



Astronomie dans le monde

Kepler-138

Basé sur un communiqué NASA-JPL

Deux planètes en orbite autour d'une naine rouge seraient des « mondes aquatiques », des planètes où l'eau constitue une grande partie du volume. Ces mondes, situés dans un système planétaire à 218 années-lumière dans la constellation de la Lyre, ne ressemblent à aucune planète du Système solaire.

Les astronomes ont observé les exoplanètes Kepler-138c et Kepler-138d avec Hubble et utilisé des données du télescope spatial, maintenant à la retraite, Spitzer. Ils ont montré que les planètes – qui font environ une fois et demie la taille de la Terre – pourraient être composées en grande partie d'eau. Ces planètes et une autre plus proche de l'étoile, Kepler-138b, avaient été découvertes par le télescope spatial Kepler.

L'eau n'a pas été directement détectée mais en comparant la taille et la masse des planètes aux modèles, les chercheurs concluent qu'une fraction importante de leur volume – peut-être la moitié – devrait être constituée de matériaux plus légers que la roche mais plus lourds que l'hydrogène ou l'hélium (qui constituent l'essentiel des planètes géantes

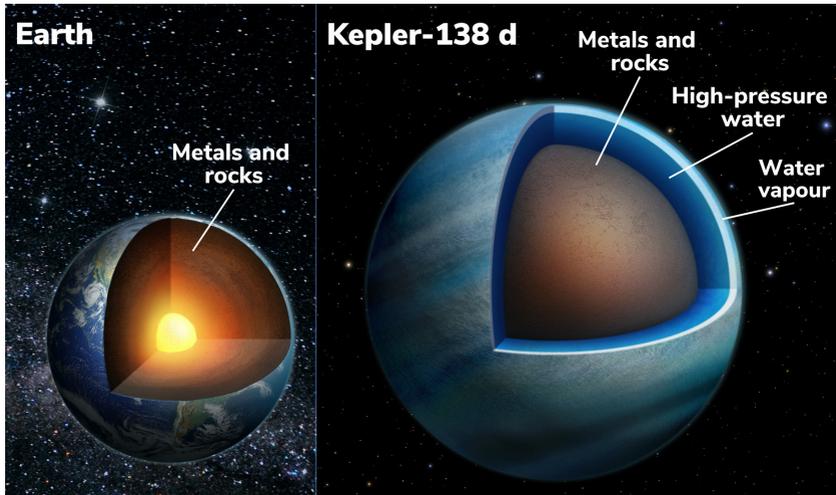
Vue d'artiste de l'exoplanète Kepler-138d au premier plan et Kepler-138c à gauche. Au loin, Kepler 138b passe devant l'étoile mère du système. La faible densité de Kepler-138c et Kepler-138d indique qu'elles sont faites en grande partie d'eau.

(NASA, ESA, Leah Hustak/STScI)

gazeuses comme Jupiter). Le matériau candidat le plus courant est l'eau.

On pensait que les planètes un peu plus grandes que la Terre, des super-Terres, étaient faites de métal et de roche, comme notre planète. Et pourtant Kepler-138c et d semblent bien de natures assez différentes avec une forte proportion d'eau. C'est la première fois que l'on peut confirmer des planètes comme étant des mondes aquatiques, un type de planète qui avait été théorisé par les astronomes depuis longtemps.

Avec des volumes plus de trois fois supérieurs à ceux de la Terre et des masses deux fois plus importantes, les planètes c et d ont des densités bien inférieures à la Terre. Ceci est surprenant car la plupart des planètes à peine plus grandes que la Terre qui ont été étudiées en détail jusqu'à présent semblaient toutes être des mondes rocheux comme le



*Modèles de la Terre et de l'exoplanète Kepler-138d. Les mesures de la densité de Kepler-138d suggèrent qu'elle pourrait avoir une couche d'eau représentant plus de 50% de son volume, à une profondeur d'environ 2 000 kilomètres.
(Benoît Gougeon/université de Montréal)*

nôtre. La comparaison la plus proche avec les deux planètes serait certaines des lunes glacées du Système solaire qui sont également en grande partie composées d'eau entourant un noyau rocheux. Au lieu d'une surface glacée, Kepler-138c et d abriteraient de grandes enveloppes de vapeur d'eau. Ce seraient des versions géantes d'Europe ou d'Encelade proches de leur étoile.

La température dans leur atmosphère est probablement supérieure au point d'ébullition de l'eau. Sous cette atmosphère dense de vapeur d'eau pourrait se trouver un océan à haute pression, ou de l'eau dans une phase dite supercritique qui se produit à des pressions élevées.

Récemment, une autre équipe avait découvert une planète, TOI-1452b, qui pourrait être recouverte d'un océan d'eau liquide, mais le télescope spatial Webb sera nécessaire pour étudier son atmosphère et confirmer la présence d'un océan.

Les observations anciennes du télescope spatial Kepler ne montraient que des transits de trois planètes autour de Kepler-138. Les astronomes ont été surpris de constater que les observations de Hubble et Spitzer suggéraient la présence d'une quatrième planète dans le système, Kepler-138e.

Cette nouvelle planète est plus petite et plus éloignée de son étoile que les trois autres, prenant 38 jours pour compléter une orbite. Elle se trouve dans la zone habitable de l'étoile, une région tempérée où une planète reçoit juste la bonne quantité de chaleur de l'étoile pour n'être ni trop chaude ni trop froide et permettre la présence d'eau liquide.

La nature de cette planète reste à déterminer car elle ne semble pas transiter devant l'étoile. L'observation du transit de l'exoplanète aurait permis aux astronomes de déterminer sa taille.

Les chercheurs ont eu une autre surprise : ils ont découvert que les deux mondes aquatiques Kepler-138c et d sont des planètes « jumelles », avec pratiquement la même taille et la même masse, alors qu'elles étaient auparavant considérées comme radicalement différentes. La planète la plus proche, Kepler-138b, en revanche, est confirmée comme étant une petite planète de masse martienne, l'une des plus petites exoplanètes connues à ce jour.

Kepler-1658b

*Basé sur un communiqué
Harvard & Smithsonian*

Les astronomes ont constaté la réduction progressive de l'orbite de l'exoplanète Kepler-1658b, un processus qui devrait amener la planète à plonger dans son étoile dans un futur lointain. Ce funeste destin attend de nombreux mondes et pourrait être celui de la Terre dans des milliards d'années.

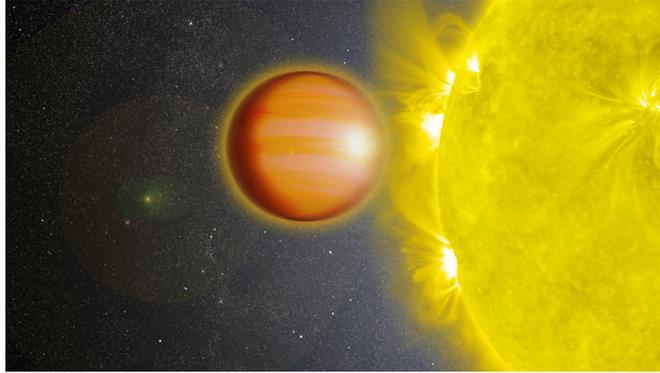
Jusqu'à présent la dégradation d'orbite n'avait été observée que pour des systèmes relativement jeunes. Kepler-1658 est, quant à elle, une étoile âgée. L'observation confirme ainsi la théorie qui prédit que les étoiles évoluées sont très efficaces pour extraire l'énergie des orbites de leurs planètes.

Kepler-1658b fut, curieusement, la toute première candidate exoplanète que l'observatoire spatial Kepler ait jamais observée, mais il a fallu près d'une décennie pour confirmer sa réalité et l'inscrire officiellement dans le catalogue sous le numéro 1658. La planète est une Jupiter chaude. Sa distance à l'étoile n'est qu'un huitième de celle qui sépare le Soleil de Mercure.

Mesurer la dégradation orbitale des exoplanètes met les chercheurs au défi car le processus est très lent et progressif. Dans le cas de Kepler-1658b, la période orbitale diminue au rythme infime de 131 millièmes de seconde par an.

La détection de ce déclin a nécessité plusieurs années d'observations attentives, d'abord avec Kepler, puis le télescope Hale du Mont Palomar et enfin le télescope spatial TESS (Transiting Exoplanet Survey) lancé en 2018. Ces observations ont montré que l'intervalle entre les transits a régulièrement diminué.

La raison de la diminution de l'orbite est le phénomène de marée. La gravité des corps déforme constamment leur forme, ce qui s'accompagne d'une libération d'énergie. Selon la façon dont l'énergie se redistribue,



*Vue d'artiste d'une Jupiter
chaude et de son étoile.
(NASA/GSFC)*

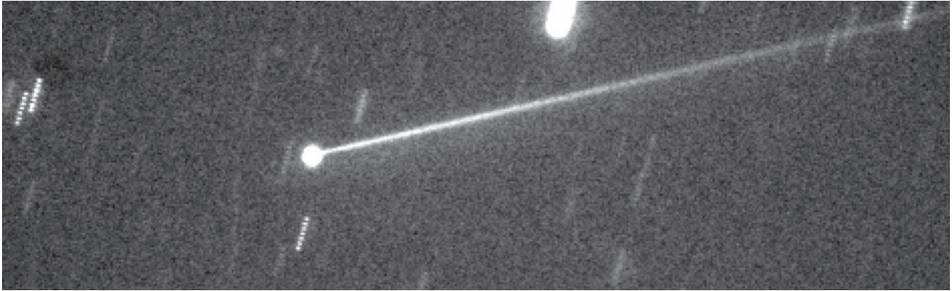
cela peut se traduire par un rétrécissement ou un agrandissement de l'orbite. Par exemple la distance Terre-Lune augmente car la perte d'énergie concerne la rotation des astres. Pour Kepler-1658, c'est l'inverse, l'énergie orbitale diminue.

Il y a encore beaucoup de choses que les chercheurs ne comprennent pas sur ces dynamiques, en particulier dans les scénarios planète-étoile. En conséquence, une étude plus approfondie du système Kepler-1658 devrait s'avérer instructive.

L'étoile est arrivée dans une phase avancée de son évolution, dite phase sous-géante. La structure interne des étoiles évoluées devrait plus facilement conduire à la dissipation de l'énergie des marées provenant des orbites des planètes hébergées par rapport aux étoiles non évoluées comme le Soleil. Cela accélère le processus de dégradation orbitale, ce qui en facilite l'étude.

Ces résultats aident à expliquer une bizarrerie de Kepler-1658b, qui semble plus brillante et plus chaude que prévu. Les interactions de marée qui réduisent l'orbite de la planète peuvent également générer de l'énergie supplémentaire au sein de la planète.

Une situation similaire affecte la lune Io de Jupiter. De fortes interactions de marée pétrissent et échauffent l'intérieur du satellite, provoquant un volcanisme violent.



