



Astronomie dans le monde

La Tarentule vue par Webb

Basé sur un communiqué NASA

La nébuleuse de la Tarentule a été capturée dans ses moindres détails par le télescope Webb de la NASA, révélant des caractéristiques jusqu'alors inédites : des milliers d'étoiles jeunes, mais aussi des galaxies lointaines. La structure détaillée des nuages de gaz et de poussière de la nébuleuse a pu être observée pour la première fois grâce aux instruments pour l'infrarouge haute résolution de Webb.¹

L'imageur principal du télescope, la caméra dans le proche infrarouge (NIRCam), a montré que la cavité au centre de la nébuleuse a été creusée par le rayonnement et les vents stellaires émanant d'un amas de jeunes étoiles massives qui apparaissent sous forme de points bleu pâle dans le cliché.

Le spectrographe NIRSpec (Near-Infrared Spectrograph) de Webb a surpris une jeune étoile en train de se débarrasser d'un nuage de poussière. On pensait auparavant que cette étoile se trouvait à un stade de formation plus avancé.

Connue aussi sous le nom de 30 Doradus, cette région de l'espace se caractérise par ses filaments poussiéreux qui ressemblent aux pattes d'une araignée velue. Elle est depuis longtemps la préférée des astronomes intéressés par la formation des étoiles. (NASA)

La région a également été imagée à l'aide de l'instrument MIRI (Mid-Infrared Instrument) qui utilise des longueurs d'onde plus grandes pour percer les grains de poussière qui absorbent ou diffusent les courtes longueurs d'onde. Cela a permis d'estomper les étoiles chaudes et de mettre les froides en évidence, révélant ainsi des protoétoiles encore en train de gagner de la masse.

L'intérêt astronomique de la nébuleuse de la Tarentule provient de sa composition chimique semblable à celle des gigantesques régions de formation d'étoiles observées quelques milliards d'années après le Big Bang, une période appelée « midi cosmique » où la formation d'étoiles a atteint son apogée.

À seulement 161 000 années-lumière dans le Grand nuage de Magellan, la Tarentule est une cible facilement observable, présentant les caractéristiques de cette période florissante de la création cosmique.

¹ Voir les images prises depuis le sol dans *Le Ciel*, Octobre 2022, p. 470-474 et couverture.

Amas globulaires lointains

Basé sur un communiqué University of Toronto

L'analyse préliminaire de la première image profonde prise par le télescope spatial Webb a permis l'identification des amas globulaires les plus éloignés jamais découverts. Cette image (*Le Ciel*, septembre 2022, p. 434) laisse voir certaines des premières galaxies de l'Univers.

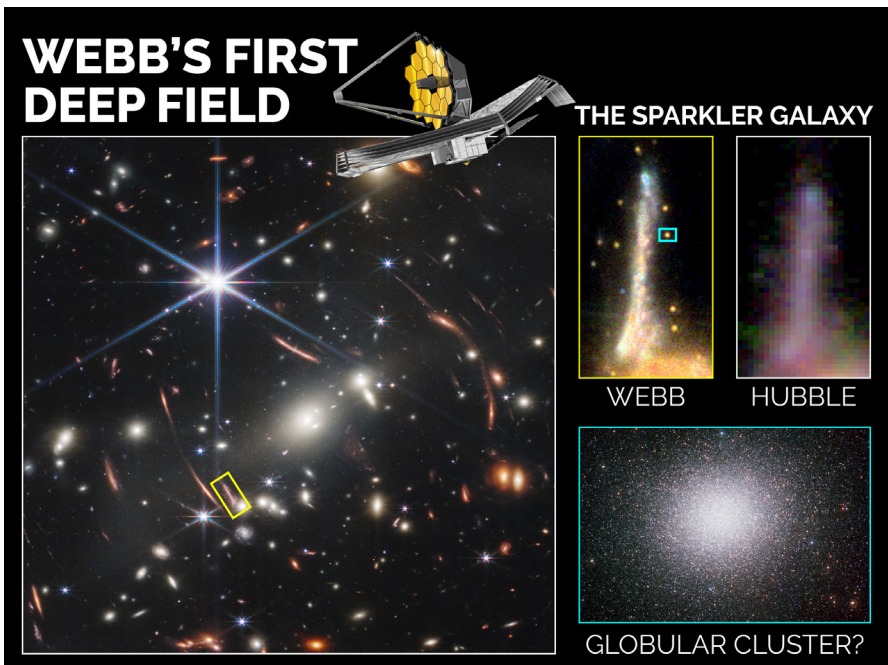
Le télescope Webb a justement été construit pour trouver les premières étoiles et les premières galaxies et pour nous aider à comprendre les origines de la complexité de l'Univers, comme les éléments chimiques et les éléments constitutifs de la vie. Cette découverte dans le premier champ profond de Webb fournit déjà un aperçu détaillé de la phase la plus précoce de la formation des étoiles.

