu près au temps depuis le dernier sursaut d'activité du trou noir de notre galaxie.

Les futures analyses de suivi par IceCube permettront de mieux comprendre les mécanismes d'accélération des particules dans la Galaxie.

Vues multi-messagers de la Voie lactée, en coordonnées galactiques. Chaque panneau montre l'ensemble du plan galactique dans une bande de $\pm 15^\circ$ de latitude, chaque panneau ayant une échelle de couleurs unique.

- Les panneaux sont, de haut en bas :*
- 1) la vue dans le domaine optique, en partie obscurcie par des nuages de gaz et de poussière qui absorbent les photons optiques ;*
 - 2) le flux intégré en rayons gamma vu par le télescope spatial Fermi en 12 ans d'observations ;*
 - 3) le modèle d'émission pour le flux de neutrinos, correspondant aux mesures de Fermi ;*
 - 4) le modèle d'émission du panneau 3, tel qu'il apparaîtrait avec le détecteur IceCube ;*
 - 5) vue de la Voie lactée en neutrinos.*

Un transitoire extrême

Basé sur un communiqué RAS

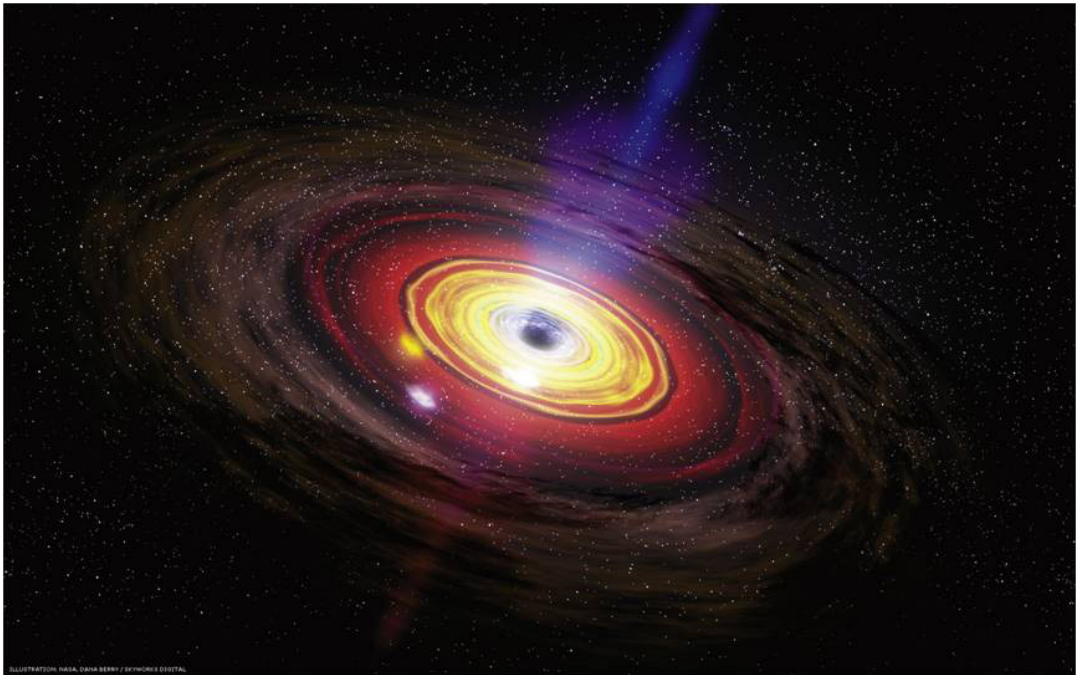
Les astronomes ont assisté à l'un des regains d'activité les plus spectaculaires jamais observés d'un trou noir. J221951-484240 est un « transitoire » – un objet astrophysique qui change de luminosité sur une courte période de temps. Il a été découvert en septembre 2019 lors de la recherche de la contrepartie dans le domaine électromagnétique d'un événement d'ondes gravitationnelles. Les scientifiques utilisaient un télescope à bord de l'observatoire spatial Neil Gehrels Swift pour rechercher une kilonova, le signe d'une étoile à neutrons fusionnant avec une autre étoile à neutrons ou un trou noir. Une kilonova apparaît généralement en bleu, puis s'estompe et devient plus rouge en quelques jours. Ce qu'ils ont trouvé était quelque chose d'encore plus inhabituel. Le transitoire J221951 est apparu en bleu, mais