DART

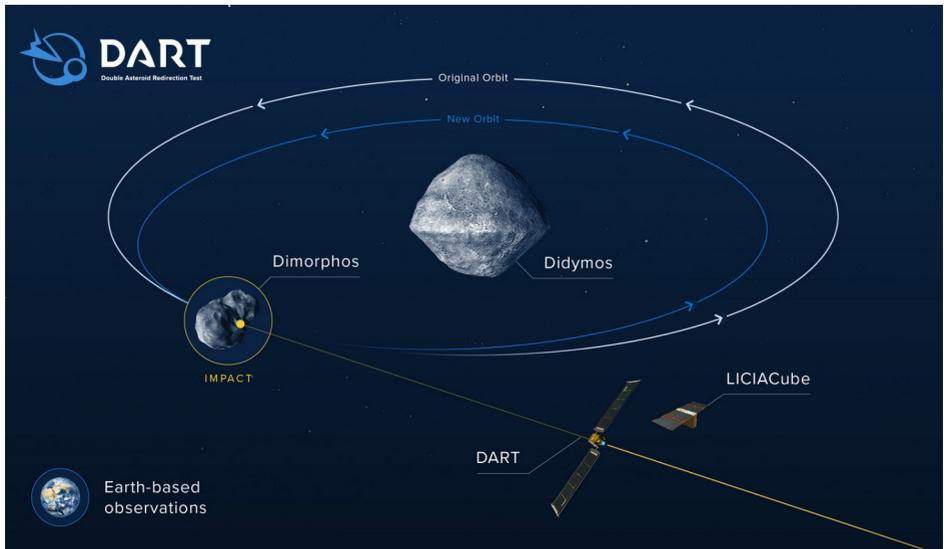
Basé sur un communiqué NASA

Depuis que le vaisseau spatial DART (Double Asteroid Redirection Test) a percuté intentionnellement Dimorphos le 26 septembre – modifiant son orbite de 33 minutes – les scientifiques ont étudié les implications de cette opération sur les techniques de défense planétaire qui pourraient être utilisées, si jamais un tel besoin se présentait. Cela a inclus une analyse approfondie des éjectas – les nombreuses tonnes de roches astéroïdales lancées dans l’espace par l’impact.

Les observations continues de ces éjectas en évolution ont permis de mieux comprendre ce que le vaisseau spatial DART a réalisé sur le site d’impact. Elles ont permis aussi d’étudier de quoi sont faits ces corps et comment ils se sont formés.

Didymos vu depuis l’observatoire de Magdalena Ridge au Nouveau-Mexique. Des images telles que celle-ci peuvent fournir des informations aux astronomes qui étudient des structures faibles dans la queue de l’éjecta. Le champ est d’environ 32 000 kilomètres. (Magdalena Ridge Observatory/ NM Tech)

Illustration de l’altération de l’orbite de Dimorphos autour de Didymos suite à l’impact de DART. (NASA/DART)





*La dernière image complète de la petite lune astéroïdale Dimorphos, prise lors de la mission DART d'une distance de 12 kilomètres, 2 secondes avant l'impact. Le champ est de 30 mètres.
(NASA/Johns Hopkins APL)*

Dans les semaines qui ont suivi l'impact, les scientifiques se sont concentrés sur la mesure du transfert d'impulsion de la collision à environ 22 530 kilomètres par heure de DART avec l'astéroïde. Les scientifiques estiment que l'impact de DART a éjecté plus d'un millier de tonnes de roches poussiéreuses dans l'espace.

Les observations avant et après l'impact révèlent que Dimorphos et son astéroïde parent, Didymos, sont composés du même matériau – un matériau lié à des chondrites ordinaires, semblables au type de météorite le plus courant.

Les images montrent comment la pression du rayonnement solaire a étiré le flux d'éjectas en une queue cométaire sur des dizaines de milliers de kilomètres.

En rassemblant ces pièces et en supposant que Didymos et Dimorphos ont les mêmes densités, les scientifiques ont pu estimer que l'élan transféré lorsque DART a frappé Dimorphos était environ 3,6 fois plus grand que si l'astéroïde avait simplement absorbé le vaisseau spatial et n'avait produit aucun éjecta du tout. Les éjectas ont ainsi contribué plus que le vaisseau spatial à déplacer l'astéroïde.

Prédire avec précision le transfert d'impulsion est essentiel pour planifier une future mission d'impact cinétique si jamais elle est nécessaire, y compris la détermination de la taille de l'engin spatial impacteur et l'estimation du délai nécessaire pour s'assurer qu'une petite déviation déplacerait un astéroïde potentiellement dangereux hors de son chemin.

Pollution lumineuse

Basé sur un communiqué RAS

Selon les chercheurs, le ciel de la plupart des observatoires est pollué et une action immédiate est nécessaire pour réduire la quantité de contamination provenant de la lumière artificielle. Ce constat ressort d'une étude présentant les niveaux de pollution lumineuse au-dessus de près de 50 observatoires à travers le monde, y compris les plus grands observatoires professionnels, ainsi que de plus petits observatoires pour amateurs.

L'étude utilise un modèle de propagation de la lumière dans l'atmosphère terrestre et l'applique aux données satellitaires nocturnes.

La pollution lumineuse s'évalue traditionnellement par la luminosité au zénith, zone normalement la plus sombre du ciel nocturne. La nouvelle étude utilise en plus d'autres indicateurs pour classer les sites : la luminosité moyenne à une altitude de 30° au-dessus de l'horizon, la luminosité moyenne dans les

10 premiers degrés au-dessus de l'horizon, la luminosité moyenne globale à travers le ciel et l'éclairement du sol donné par la lumière artificielle provenant du ciel nocturne. Ces critères aident à déchiffrer comment la lumière artificielle affecte le ciel nocturne.

La mesure clé est la comparaison avec la luminosité naturelle émanant de la haute atmosphère et la lumière provenant des étoiles et de la Voie lactée.

Les résultats indiquent que seuls 7 des 28 principaux sites d'observatoires astronomiques (sites qui hébergent un télescope d'un diamètre de 3 mètres ou plus) ont une pollution lumineuse inférieure au seuil attendu de 1% de la luminosité naturelle du ciel, et pourraient donc être considérés comme pratiquement non contaminés dans cette direction. Cela place les

L'horizon de l'observatoire du Large Binocular Telescope en Arizona regorge de sources de pollutions lumineuses.
(Marco Pedani; CC BY 4.0)



Light Pollution at Mt. Graham - Looking SW from TBT dome, Feb.06.2008



*Image du ciel nocturne prise en Namibie.
(Fabio Falchi; CC BY 4.0)*

21 sites majeurs restants – les trois quarts de tous les grands observatoires – au-dessus de ce niveau.

La direction de pointage la plus basse des télescopes au sol se situe à environ 30° au-dessus de l'horizon. Un seul observatoire des 28 sites majeurs présente une pollution lumineuse inférieure à 1% dans cette direction. Une limite moins contraignante de 10% a été fixée par l'Union astronomique internationale dans les années 1970 comme luminosité artificielle maximale autorisée pour les principaux

observatoires. La nouvelle étude montre que la pollution lumineuse dans les deux tiers des observatoires au sol a maintenant franchi ce seuil.

Le moins contaminé de tous les sites de l'étude est un lodge namibien qui héberge plusieurs télescopes qui sont loués à des amateurs à des fins visuelles, photographiques et de recherche.

Le bassin martien Borealis

Basé sur un communiqué de l'université Paris-Saclay

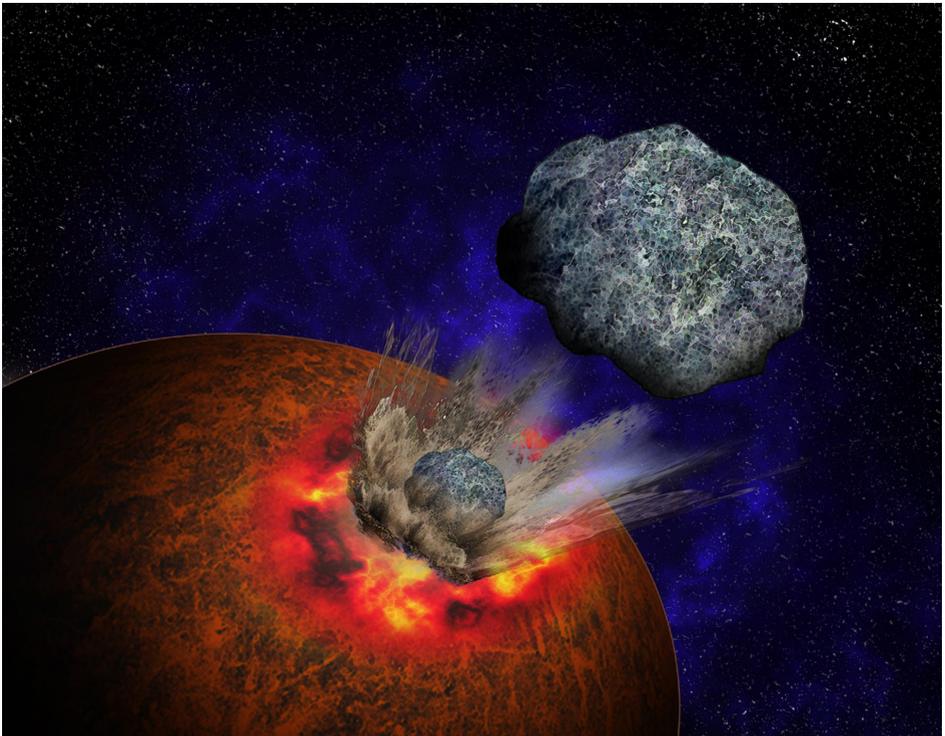
Une nouvelle étude apporte des éléments corroborant l'hypothèse qu'un impact géant, au début de l'histoire de Mars, est à l'origine du décalage d'altitude entre les hémisphères nord et sud de la Planète rouge.

Les scientifiques s'interrogent depuis des décennies sur l'origine de la plus étonnante caractéristique de Mars : son hémisphère nord, le bassin Borealis, est 5 à 10 kilomètres plus bas que son hémisphère sud. Une des hypothèses avancées pour expliquer ce décalage était la suivante : au début de l'histoire de la planète, il y a 4,5 milliards d'années, une planète de près de 2 000 km de diamètre aurait heurté obliquement Mars, manquant de détruire celle-ci et produisant un gigantesque bassin d'impact au nord. Cette hypothèse, qui

relevait de la théorie, est maintenant étayée par des observations.

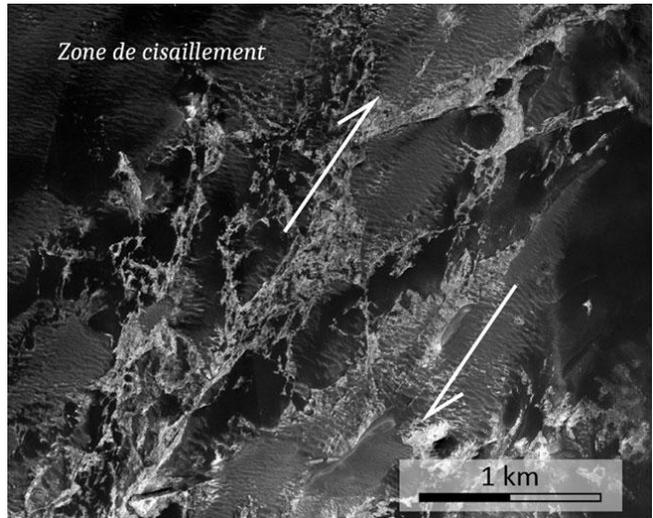
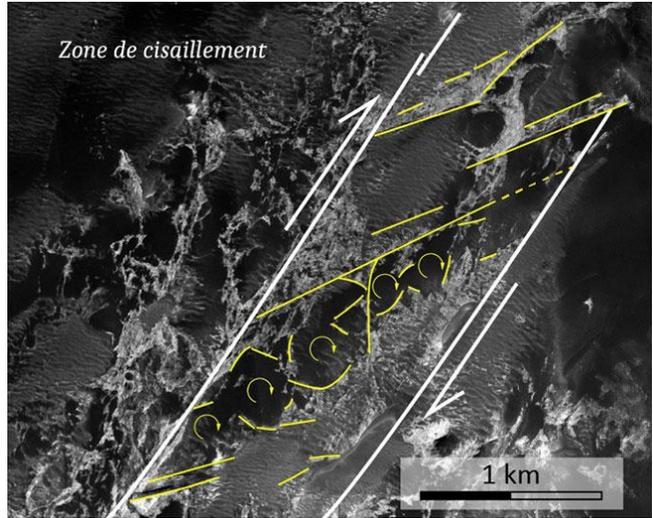
Les astronomes ont identifié des zones de cisaillement, attribuées à l'impact géant. Ce sont des structures complexes de déformation tectonique de la croûte martienne qui ne se développent qu'en profondeur, là où la température est suffisamment élevée pour commencer à rendre la roche malléable. La profonde faille de Valles Marineris ouvre une fenêtre sur l'intérieur de Mars et dévoile ces zones de cisaillement. Des arguments fondés sur l'analyse de compositions minéralogiques et l'observation d'anomalies magnétiques viennent également corroborer l'hypothèse avancée.