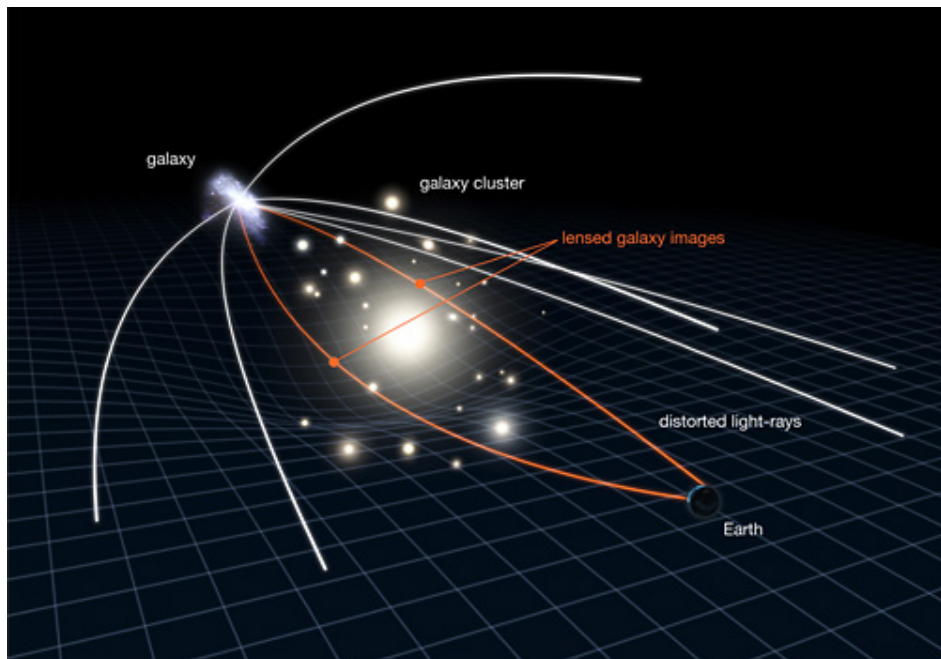
Dans ce champ profond observé par Webb les chercheurs se sont concentrés sur ce qu'ils ont appelé « la galaxie Sparkler », située à neuf milliards d'années-lumière. Cette

galaxie doit son nom aux objets compacts qui l'entourent sous forme de petits points jaune-rouge, des « étincelles ». Il pourrait s'agir d'amas jeunes, en formation active d'étoiles et nés trois milliards d'années après le Big Bang, au moment du pic de formation des étoiles ou, au contraire, de vieux amas globulaires faits d'anciennes étoiles datant de l'enfance d'une galaxie et pouvant donner des indications sur ses premières phases d'évolution.

L'analyse de douze de ces objets compacts a été réalisée dans toute une gamme de longueurs d'onde, et des modèles ont permis de mieux comprendre leurs propriétés physiques, comme leur âge et le nombre d'étoiles qu'ils contiennent. Il apparaît que cinq des étincelles sont des amas globulaires et qu'ils figurent parmi les plus anciens connus.

Les chercheurs ont étudié la galaxie Sparkler dans le premier champ profond de Webb pour déterminer que cinq des objets qui l'entourent sont des amas globulaires. (Canadian Space Agency, NASA, ESA, ASC, STScI; Mowla, Iyer et al. 2022)





La Voie lactée compte environ 150 amas globulaires, mais on ne sait pas exactement comment et quand ces amas d'étoiles se sont formés. Les astronomes savent qu'ils peuvent être extrêmement vieux, mais il est difficile de mesurer leur âge. L'utilisation d'amas globulaires très éloignés pour déterminer l'âge des premières étoiles dans des galaxies lointaines n'a jamais été réalisée auparavant et n'est possible qu'avec le JWST.