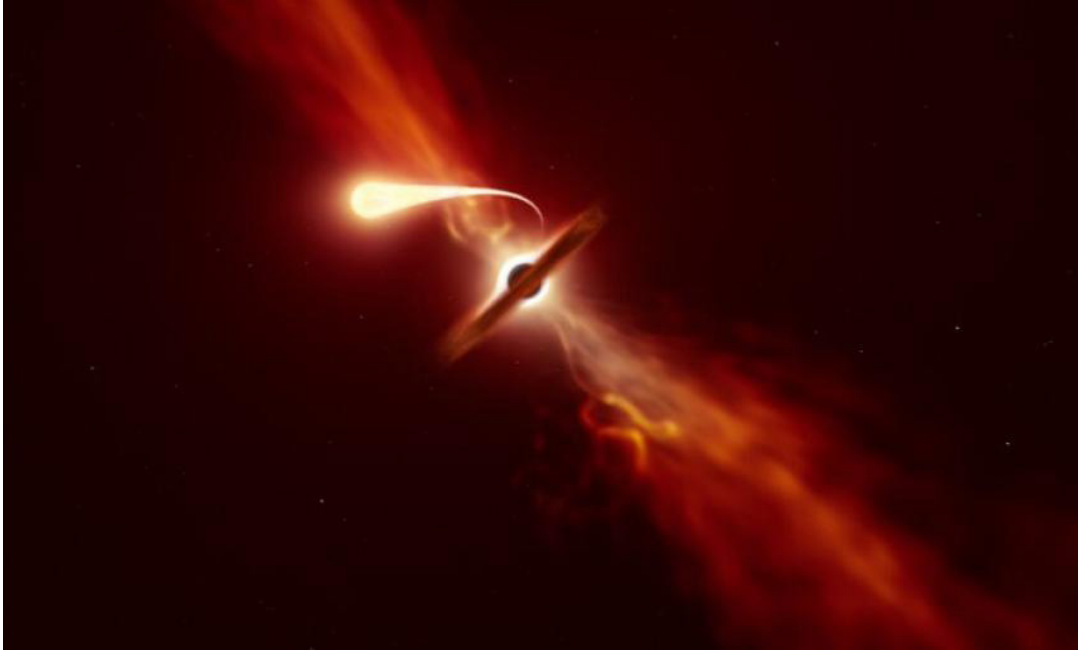
n'a pas changé de couleur et ne s'est pas effacé rapidement comme le ferait une kilonova.

Plusieurs télescopes ont été utilisés pour suivre J221951 et déterminer sa nature, y compris les télescopes spatiaux Swift/UVOT et Hubble, le South African Large Telescope et les installations de l'ESO telles que le VLT de Paranal et télescope MPG de 2,2 mètres de La Silla.

Un spectre de J221951 pris avec le télescope spatial Hubble a exclu l'idée d'un événement gravitationnel. Le spectre de J221951 le situe à environ 10 milliards d'années-lumière, contrairement au signal d'ondes gravitationnelles provenant de moins de 0,5 milliard d'années-lumière. Le fait qu'il brille si fort à une si grande distance fait de cet évé-

***Vue d'artiste du disque d'accrétion
autour d'un trou noir supermassif.
(NASA/Dana Berry, SkyWorks
Digital)***





nement l'un des transitoires les plus lumineux jamais détectés.