***Simulation de l'impact oblique ayant formé le bassin Borealis.
(jon666 ; Getty Images/iStockphoto)***



Ces nouveaux éléments apportent des informations sur l'évolution géologique de la Planète rouge. Suite à cet impact géant, Mars aurait ainsi pu être un cocon propice à l'apparition de la vie. En effet, cet impact aurait induit la circulation de fluides hydrothermaux (eau, CO₂), notamment dans les dorsales terrestres, berceau potentiel de la vie.

Sur Terre, ces zones de cisaillement traversées par des fluides hydrothermaux constituent des gisements exploités pour l'extraction de métaux rares : cuivre, étain, bismuth, molybdène, tungstène, argent, or, platine, etc. En l'état actuel des connaissances, de tels gisements ont peu de chances de se retrouver ailleurs à la surface de Mars. Il apparaît déraisonnable de ramener sur Terre les métaux extraits de ces gisements pour des raisons évidentes de coût et de pollution. En revanche, on pourrait éventuellement envisager, dans un avenir très lointain, de les exploiter sur place dans le cadre de la stratégie ISRU (In Situ Resource Utilization) pour l'exploration robotique et humaine. La future exploration spatiale de Valles Marineris promet d'être très instructive.



*Illustration de zones de cisaillement dans Ophir Chasma, dans le fossé de Valles Marineris, à la frontière du bassin de Borealis, juste après l'accrétion de la planète.
(MRO)*

Mars active

*Basé sur un communiqué
University of Arizona*

Un « panache » géant dans le manteau martien révèle une planète plus active qu'on ne le pensait. Les observations de sondes martiennes suggèrent en effet la présence d'un puissant mouvement interne poussant la surface vers le haut et entraînant une intense activité volcanique et sismique.

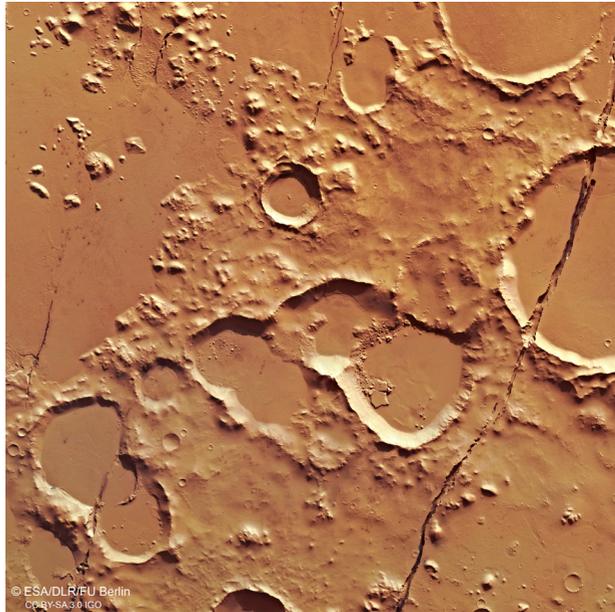
Sur Terre, le déplacement des plaques tectoniques remanie la surface de la planète et rend l'intérieur dynamique. L'absence de tels processus sur Mars a conduit à penser qu'il s'agissait d'une planète morte, où il ne s'est pas passé grand-chose au cours des 3 derniers milliards d'années.

La nouvelle analyse suggère que l'apparence tranquille de la planète pourrait cacher un intérieur tumultueux.

Les panaches mantelliques sont de grandes masses de roches chaudes et flottantes qui s'élèvent des profondeurs d'une planète et traversent le manteau pour atteindre la base de sa croûte superficielle, provoquant des tremblements de terre, des failles et des éruptions volcaniques. La chaîne des îles d'Hawaï, par exemple, s'est formée lorsque la plaque du Pacifique a lentement dérivé au-dessus d'un panache mantellique.

Alors que l'on possède de solides preuves de l'activité de tels panaches sur la Terre et Vénus, on ne s'attend pas à ce que ce soit le cas sur un petit monde supposé froid comme Mars. Mars était très active il y a 3 à 4 milliards d'années et l'opinion dominante est que la planète est essentiellement morte aujourd'hui.

Une violente activité volcanique au début de l'histoire de la planète a construit les plus hauts volcans du Système solaire et a recouvert l'hémisphère nord de dépôts volcaniques. Le peu d'activité qui s'est produit dans l'histoire récente est généralement attribué à des processus passifs sur une planète qui se refroidit.



Les chercheurs ont été attirés par l'activité surprenante dans la région d'Elysium Planitia, dans les basses terres du nord de Mars, près de l'équateur. Contrairement aux autres régions volcaniques de Mars, qui n'ont pas connu d'activité majeure depuis des milliards d'années, Elysium Planitia a connu de grandes éruptions au cours des 200 derniers millions d'années.

Des travaux antérieurs avaient montré qu'Elysium Planitia avait été le siège de la plus récente éruption volcanique connue sur Mars, une petite explosion de cendres volcaniques il y a environ 53 000 ans, soit hier en temps géologique.

Le volcanisme d'Elysium Planitia est concentré dans Cerberus Fossae, un ensemble de jeunes fissures qui s'étendent sur plus 1 500 kilomètres au travers de la surface martienne. Récemment, l'équipe InSight de la NASA a découvert que presque tous les tremblements de terre martiens émanent de cette seule région. Bien que cette activité volcanique et tectonique ait été documentée, la cause sous-jacente restait inconnue.



Image prise le 27 janvier 2018 par la caméra stéréo haute résolution (HRSC) de Mars Express, et montrant une partie du système Cerberus Fossae dans Elysium Planitia. (ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO)

Sur Terre, le volcanisme et les tremblements de terre ont tendance à être associés soit aux panaches du manteau, soit à la tectonique des plaques, le cycle global de la dérive des continents qui recycle continuellement la croûte.

Comme Mars n'a pas de tectonique des plaques, les chercheurs ont voulu savoir si l'activité de Cerberus Fossae pouvait être le résultat d'un panache du manteau.

Ces panaches, qui peuvent être considérés comme analogues à des gouttes de cire chaudes s'élevant dans des lampes à lave, révèlent leur présence sur Terre à travers une séquence classique d'événements. Le matériau chaud du panache pousse contre la surface, soulevant et étirant la croûte. La roche en fusion du panache éclate ensuite sous forme de basaltes inondés qui créent de vastes plaines volcaniques.

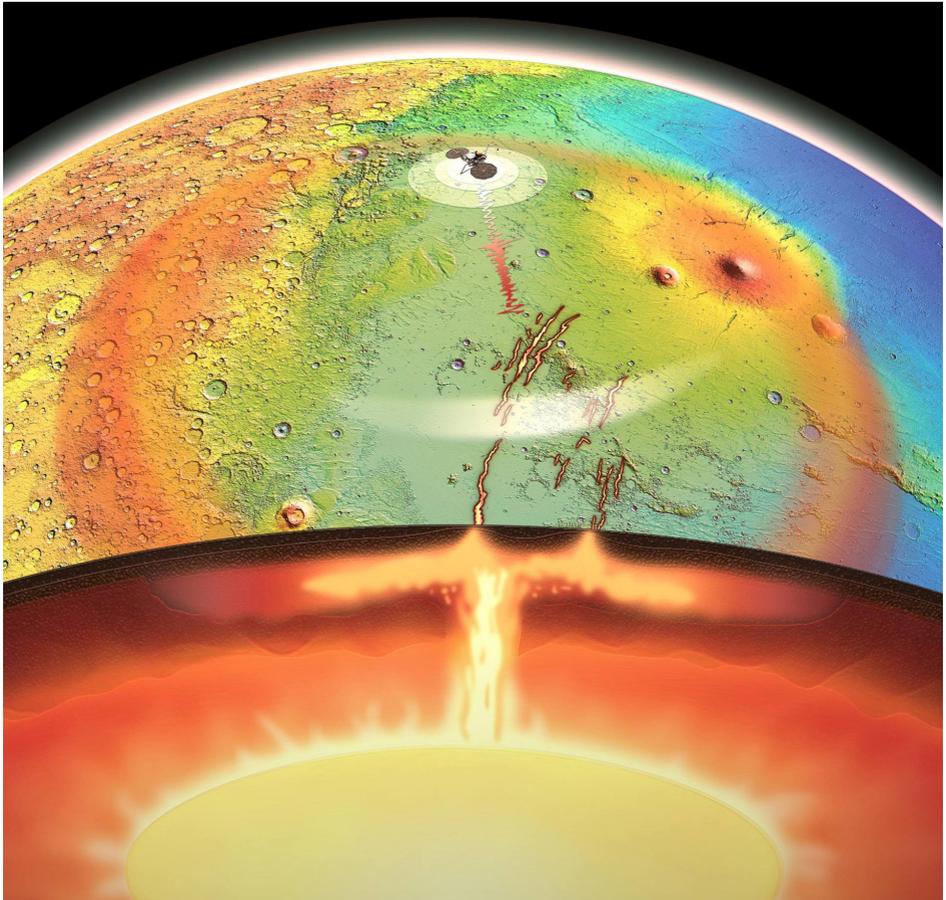
Lorsque les scientifiques ont étudié les caractéristiques d'Elysium Planitia, ils ont reconnu la même séquence d'événements sur Mars. La surface a été soulevée de plus d'un mile, ce qui en fait l'une des régions les plus élevées des vastes basses terres du nord de

Mars. Des analyses de variations subtiles du champ de gravité ont indiqué que ce soulèvement est soutenu depuis les profondeurs de la planète, ce qui est cohérent avec la présence d'un panache du manteau.

D'autres mesures ont montré que le fond des cratères d'impact est incliné dans la direction du panache, soutenant davantage l'idée que quelque chose a poussé la surface vers le haut après la formation des cratères. Enfin, lorsque les chercheurs ont appliqué un modèle tectonique à la région, ils ont constaté que la présence d'un panache géant, large de 3 500 kilomètres, était le seul moyen d'expliquer la formation du Cerberus Fossae.

La découverte pose un défi aux modèles utilisés par les planétologues pour étudier l'évolution thermique des planètes. Ce panache du manteau a affecté une zone de Mars à peu près équivalente à celle de la zone continentale des États-Unis. Les études futures devront trouver un moyen de tenir compte d'un très grand panache du manteau qui n'était pas censé être là.

On pensait qu'InSight avait atterri dans l'une des régions les plus géologiquement



ennuyeuses de Mars – une plaine qui devrait être représentative des basses terres de la planète. Au lieu de cela, il apparaît qu’InSight a atterri juste au-dessus d’un panache actif.