Les observations suggèrent que J221951 est dû à un trou noir supermassif se gavant de la matière environnante. Il y a une galaxie rouge à l'endroit de l'objet, et celui-ci semble même coïncider avec son noyau, là où un trou noir massif devrait résider. La source a dû augmenter d'éclat très soudainement – environ 10 mois avant qu'on la détecte – ce qui signifie que le trou noir a commencé à se nourrir rapidement après avoir été silencieux pendant un certain temps. Le spectre ultraviolet montre des caractéristiques d'absorption compatibles avec de la matière expulsée lors d'une énorme libération d'énergie. Ceci, combiné à sa grande luminosité, en fait un événement record.

L'équipe a identifié deux mécanismes possibles qui pourraient expliquer cette activation extrême d'un trou noir supermassif. La première est qu'elle peut avoir été causée par un événement de marée affectant une étoile passant près du trou noir supermassif.

*Illustration représentant une étoile subissant une « spaghettification » alors qu'elle est aspirée par un trou noir supermassif lors d'un événement de marée.
(ESO/M. Kornmesser).*

La seconde invoque un noyau galactique actif changeant d'état, de dormant à actif. J221951 serait alors le signal qu'un trou noir dormant au centre de la galaxie hôte a commencé à se nourrir de matière provenant d'un disque d'accrétion.

Les astronomes espèrent obtenir des indices importants qui aideront à faire la distinction entre l'événement de marée et les scénarios de noyaux galactiques actifs (AGN). Par exemple, si J221951 est associé à un AGN qui s'allume, on peut s'attendre à ce qu'il augmente à nouveau de luminosité, alors que si J221951 est un événement de marée, il devrait continuer de faiblir.

Étoiles centrales de la Voie lactée

Basé sur un communiqué RAS

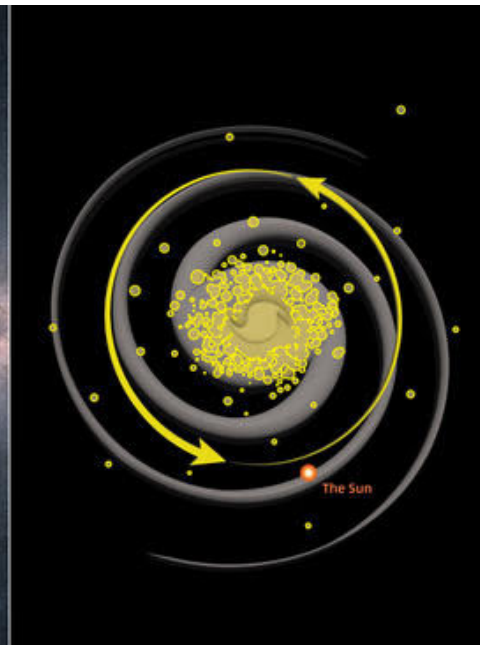
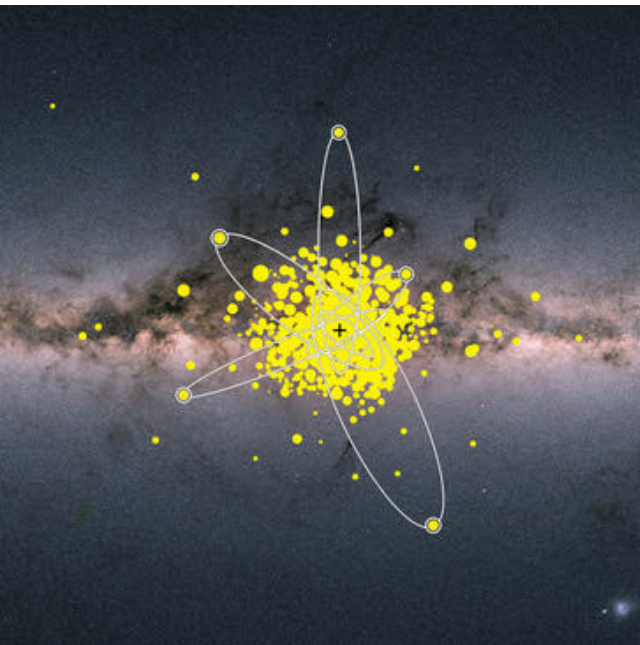
L'équipe IGS (Pristine Inner Galaxy Survey) a obtenu le plus grand ensemble d'observations détaillées à ce jour des étoiles anciennes du noyau de la Voie lactée. Les chercheurs ont constaté que ces étoiles tournent lentement autour du centre de notre galaxie, bien qu'on pense généralement qu'elles se sont formées de manière chaotique. Elles semblent également passer la majeure partie de leur longue vie près du centre galactique.