Apprendre qu’un panache de manteau est actif sur Mars est un changement de paradigme pour notre compréhension de l’évolution géologique de la planète, semblable à l’époque où les analyses des mesures sismiques enregistrées pendant l’ère Apollo ont démontré que le noyau de la Lune était en fusion.

Cette découverte pourrait avoir des implications pour la vie sur Mars. La région étudiée a connu des inondations dans un passé géologique récent, bien que la cause soit restée

Impression d’artiste d’un panache mantellique s’élevant depuis les profondeurs de Mars et frappant les plaines d’Elysium Planitia.

(Adrien Broquet & Audrey Lasbordes)

un mystère. La même chaleur du panache qui alimente l’activité volcanique et sismique en cours pourrait également faire fondre la glace pour provoquer les inondations – et causer des réactions chimiques qui pourraient maintenir la vie profondément sous terre. Les microbes sur Terre prospèrent dans des environnements similaires.

HIPASS J1131–31, la galaxie « Peekaboo »

Basé sur un communiqué NASA

La petite galaxie HIPASS J1131–31 – elle mesure à peine plus de 1 000 années-lumière – a été surnommée « Peekaboo » (« qui fait coucou ») car elle est en train de se dégager de l'éclat aveuglant d'une étoile d'avant-plan animée d'un grand mouvement propre. Les astronomes ont découvert qu'il s'agit d'une galaxie proche dont les caractéristiques ressemblent beaucoup à celles des galaxies de l'Univers lointain et primitif. Elle témoigne des mêmes processus de formation que les galaxies apparues peu de temps après le Big Bang, il y a 13,8 milliards d'années.

Cette découverte est le résultat de multiples observations par des télescopes au sol et dans l'espace.

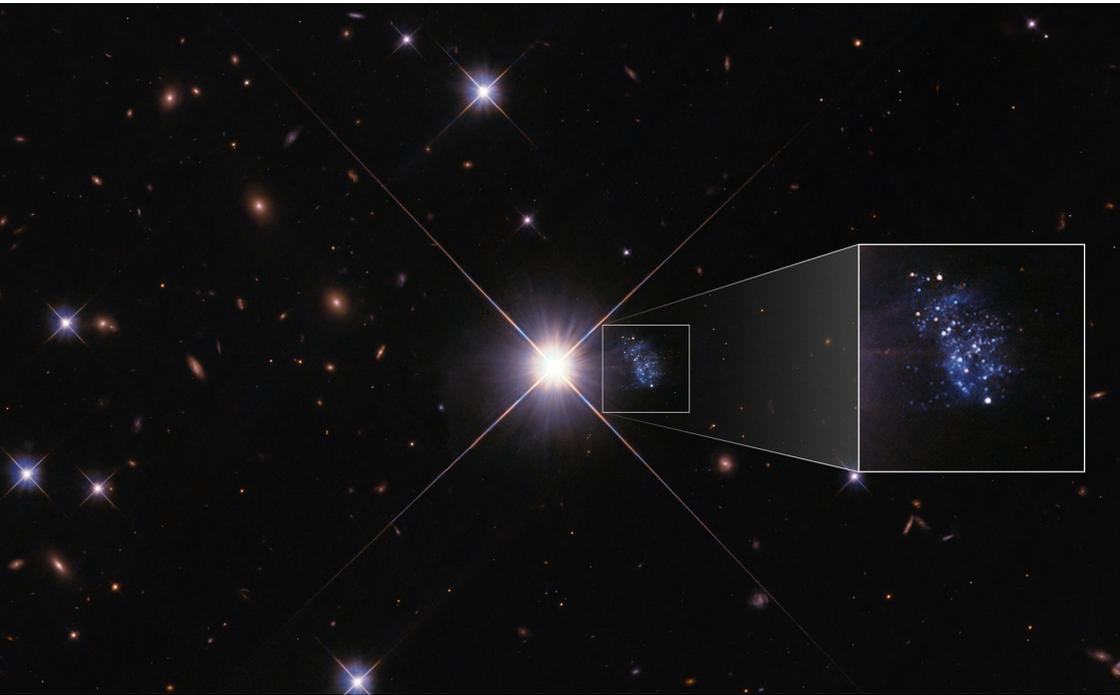
Les astronomes décrivent les galaxies telles que Peekaboo comme extrêmement pauvres en

Sur cette image prise par le télescope spatial Hubble, la galaxie Peekaboo ne peut rivaliser avec la luminosité d'une étoile proche. Elle se révèle comme un nuage bleu, informe, parsemé d'étoiles blanches, jeunes.

Il s'agit de l'une des galaxies les plus pauvres en métaux que l'on connaisse dans l'Univers local.

Selon les astronomes, découvrir la galaxie Peekaboo, c'est comme découvrir une fenêtre directe sur le passé, nous permettant d'étudier son environnement extrême et ses étoiles à un niveau de détail inaccessible dans l'Univers primitif.

(NASA, ESA, Igor Karachentsev/SAO-RAS, Alyssa Pagan/STScI)



métaux (XMP, « extremely metal-poor »). Rappelons que pour eux les métaux sont les éléments plus lourds que l'hélium.

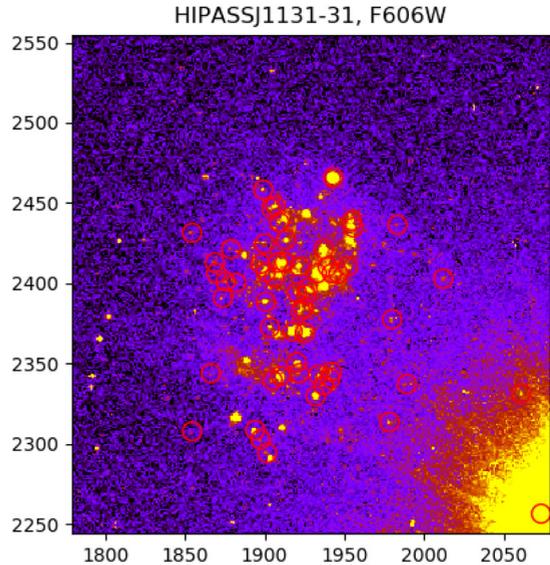
Au début, l'Univers était presque entièrement composé d'hydrogène et d'hélium, des éléments primordiaux forgés lors du Big Bang. Les éléments lourds ont été fabriqués progressivement dans les étoiles, créant l'Univers généralement riche en « métaux » que nous connaissons. Ces éléments ont été essentiels dans l'apparition de la vie.

Alors que les premières galaxies de l'Univers étaient forcément XMP, quelques galaxies pauvres en métaux ont également été trouvées dans l'Univers local. Peekaboo a attiré l'attention des astronomes car, non seulement c'est une galaxie XMP, mais à seulement 20 millions d'années-lumière de nous, elle est deux fois plus proche que les plus proches des jeunes galaxies XMP connues.

Peekaboo a été détectée pour la première fois comme un nuage d'hydrogène froid il y a plus de 20 ans avec le grand radiotélescope australien de Parkes (récemment baptisé Murriyang). Les observations dans l'ultraviolet lointain du télescope spatial Galaxy Evolution Explorer ont montré qu'il s'agissait d'une galaxie naine bleue compacte.

Ce sont les observations de plusieurs autres télescopes, notamment Hubble et le grand télescope sud-africain SALT, qui ont révélé que la galaxie Peekaboo est l'une des galaxies les plus pauvres en métaux jamais détectées.

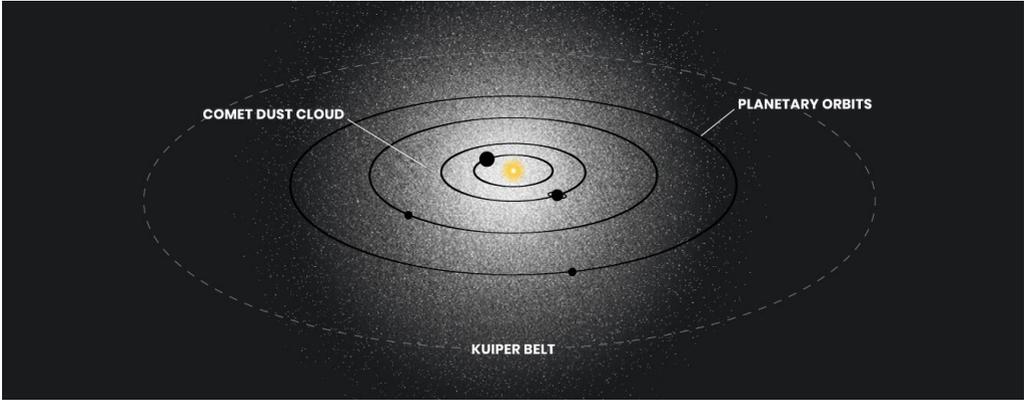
Le télescope spatial Hubble a pu résoudre environ 60 étoiles, dont presque toutes semblent avoir tout au plus quelques milliards d'années. Les mesures de la métallicité de Peekaboo par SALT ont complété le tableau. Ensemble, ces découvertes soulignent la différence majeure entre Peekaboo et les autres galaxies de l'Univers local, qui ont généralement des étoiles vieilles de plusieurs milliards



Vue de la galaxie Peekaboo prise avec la caméra ACS de Hubble dans le filtre F606W. Les étoiles qui ont pu être mesurées avec une précision suffisante sont entourées d'un cercle. (I. D. Karachentsev et al., 2022)

d'années. Les caractéristiques des étoiles de Peekaboo indiquent qu'il s'agit de l'une des galaxies les plus jeunes et les moins enrichies chimiquement jamais détectées dans l'Univers local. C'est très inhabituel, car l'Univers local a eu environ 13 milliards d'années d'histoire cosmique pour se développer.

Les observations de Hubble ont été faites dans le cadre du programme The Every Known Near Galaxy Survey, un effort pour obtenir des données sur un maximum de galaxies proches. Les astronomes prévoient d'utiliser Hubble et le télescope spatial James Webb pour poursuivre leurs recherches sur Peekaboo, afin d'en savoir plus sur ses populations stellaires.



Lueur interplanétaire

Basé sur un communiqué NASA/ESA

En l'absence de Lune, le ciel nocturne semble noir d'encre pour l'observateur occasionnel. Mais à quel point est-il sombre ?

Les astronomes ont parcouru 200 000 images d'archives du télescope spatial Hubble et ont effectué des dizaines de milliers de mesures sur ces images pour rechercher un éventuel fond de ciel résiduel dans le cadre d'un projet ambitieux dénommé SKYSURF. Pour cela ils ont soustrait toutes les sources connues de rayonnement : étoiles, galaxies, planètes, lumière zodiacale. Étonnamment, il restait une faible lueur fantomatique.

En fait, plus de 95 % des photons dans les images d'archive de Hubble proviennent de distances inférieures à 3 milliards de kilomètres de la Terre. La plupart des astronomes négligeaient ces photons répartis uniformément, car ils s'intéressent aux objets bien identifiés, les étoiles et les galaxies. Mais ces photons de fond contiennent des informations importantes qui peuvent être extraites grâce à la capacité unique de Hubble à mesurer de faibles niveaux de luminosité avec une grande précision au cours de ses trois décennies de durée de vie.

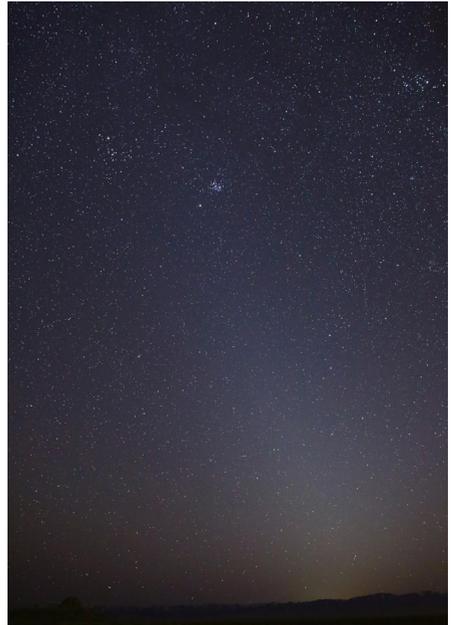
On peut imaginer une origine du même genre que pour la lumière zodiacale. Un halo de poussière envelopperait le Système solaire

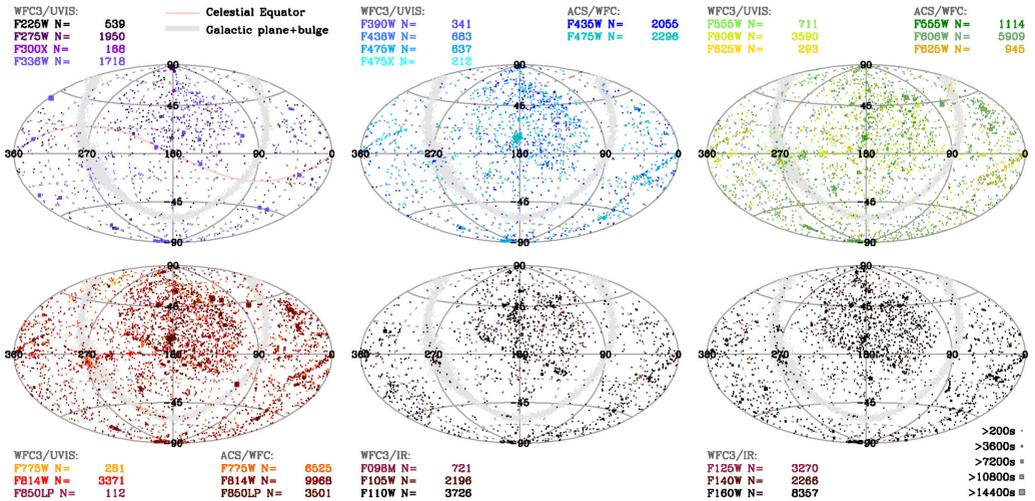
Vue d'artiste d'un hypothétique nuage de poussière englobant le Système solaire.

(NASA, ESA, Andi James/STScI)

La lumière zodiacale photographiée depuis Skull Valley, Utah. On voit les Pléiades près de Mars.

(NASA/Bill Dunford)





Répartition des images prises par Hubble avec des poses de plus de 200s et qui sont accessibles au public depuis le 23 septembre 2019. Le plan et le renflement galactiques sont représentés par la bande gris clair, et l'équateur céleste est indiqué par la courbe rose. SKYSURF a mesuré la luminosité du ciel dans 12 filtres de longueur d'onde comprise entre 0,2 et 1,7µm. Au total, 249 861 images dans 1 400 champs ont été visitées.

(Rogier A. Windhorst et al., 2022)

jusqu'à Pluton et réfléchirait la lumière du Soleil. Voir la poussière en suspension dans l'air, capturée par les rayons du Soleil, n'est pas une surprise lors du nettoyage de la maison.

La lueur est si bien répartie que la source probable est d'innombrables comètes tombant vers le Soleil de toutes les directions et libérant des poussières en même temps que leurs glaces se subliment sous l'action de la chaleur du Soleil.

Si ce résultat se confirme, il s'agirait d'un nouvel élément constitutif du Système solaire. Il est resté invisible jusqu'à ce que des astronomes très imaginatifs et curieux, aidés par la puissance de Hubble, le découvrent.

Cette idée est renforcée par une analyse du fond de ciel réalisée en 2021 à partir des données de la sonde New Horizons de la NASA. Cette dernière a survolé Pluton en 2015 et un astéroïde de la ceinture de Kuiper en 2018. Elle se dirige maintenant vers l'espace interstellaire. Les mesures de New Horizons ont été effectuées à une distance de 4 à 5 milliards de kilomètres du Soleil. C'est bien en dehors du domaine des planètes et des astéroïdes où il n'y a pas de contamination par la poussière interplanétaire.

New Horizons a détecté une lueur un peu plus faible qui provient apparemment d'une source plus éloignée que celle détectée par SKYSURF. La source de la lumière de fond vue par New Horizons reste également inexpliquée. Il existe de nombreuses théories allant de la désintégration de la matière noire à une énorme population invisible de galaxies lointaines. Il y aurait ainsi une autre composante de poussière entre nous et la ceinture de Kuiper, distance où New Horizons a effectué des mesures.

La lueur observée par Hubble est plus intense que celle de New Horizons et doit donc bien être un phénomène distinct, et local.

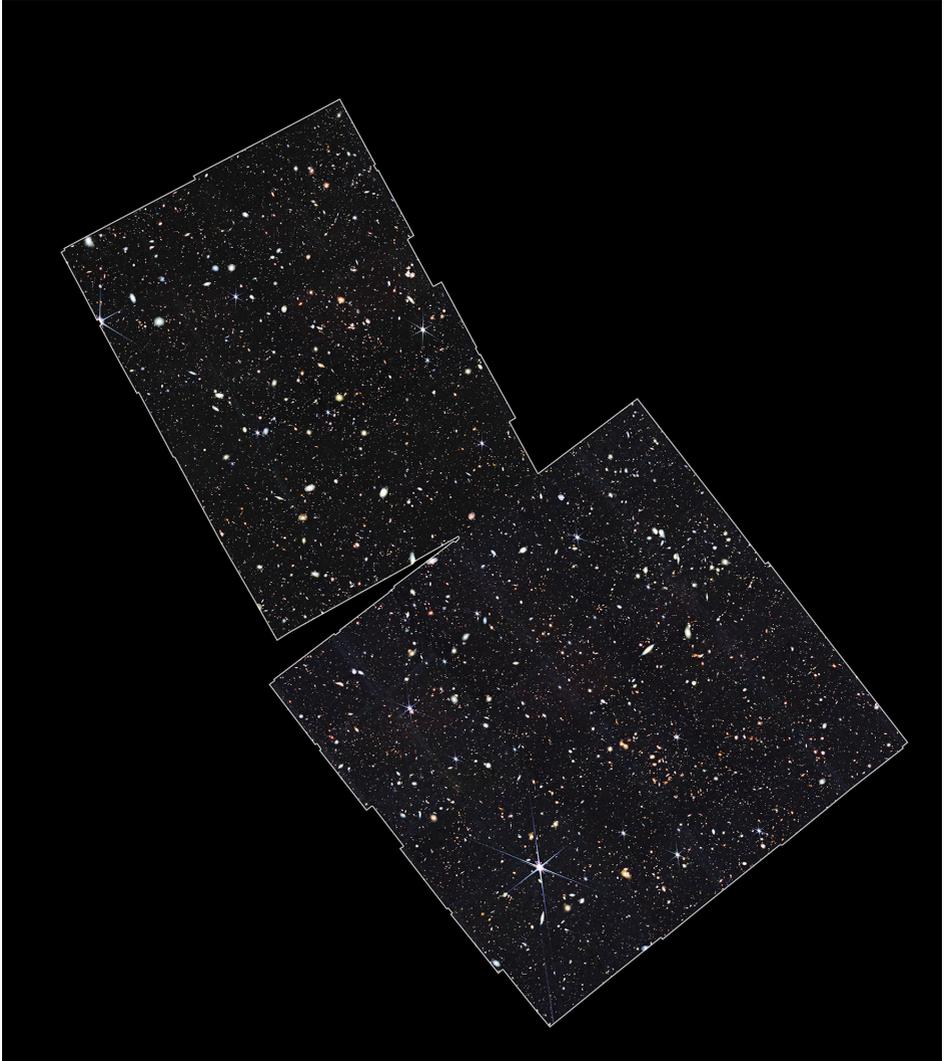


Image Webb de la région étudiée par JADES. Cette zone est centrée sur le champ ultra profond du télescope spatial Hubble. Les scientifiques ont utilisé l'instrument NIRCам de Webb pour observer le champ dans neuf gammes de longueurs d'onde infrarouges différentes. Ils ont effectué des observations supplémentaires avec l'instrument NIRSpec de Webb pour mesurer le décalage vers le rouge de chaque galaxie et révéler les propriétés du gaz et des étoiles dans ces galaxies. Dans cette image, le bleu représente la lumière à 1,15 μm , le vert à 2,0 μm et le rouge à 4,44 μm . (NASA, ESA, CSA, M. Zamani/Webb, B. Robertson/UCSC, S. Tacchella Cambridge, E. Curtis-Lake/Hertfordshire, S. Carniani/Scuola Normale Superiore, JADES)

couleurs infrarouges différentes et produisant des images inédites du ciel. La région est 15 fois plus grande que les images infrarouges les plus profondes produites par le télescope spatial Hubble, mais elle est encore plus profonde et plus nette à ces longueurs d'onde. Elle regorge de galaxies – près de 100 000 – chacune capturée à un moment donné de son histoire, des milliards d'années dans le passé.

La lumière des galaxies les plus lointaines a été étirée jusqu'à un facteur 14.

Les astronomes utilisent une caractéristique des spectres des galaxies lointaines pour estimer leur distance. Elle consiste en une variation brusque du flux à la longueur d'onde de la limite de Lyman à 912 Å. Les photons plus énergétiques sont absorbés par l'hydrogène dans la galaxie, mais aussi sur leur parcours vers nous. La longueur d'onde observée de cette coupure est celle correspondant aux nuages d'hydrogène les plus rougis, donc les plus lointains, ceux de galaxie. Cette coupure est décalée par l'expansion de l'Univers.

Dans un premier temps, l'équipe JADES a parcouru les images Webb à la recherche de

ces candidats. Ils ont ensuite utilisé l'instrument NIRSpec, pour obtenir les spectres de 250 galaxies faibles et en mesurer le redshift de façon précise tout en révélant les propriétés du gaz et des étoiles.

Ce sont de loin les spectres infrarouges les plus faibles jamais enregistrés. Quatre des galaxies étudiées se sont révélées avoir un redshift supérieur à 10, dont deux qui atteignent une valeur de 13. Cela correspond à une époque où l'Univers avait environ 330 millions d'années, établissant une nouvelle frontière dans la recherche de galaxies lointaines.

Il est difficile de comprendre les galaxies sans comprendre les périodes initiales de leur développement. Tout comme avec les humains, une grande partie de ce qui se passe plus tard dépend de l'influence de ces premières générations d'étoiles.

JADES se poursuivra en 2023 avec une étude détaillée d'un autre domaine. Celui-ci centré sur l'emblématique Hubble Deep Field reviendra sur l'Ultra Deep Field pour une autre série d'imagerie profonde et de spectroscopie.

De nombreux autres candidats dans le domaine attendent une enquête spectroscopique, avec des centaines d'heures supplémentaires déjà approuvées.

Le champ Hubble Ultra Deep Field montre dix mille galaxies d'âges, de tailles, de formes et de couleurs variés. Les galaxies les plus petites et les plus rouges peuvent être parmi les plus lointaines connues, existant alors que l'Univers n'avait que 800 millions d'années environ. Les galaxies les plus proches – les spirales et les elliptiques les plus grandes, les plus brillantes et les mieux définies – ont prospéré il y a environ 1 milliard d'années, alors que le cosmos avait 13 milliards d'années. L'image a nécessité 800 expositions prises au cours de 400 orbites Hubble autour de la Terre. La durée totale d'exposition était de 11,3 jours, entre le 24 septembre 2003 et le 16 janvier 2004.