Certaines des étoiles qui sont nées au cours du premier milliard d'années après le Big Bang sont toujours là aujourd'hui, et elles peuvent être utilisées pour comprendre à quoi ressemblaient les galaxies lorsqu'elles commençaient tout juste à se former. On peut les identifier grâce à leur composition chimique primordiale, principalement de l'hydrogène et de l'hélium, avec une abondance en éléments plus lourds beaucoup plus faible que chez les étoiles jeunes comme le Soleil. Les astronomes

recherchent généralement ces étoiles anciennes loin du plan du disque de la Voie lactée, dans le halo à faible densité entourant la Galaxie, où elles sont plus faciles à trouver.

Les modèles de formation des galaxies suggèrent que les étoiles les plus anciennes devraient être présentes dans les parties internes et denses de la Voie lactée. Mais les trouver dans cette région est difficile car notre ligne de visée vers le centre de la Galaxie est bloquée par de grandes quantités de poussière interstellaire, et les étoiles anciennes sont extrêmement

Vue d'artiste des étoiles anciennes dans la région intérieure de la Voie lactée. Quelques exemples d'orbites d'étoiles sont mis en évidence dans le panneau de gauche. Le panneau de droite montre l'emplacement de ces étoiles dans la Galaxie. (ESA/Gaia, Amanda J. Smith, Anke Arentsen, Institute of Astronomy)



rars par rapport à l'écrasante majorité de leurs homologues plus jeunes.

Dans le projet PIGS, les astronomes ont utilisé un filtre spécial sur le télescope Canada-France-Hawaii (CFHT) pour sélectionner efficacement les étoiles candidates. Elles ont été confirmées par des observations spectroscopiques sur le télescope anglo-australien (AAT), ce qui a donné le plus grand ensemble d'observations détaillées à ce jour pour les étoiles primitives du centre de la galaxie.

Les observations de PIGS ont ensuite été combinées avec les données de la mission spatiale Gaia pour étudier comment ces anciennes étoiles se déplacent dans la Voie lactée. Il s'avère que plus les étoiles sont âgées, plus leurs mouvements sont chaotiques, mais même les étoiles les plus vieilles montrent encore

une rotation moyenne autour du centre de la Galaxie. On constate également que nombre de ces étoiles passent la quasi-totalité de leur vie dans les parties internes de la Galaxie, à l'intérieur d'une sphère qui ne s'étend qu'à mi-chemin entre le centre galactique et le Soleil.

Nous voyons ainsi des étoiles qui se sont formées dans les premiers âges de la Voie lactée. Ces étoiles se sont probablement formées moins d'un milliard d'années après le Big Bang, tout comme les reliques de l'Univers primitif.

*Le centre de la Voie lactée vu en infrarouge par le télescope spatial Spitzer.
(NASA, JPL-Caltech, Susan Stolovy et al, SSC/Caltech)*



Un trou noir intermédiaire dans M4

Basé sur un communiqué NASA-Hubble

Le premier trou noir jamais découvert, en 1971, pèse 21 fois autant que le Soleil. Il a été formé par l'explosion et l'effondrement d'une étoile. On estime que notre galaxie est jonchée de 100 millions de ces trous noirs de plusieurs masses solaires.