(NASA, ESA, S. Beckwith/STScI, HUDF team)



GRB 211211A, une kilonova surprise

Basé sur un communiqué Northwestern

Explosions les plus violentes depuis le Big Bang, les sursauts gamma (GRB) sont divisés en deux classes, les courts, d'une durée inférieure à deux secondes, et les longs. Les chercheurs pensaient que ces deux groupes devaient avoir des origines différentes, fusion d'étoiles à neutrons pour les courts, effondrement d'étoiles massives pour les autres.

De nouvelles observations suggèrent que des sursauts gamma longs peuvent, eux aussi, être dus à la fusion d'étoiles à neutrons.

La détection d'un GRB de 50 secondes en décembre 2021 a incité les astronomes à re-

chercher son prolongement, sa « rémanence », dans le domaine optique, un éclat qui annonce souvent une supernova. Au lieu de cela, ils ont découvert une kilonova, un événement rare qui ne se produit qu'après la fusion d'une étoile à neutrons avec un autre objet compact – soit une autre étoile à neutrons, soit un trou noir.

En plus de remettre en question les théories établies de longue date sur la durée de formation des GRB, la nouvelle découverte apporte des informations sur la formation des éléments les plus lourds de l'Univers.

Les fusions d'étoiles à neutrons observées jusqu'à présent ont été accompagnées de sursauts d'une durée inférieure à deux secondes. Un GRB de 50 secondes aurait donc dû provenir de l'effondrement d'une étoile massive.

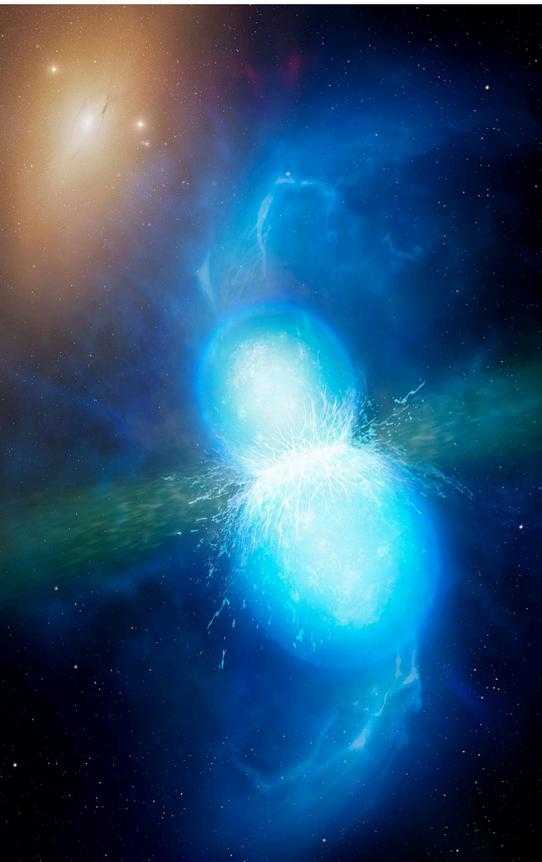
Cet événement représente ainsi un changement de paradigme passionnant pour l'astronomie des sursauts gamma.

C'est en décembre 2021 que les télescopes spatiaux Neil Gehrels Swift et Fermi ont enregistré une salve de rayons gamma d'une durée de 50 secondes. Rien d'anormal, *a priori*, mais la proximité de l'événement – environ 1,1 milliard d'années-lumière – a incité les astrophysiciens à l'étudier plus en détail en utilisant une multitude de télescopes capables d'observer sur l'ensemble du spectre électromagnétique.

Des images obtenues au télescope MMT dans le proche infrarouge ont montré un objet très faible qui a rapidement disparu. Les images bleues ont faibli plus vite que les rouges. Les supernovæ ne s'estompent pas aussi rapidement. Elles sont beaucoup plus brillantes et ne rougissent pas comme cela. Les astronomes ont alors compris qu'ils avaient affaire à quelque chose d'inattendu qui était auparavant considéré comme impossible.

L'évolution de la couleur est une signature révélatrice d'une kilonova, et les kilonovæ ne peuvent provenir que de fusions d'étoiles à neutrons.

Vue d'artiste de la fusion d'étoiles à neutrons donnant lieu à une kilonova. (University of Warwick/Mark Garlick)



Les chercheurs pensaient que les étoiles à neutrons ne contenaient pas assez de matière pour alimenter un GRB de longue durée. Les étoiles massives, en revanche, peuvent avoir des dizaines à des centaines de fois la masse du Soleil. Lorsqu'une telle étoile s'effondre, une partie de sa matière s'abîme dans un trou noir et une autre partie est projetée vers l'extérieur à des vitesses proches de celle de la lumière, donnant naissance à un GRB.

La fusion d'étoiles à neutrons est incapable d'alimenter plus qu'une éjection de courte durée.

L'événement n'était pas la seule partie étrange de l'étude. La galaxie hôte du GRB est également assez curieuse. Nommée SDSS J140910.47 + 275320.8, cette galaxie est jeune et forme très activement des étoiles. Située dans Bootes, elle est presque à l'opposé, par rapport à l'équateur, de la seule autre galaxie de l'Univers local connue pour avoir abrité une fusion d'étoiles à neutrons : la galaxie NGC 4993, hôte de GW170817 dans la constellation Hydra. La plupart des astronomes ont supposé que les hôtes de fusions d'étoiles à neutrons dans l'Univers proche ressemblaient à NGC 4993. Mais ce n'est pas le cas pour SDSS J140910.47 + 275320.8, jeune, active et peu massive. Elle ressemble plus aux hôtes de GRB courts de l'Univers profond.

Cela change également la façon dont les astrophysiciens pourraient aborder la recherche

d'éléments lourds, tels que le platine et l'or. Ils pensent généralement qu'ils sont créés par les explosions de supernovæ et les fusions d'étoiles à neutrons, mais des signatures claires de leur création sont rarement observées.

Les kilonovæ sont alimentées par la désintégration radioactive de certains des éléments les plus lourds de l'Univers. Mais les kilonovæ sont très difficiles à observer et durent très peu. Maintenant, nous savons que nous pouvons également utiliser de longs sursauts gamma pour rechercher plus de kilonovæ.

Une nouvelle fois, les astronomes attendent beaucoup du nouveau télescope spatial JWST grâce auquel ils pourraient enfin obtenir des preuves observationnelles directes de la formation d'éléments lourds. Ainsi le JWST aurait permis d'obtenir un spectre de la kilonova GRB 211211A et fournir une preuve directe de la présence de ces éléments.



L'emplacement du sursaut gamma 211211A est entouré de rouge. (NASA, ESA, Rastinejad et al., Gladys Kober/Catholic Univ. of America)

GRB221009A, un GRB record

Basé sur un communiqué NOIRLab

Le télescope Gemini South, au Chili, a pu suivre l'évolution violente de l'une des plus puissantes explosions jamais enregistrées, le sursaut gamma GRB221009A. Cet événement record, qui a été détecté par des télescopes à rayons X et gamma en orbite, s'est produit à 2,4 milliards d'années-lumière de la Terre et a probablement été déclenché par une supernova donnant naissance à un trou noir.

Ce GRB a attiré l'attention des astronomes du monde entier, en particulier ceux travaillant au télescope Gemini South. Une équipe a utilisé l'instrument FLAMINGOS-2, un spectrographe imageur dans le proche infra-rouge, une autre le spectrographe multi-objets GMOS.

Le GRB 221009A est aussi exceptionnellement long et sa rémanence bat les records à toutes les longueurs d'onde. Il a été surnommé le BOAT (Brightest Of All Time). Son intensité et sa proximité relative donnent l'occasion unique d'aborder certaines des questions les plus fondamentales concernant ces explosions, de la formation des trous noirs aux tests des modèles de matière noire.

La sensibilité de Gemini et la diversité de ses instruments permettent d'observer les contreparties optiques de GRB221009A plus longtemps que la plupart des autres télescopes terrestres. Cela devrait aider à comprendre ce qui a rendu ce sursaut gamma si intense.

Lorsque les trous noirs se forment, ils génèrent de puissants jets de particules qui sont accélérés à une vitesse proche de celle de la lumière. Ces jets traversent les restes de l'étoile progénitrice, émettant des rayons X et gamma. Si ces jets sont dirigés dans la direction générale de la Terre, on peut les observer sous forme de GRB, des flashes de rayons X et de rayons gamma.

Un autre sursaut gamma aussi brillant pourrait ne pas

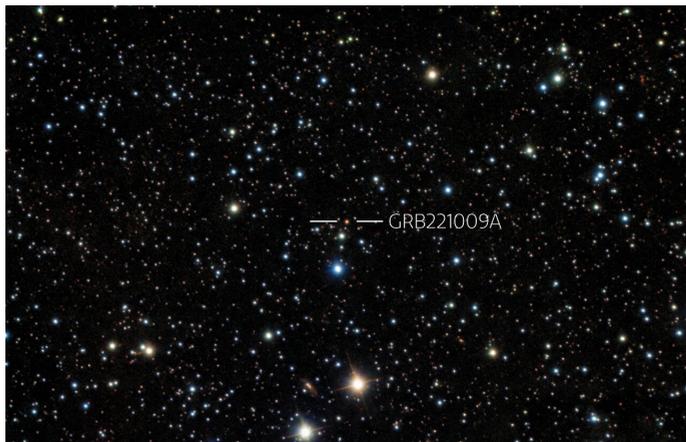
apparaître avant des décennies, voire des siècles. Des rapports assez extraordinaires font état de perturbations de l'ionosphère terrestre affectant les transmissions radio à ondes longues en raison du rayonnement énergétique de l'événement GRB221009A. Des photons de très haute énergie de 18 TeV (téraélectronvolt) ont été détectés par l'observatoire chinois LHAASO (Large High Altitude Air Shower Observatory) et les scientifiques se demandent comment ils ont pu survivre à leur voyage de 2,4 milliards d'années vers la Terre. Par comparaison, la collision la plus énergétique observée au LHC (Large Hadron Collider) du CERN affichait 13 TeV.

Cet événement, en raison de sa proximité relative avec la Terre, constitue une occasion unique de mieux comprendre l'origine des éléments plus lourds que le fer et de savoir s'ils proviennent tous uniquement de fusions d'étoiles à neutrons ou également d'étoiles en effondrement qui déclenchent des GRB.

Grâce à une mobilisation rapide, des observations quasi-simultanées ont été faites du GRB221009A depuis Gemini South.

L'image est une combinaison de 4 expositions en I, J, H, K2.

(IGO/NOIRLab/NSF/AURA, UMD/GWU, NWUniv., U. Anchorage, B. O'Connor, J. Rastinejad, W. Fong, T.A. Rector, M. Zamani, D. de Martin)



Alignement des spins de galaxies

Basé sur un communiqué Astro 3D

La « toile cosmique » est constituée de structures filamenteuses géantes reliant des amas massifs de galaxies. Selon une nouvelle étude, les galaxies ayant un gros renflement central ont tendance à tourner sur un axe perpendiculaire aux filaments dans lesquels elles sont intégrées, alors que les galaxies ayant un plus petit bulbe ont tendance à avoir un axe qui leur est parallèle.

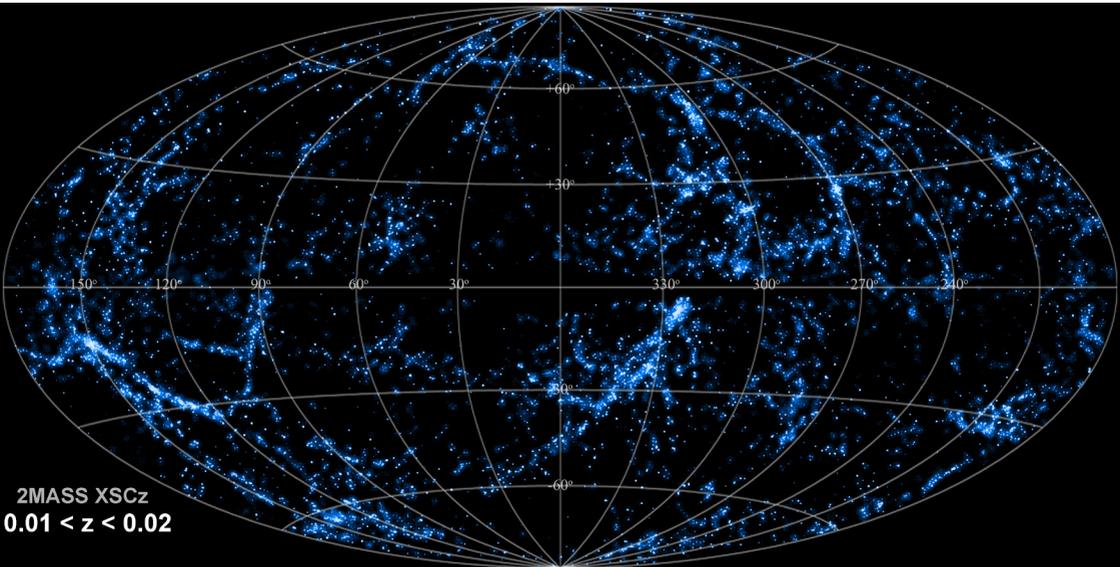
Les galaxies disques, avec un bulbe de faible masse, ont donc tendance à avoir leur axe de rotation parallèle au filament le plus proche. Cela s'explique par le fait qu'elles se forment principalement à partir du gaz qui tombe sur le filament et s'enroule dessus. Les renflements des galaxies augmentent lorsque les galaxies fusionnent, généralement en se déplaçant le long du filament. Ainsi, les fusions ont également tendance à faire basculer – de parallèle à perpendiculaire – l'alignement entre le « spin » de la galaxie et le filament.

Les fusions doivent être plus probables lorsque les galaxies se déplacent le long des filaments les unes vers les autres. La direction de ces fusions entraîne donc la modification de l'orientation du spin.

Cette découverte éclaire la formation de deux composantes principales des galaxies, et la manière dont elles sont liées aux structures à grande échelle et aux mouvements de la matière dans la toile cosmique.

L'étude permet aussi de comprendre comment les fusions jouent un rôle important

*Une tranche de l'étude infrarouge 2MASS XSCz, qui couvre tout le ciel, montre des galaxies situées entre 140 et 280 millions d'années-lumière de la Terre. De longues chaînes de galaxies – des filaments – les relient les unes aux autres pour créer le réseau complexe de la toile cosmique.
(Tom Jarrett / IPAC / Caltech)*



2MASS XSCz
 $0.01 < z < 0.02$



*Exemples de galaxies montrant un bulbe au centre d'un disque.
(Hyper Supreme-Cam Subaru, Pan-STARSS)*

dans la formation des galaxies, à la fois la composante du bulbe central et le retournement du spin.

Bien que cette évolution ait été suggérée par des simulations informatiques, c'est la première fois que les scientifiques ont utilisé une observation directe pour confirmer que la croissance du bulbe central d'une galaxie peut entraîner un retournement des alignements.

La corrélation entre l'orientation du spin et l'importance du bulbe est un signal subtil, très difficile à détecter dans les observations. Il a été rendu possible grâce à l'avènement de la spectroscopie à champ intégral, une technique dans laquelle un instrument optique combine des capacités de spectrographie et d'imagerie pour construire une image 3D d'une galaxie et résoudre en même temps ses mouvements internes.

Les chercheurs ont utilisé le spectrographe SAMI du télescope anglo-

australien de 3,9 mètres de Siding Spring (Australie) pour étudier 3068 galaxies entre 2013 et 2020. Cette quantité stupéfiante de données a nécessité des années d'étude et a fourni les preuves recherchées.

SAMI a donné la spectroscopie en de nombreux points de chaque galaxie, ce qui a fourni les mouvements internes des étoiles et du gaz et, de là, le spin global.

Ces résultats serviront de base à une prochaine grande étape de cette recherche, le grand Survey Hecator, Hecator étant le spectrographe de nouvelle génération qui remplace SAMI au télescope anglo-australien. Les astronomes projettent d'étudier alors pas moins de 30 000 galaxies.

Un secret de blazar

Basé sur un communiqué NASA

Les blazars figurent parmi les objets les plus brillants du ciel. Ils sont constitués d'un trou noir supermassif qui se nourrit de la matière tourbillonnant autour de lui dans un disque. Ce processus peut créer deux puissants jets de particules émis de part et d'autre du disque. Les blazars sont particulièrement brillants, non pas tellement en raison de leur luminosité intrinsèque, mais parce que l'un de leurs jets est par hasard dirigé vers nous.

Un mystère a tracassé les astronomes depuis des décennies : comment les particules de ces jets sont-elles accélérées à des énergies aussi élevées ?

Le télescope spatial IXPE (Imaging X-Ray Polarimetry Explorer) de la NASA a aidé les astronomes à obtenir quelques éléments de réponse. Dans une nouvelle étude, les astronomes constatent que la meilleure explication de l'accélération des particules est une onde de choc au sein du jet.

Lancé le 9 décembre 2021, le satellite IXPE – une collaboration entre la NASA et l'Agence spatiale italienne – fournit un type particulier de données qui n'ont jamais été accessibles depuis l'espace auparavant. Ces nouvelles données comprennent la mesure de la polarisation des rayons X, ce qui signifie que l'IXPE détecte la direction et l'intensité moyennes du champ électrique des ondes X, des informations qui ne sont bien sûr pas accessibles aux télescopes sur Terre car l'atmosphère absorbe ce domaine des ondes électromagnétiques.

Les premières mesures de polarisation des rayons X de ces sources ont permis une comparaison directe avec les modèles développés à partir de l'observation d'autres gammes de fréquences, depuis les ondes radio jusqu'aux rayons gamma de très haute énergie. IXPE continuera à fournir de nouvelles preuves à mesure que les données actuelles seront analysées et que des données supplémentaires seront acquises à l'avenir.

La nouvelle étude a utilisé IXPE pour pointer vers Markarian 501, un blazar dans la

constellation d'Hercule. Ce trou noir actif se trouve au centre d'une grande galaxie elliptique.

IXPE a observé Markarian 501 pendant trois jours au début du mois de mars 2022, puis à nouveau deux semaines plus tard. Au cours de ces observations, les astronomes ont utilisé d'autres télescopes dans l'espace et au sol pour recueillir des informations sur le blazar dans une large gamme de longueurs d'onde de la lumière, notamment radio, optique et rayons X. L'ajout de la polarisation des rayons X à notre arsenal de polarisation radio, infrarouge et optique a changé la donne. Les scientifiques ont découvert que la lumière des rayons X est plus polarisée que la lumière optique qui, elle-même, est plus polarisée que la radio. Mais la direction de la lumière polarisée était la même pour toutes les longueurs d'onde de la lumière observée et était également alignée avec la direction du jet. La comparaison des observations avec les modèles théoriques montre que les données correspondaient le mieux à un scénario dans lequel une onde de choc accélère les particules du jet. Une onde de choc est générée lorsque quelque chose se déplace plus vite que la vitesse du son du matériau environnant, comme lorsqu'un jet supersonique passe dans l'atmosphère terrestre.

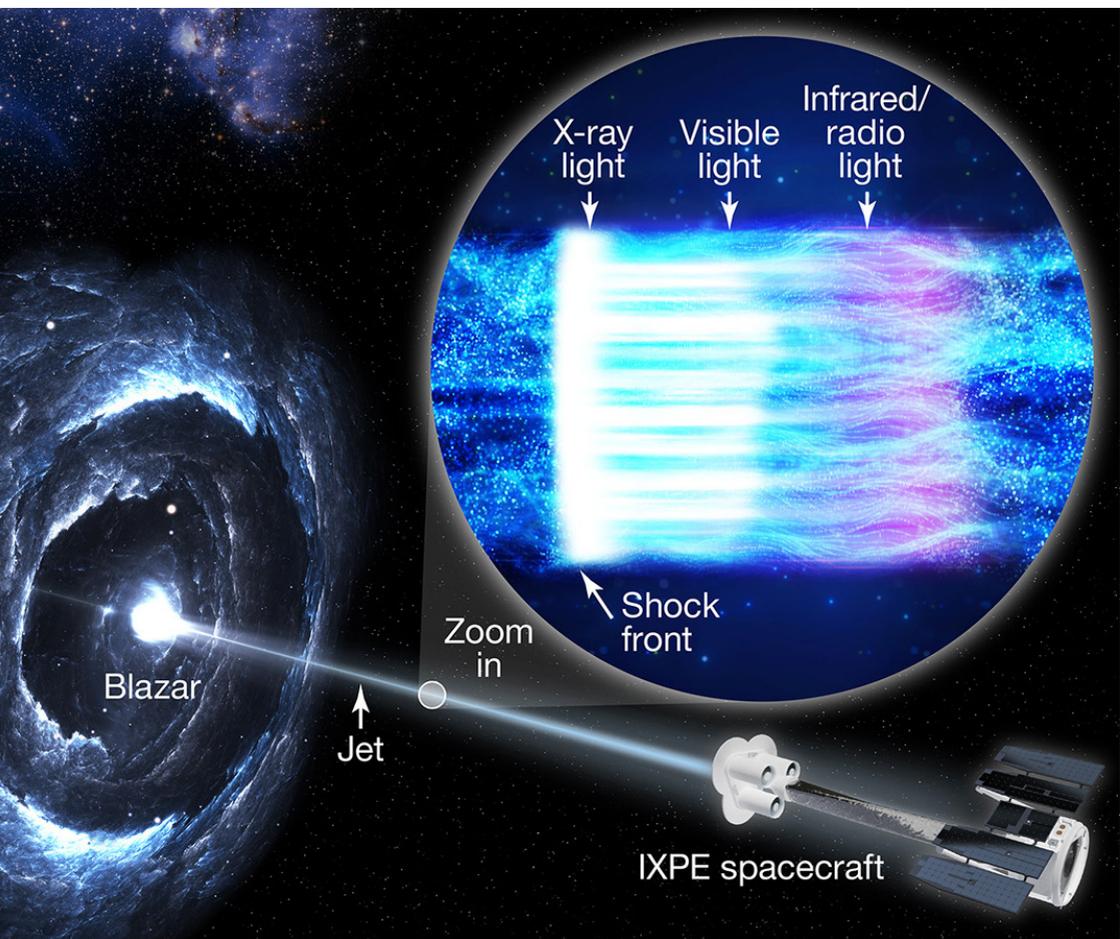
L'étude n'avait pas pour but de rechercher les origines des ondes de choc, qui restent mystérieuses. Mais les scientifiques émettent l'hypothèse qu'une perturbation dans le flux du jet fait qu'une section de celui-ci devient supersonique. Cela pourrait résulter de collisions de particules à haute énergie au sein du jet, ou de brusques changements de pression à la limite du jet.

En se déplaçant vers l'extérieur, les particules émettent d'abord des rayons X car elles sont extrêmement énergétiques. En progressant à travers la région turbulente plus éloignée de l'emplacement du choc, elles commencent à perdre de l'énergie, ce qui les amène à émettre une lumière moins énergétique comme les ondes optiques, puis les ondes radio. Ce phénomène est analogue à celui de l'eau qui devient plus turbulente après avoir rencontré une chute d'eau, mais ici, ce sont les champs

magnétiques qui créent cette turbulence.