Des exemples d'une classe complètement différente de trous noirs ont été identifiés dans les années 1960-1970. Ils pèsent des millions à des milliards de fois autant que le Soleil. Comme tous les trous noirs supermassifs, ces monstres résident au centre des grandes galaxies.

Entre les deux types se situe le chaînon manquant, une classe de trous noirs de masse intermédiaire, pesant d'une centaine à plusieurs milliers de soleils. Quelques-uns ont été trouvés dans d'autres galaxies. Peut-être sont-ils en passe de devenir des trous noirs supermassifs.

C'est surtout au cœur des amas globulaires que l'on pense pouvoir trouver des trous noirs de masse intermédiaire. Ces groupements stellaires sont plus petits que les galaxies et ils devraient contenir des trous noirs plus petits. Plus de 150 de ces amas sphériques de centaines de milliers d'étoiles orbitent autour de notre galaxie. Cependant, la recherche de trous noirs intermédiaires dans ces amas n'a pas été très fructueuse jusqu'à présent. On ne peut évidemment pas observer directement les trous noirs. Il faut se baser sur des preuves circonstancielles en regardant les mouvements orbitaux des étoiles centrales. Sur la base de leurs vitesses, la masse centrale invisible peut être évaluée.

Le suivi des étoiles est un travail méticuleux qui est bien adapté au télescope spatial Hubble. Les astronomes examinant une décennie d'observations par Hubble de l'amas globulaire Messier 4 ont calculé qu'il existe en son centre un objet très dense d'environ 800 masses solaires. Ils voient là une des meilleures preuves à ce jour de l'existence de

cette classe de trous noirs intermédiaires. Les données de Hubble ont tendance à exclure des théories alternatives pour l'objet trouvé dans M4, comme un amas central compact de restes stellaires non résolus : étoiles à neutrons, ou des trous noirs plus petits tourbillonnant les uns autour des autres. De tels objets ne sont pas capables de former une concentration de masses aussi compacte. Un regroupement d'objets étroitement liés serait dynamiquement instable. Si l'objet n'est pas un trou noir unique de masse intermédiaire, il faudrait environ 40 trous noirs plus petits entassés dans un espace d'un dixième d'année-lumière seulement pour produire les mouvements stellaires observés. Les conséquences sont qu'ils fusionneraient et/ou seraient éjectés dans un jeu de flipper interstellaire.

Les astronomes ont identifié d'autres candidats trous noirs de masse intermédiaire grâce à une variété de techniques d'observation. Deux des meilleurs candidats, 3XMM J215022.4-055108, que Hubble a aidé à découvrir en 2020, et HLX-1, identifié en 2009, résident dans des amas d'étoiles denses à la périphérie d'autres galaxies. Ces trous noirs potentiels ont une masse de dizaines de milliers de fois celle du Soleil et ils pourraient avoir occupé initialement le centre de galaxies naines.

L'observatoire spatial X Chandra a également contribué à découvrir de nombreux candidats trous noirs intermédiaires, dont un gros échantillon en 2018.

En regardant beaucoup plus près de chez nous, un certain nombre de trous noirs présumés de masse intermédiaire ont été détectés dans des amas globulaires denses en orbite autour de la Voie lactée. Par exemple, en 2008, les astronomes travaillant avec Hubble ont annoncé la présence possible d'un trou noir de masse intermédiaire dans l'amas Oméga du Centaure. Pour un certain nombre de raisons, y compris le besoin d'acquérir plus de données, ces découvertes et d'autres sur les trous noirs de masse intermédiaire restent encore peu concluantes et ne permettent pas d'exclure des théories alternatives.



*L'amas globulaire Messier 4, situé dans le Scorpion, tout près d'Antarès, contient des centaines de milliers d'étoiles. Les plus brillantes apparaissent en bleu ou en jaune. Les astronomes suspectent la présence en son centre d'un trou noir intermédiaire de 800 masses solaires.
(ESA/Hubble, NASA, Eduardo Vitral/STScI)*