Les scientifiques continueront à observer le blazar Markarian 501 pour voir si la polarisation change au fil du temps. IXPE étudiera également une plus large collection de blazars au cours de sa mission principale de deux ans, explorant ainsi d'autres mystères de longue date sur l'Univers.

Cette illustration montre le vaisseau spatial IXPE de la NASA, à droite, observant le blazar Markarian 501 – un trou noir entouré d'un disque de gaz et de poussière, émettant vers nous un jet de particules de haute énergie. L'illustration en médaillon montre les particules de haute énergie dans le jet (en bleu). Lorsque les particules rencontrent l'onde de choc, représentée par une barre blanche, elles émettent des rayons X en s'accéléérant. En s'éloignant de l'onde de choc, elles émettent de la lumière de plus faible énergie : d'abord visible, puis infrarouge et ondes radio. Plus loin du choc, les lignes de champ magnétique sont plus chaotiques, ce qui provoque plus de turbulences dans le flux de particules. (NASA/Pablo Garcia)



Lueur intergalactique

*Basé sur un communiqué
University of New South Wales*

Une nouvelle technique a permis de mesurer la faible lueur entre les galaxies d'un groupe et ainsi de caractériser les étoiles qui y évoluent.

Les zones les plus brillantes de la lueur intra-groupe sont environ 50 fois plus faibles que le ciel nocturne le plus sombre de la Terre. Elle est extrêmement difficile à détecter, même avec les plus grands télescopes, sur Terre comme dans l'espace.

En éliminant digitalement la lumière de tous les objets sauf celle intra-groupe, les chercheurs ont non seulement détecté cette dernière, mais ils ont pu étudier l'histoire des étoiles qui peuplent ces régions. Ils ont établi l'âge et l'abondance des éléments qui les composent, et ont comparé ces caractéristiques avec les étoiles des galaxies.

La lumière émise par les étoiles intra-groupe montre que celles-ci sont plus jeunes et moins riches en métaux que celles des galaxies environnantes. Non seulement ces étoiles orphelines sont « anachroniques », mais elles semblent avoir une origine différente de celle de leurs plus proches voisines. Les

chercheurs ont constaté que les étoiles intra-groupe ressemblent à celles d'une extension, une « queue » nébuleuse d'une galaxie plus lointaine.

La combinaison de ces indices a permis aux chercheurs de reconstruire l'histoire de la lumière intra-groupe et la façon dont les étoiles qui l'émettent se sont retrouvées rassemblées dans leur propre orphelinat stellaire.

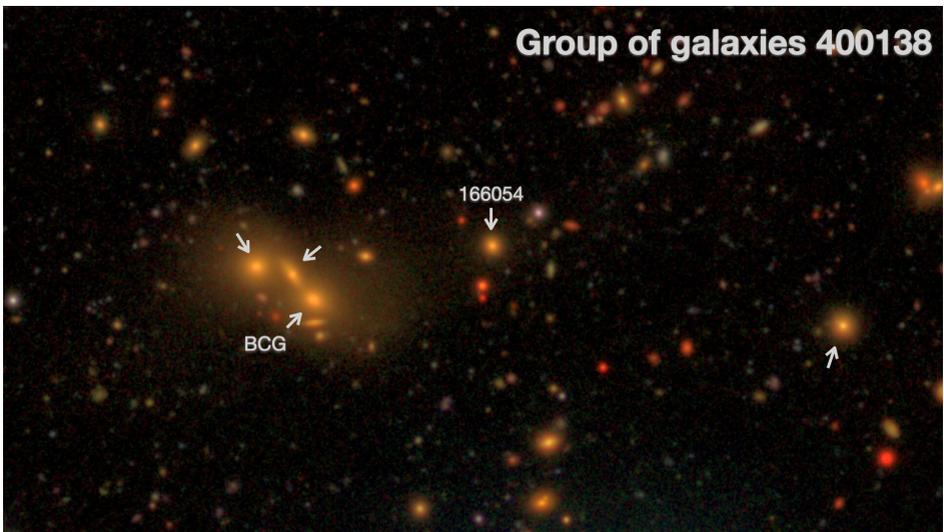
Les astronomes pensent que ces étoiles ont été à un moment donné arrachées à leur galaxie d'origine par l'effet de marée de galaxies massives, et qu'elles flottent maintenant librement, au gré de la gravité du groupe.

Ces événements se sont produits il y a très longtemps. Ces galaxies sont si éloignées que nous les observons telles qu'elles étaient il y a 2,5 milliards d'années.

C'est la première fois que la lumière intra-groupe de ces galaxies a été observée. Dévoiler la quantité et l'origine de la lumière intra-groupe fournit un registre fossile de toutes les interactions qu'un groupe de galaxies a subies et offre une vision de l'histoire des interactions du système.

Lumière intra-groupe.

(Martínez-Lombilla et al./UNSW Sydney)



Naines blanches et systèmes planétaires

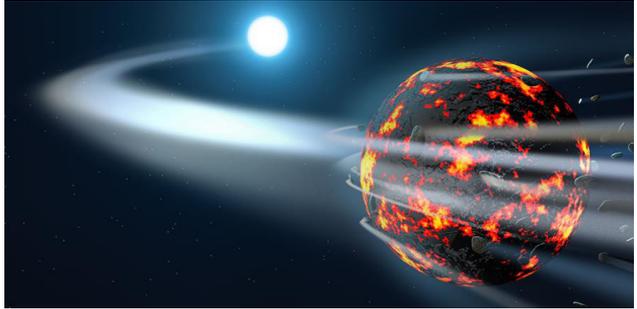
*Basé sur un communiqué
University of Cambridge*

L'étude de certaines des étoiles les plus vieilles suggère que les éléments constitutifs de planètes comme Jupiter et Saturne commencent à se former en même temps que leur étoile. On pensait que les planètes ne se formaient que lorsqu'une étoile avait atteint sa taille définitive, mais les nouveaux résultats suggèrent que les étoiles et les planètes « grandissent » ensemble.

Pour tenter de comprendre quand se forment les planètes, les astronomes ont étudié l'atmosphère des naines blanches. Il peut sembler paradoxal d'étudier des astres mourants pour comprendre la naissance des planètes, mais certaines naines blanches sont des laboratoires étonnants qui permettent d'étudier les éléments constitutifs de la formation des planètes.

Normalement, l'intérieur des planètes est hors de portée des télescopes. Mais une catégorie particulière de naines blanches – dites polluées – contiennent des éléments lourds tels que le magnésium, le fer et le calcium dans leur atmosphère. Ces éléments doivent provenir de petits corps tels que des astéroïdes, vestiges de la formation des planètes, qui se sont écrasés sur les naines blanches et se sont consumés dans leur atmosphère. Par conséquent, les observations spectroscopiques des naines blanches polluées peuvent sonder l'intérieur de ces astéroïdes déchiquetés, donnant aux astronomes un aperçu direct des conditions dans lesquelles ils se sont formés.

On pense que la formation des planètes commence dans un disque protoplanétaire composé principalement d'hydrogène, d'hélium et de particules de glace et de poussière. Selon la principale théorie actuelle sur la formation des planètes, les particules de poussière se collent les unes aux autres et finissent par former des corps solides de plus en plus grands. Certains d'entre eux continuent de



Amanda Smith

fusionner, devenant des planètes, alors que d'autres restent des astéroïdes, comme ceux qui s'écrasent sur les naines blanches.

Les chercheurs ont analysé l'atmosphère de 200 naines blanches polluées dans des galaxies proches. Le mélange d'éléments observés dans l'atmosphère de ces naines blanches ne peut s'expliquer que si plusieurs des astéroïdes originaux avaient fondu à un moment de leur existence, ce qui aurait permis au fer de couler vers le noyau tandis que les éléments plus légers flotteraient à la surface. Ce processus, connu sous le nom de différenciation, est à l'origine du noyau riche en fer de la Terre.

La cause de la fusion ne peut être attribuée qu'à des éléments radioactifs à très courte durée de vie qui existaient dans les premiers stades du système planétaire mais qui se désintègrent en un million d'années seulement. En d'autres termes, le processus de formation des planètes a dû démarrer très rapidement, dans ce bref laps de temps.

Ce résultat s'inscrit dans un consensus croissant selon lequel la formation des planètes a commencé tôt, les premiers corps d'un système planétaire se formant en même temps que l'étoile. Cela signifie, par exemple, que Jupiter et Saturne ont eu largement le temps de croître jusqu'à leurs tailles actuelles.

L'analyse de naines blanches polluées indique ainsi que le processus de fusion radioactive est probablement un mécanisme omniprésent qui affecte la formation de toutes les planètes extrasolaires.

Structure des étoiles à neutrons

Basé sur un communiqué Université Goethe

Grâce à de nombreux calculs de modélisation, les physiciens sont parvenus à des conclusions générales sur la structure interne des étoiles à neutrons, où la matière atteint des densités énormes : en fonction de leur masse, les étoiles peuvent avoir un noyau soit très rigide, soit très mou.

Depuis leur découverte il y a plus de 60 ans, les scientifiques tentent de déchiffrer leur structure. Le plus grand défi consiste à simuler les conditions extrêmes à l'intérieur des étoiles à neutrons. Il existe donc de nombreux modèles dans lesquels diverses propriétés – de la densité à la température – sont décrites à l'aide d'équations « d'état ». Ces équations tentent de décrire la structure des étoiles à neutrons, du centre à la surface.

Les physiciens ont maintenant élaboré plus d'un million d'équations d'état différentes qui satisfont aux contraintes fixées par les données obtenues en physique nucléaire théorique, d'une part, et par les observations astronomiques, d'autre part. Il est apparu que les étoiles à neutrons « légères » (de masse inférieure à environ 1,7 masse solaire) semblent avoir un manteau mou et un noyau rigide, alors que les plus massives ont au contraire un manteau rigide et un noyau mou. Ce résultat est intéressant car il donne une mesure directe de la compressibilité du centre des étoiles à neutrons. Les étoiles à neutrons se comportent apparemment un peu comme des pralines ou des chocolats : les étoiles légères ressemblent à ces chocolats qui ont une noisette en leur centre entourée de chocolat mou, tandis que les étoiles massives peuvent être considérées davantage comme ces chocolats où une couche dure contient un remplissage mou.

La vitesse du son a été déterminante pour cette découverte. Elle dépend de la rigidité ou de la souplesse de la matière. Sur Terre, la vitesse du son est utilisée pour explorer l'intérieur de la planète et découvrir des gisements de pétrole.

Les scientifiques ont également pu découvrir d'autres propriétés jusqu'alors inexplicables. Par exemple, quelle que soit leur masse, elles ont très probablement un rayon de seulement 12 km. L'étude permet non seulement de faire des prédictions sur les rayons et les masses maximales des étoiles à neutrons, mais aussi de fixer de nouvelles limites à leur déformabilité dans les systèmes binaires, c'est-à-dire à la force avec laquelle elles se déforment mutuellement par leurs champs gravitationnels. Ces connaissances deviendront particulièrement importantes pour déterminer l'équation d'état inconnue grâce aux futures observations astronomiques et aux détections d'ondes gravitationnelles provenant d'étoiles en fusion.

Les étoiles à neutrons lourdes ont un manteau rigide et un noyau mou, tandis que les étoiles à neutrons légères ont un manteau mou et un noyau rigide, un peu comme des pralines ou du chocolat.
(P. Kiefer/L. Rezzolla)