Les amas identifiés dans Sparkler se sont formés pratiquement dès qu'il était possible de former des étoiles. Comme cette galaxie est très éloignée il est facile de déterminer l'âge de ses amas globulaires. Nous observons Sparkler telle qu'elle était il y a neuf milliards d'années.

La galaxie Sparkler est spéciale parce qu'elle est agrandie d'un facteur 100 en raison d'un effet de lentille gravitationnelle – où l'amas de galaxies SMACS 0723 déforme ce qui se trouve derrière lui, un peu comme une loupe géante. De plus, l'effet de lentille

*L'effet de lentille gravitationnelle en action. Ce phénomène est utilisé par les astronomes pour étudier les galaxies très lointaines et très peu lumineuses.
(NASA, ESA & L. Calçada)*

gravitationnelle produit trois images distinctes de Sparkler, ce qui permet aux astronomes d'étudier la galaxie plus en détail.

Les chercheurs ont combiné les nouvelles données de la caméra proche infra-rouge (NIRCam) du JWST avec les données d'archives du HST. La NIRCam détecte les objets peu lumineux en utilisant des longueurs d'onde plus longues et plus rouges pour observer au-delà de ce qui est visible par l'œil humain et même par le HST.

L'instrument NIRISS (Near-Infrared Imager and Slitless Spectrograph) a fourni une confirmation indépendante que les objets sont d'anciens amas globulaires, car les chercheurs n'ont pas observé les raies d'émission d'oxygène caractéristiques des jeunes amas qui forment activement des étoiles.

Trou noir intermédiaire

Basé sur un communiqué UC Santa Cruz

Un trou noir de masse intermédiaire s'est révélé aux astronomes lorsqu'il a englouti une étoile qui s'en est approchée de trop près. Le déchiquetage de l'étoile, un événement TDE (Tidal Disruption Event) dû à d'intenses effets de marée, a produit un flash lumineux qui a brièvement éclipsé la galaxie hôte, la naine SDSS J152120.07+140410.5 située à 850 millions d'années-lumière.

L'éruption (désignée AT 2020neh) a été observée dans le cadre du projet YSE (Young Supernova Experiment), une étude conçue pour détecter les événements transitoires de l'Univers.

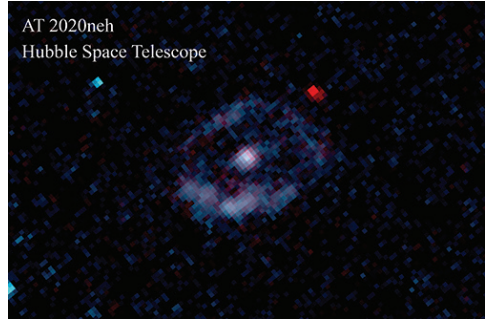
Cette découverte montre que l'on peut utiliser les perturbations de marée non seulement pour trouver d'autres trous noirs de masse intermédiaire dans des galaxies naines tranquilles, mais aussi pour mesurer leur masse. Cela devrait aider les scientifiques à mieux comprendre les relations entre les trous noirs et les galaxies.

Les propriétés de l'éruption elle-même pourraient aider à mieux comprendre ce groupe insaisissable de trous noirs de taille moyenne, qui pourraient représenter la majorité des trous noirs au centre des galaxies.

Les astronomes supposent que ces objets dont la masse est des millions ou des milliards de fois supérieure à celle du Soleil, ont pu se développer à partir de trous noirs plus petits, de « masse intermédiaire » – des milliers ou des centaines de milliers de masses solaires.

L'une des théories expliquant comment de tels trous noirs ont été assemblés est que l'Univers primitif regorgeait de galaxies naines dotées de trous noirs de masse intermédiaire. Au fil du temps, ces galaxies naines auraient fusionné ou auraient été englouties par des galaxies plus massives. Ce processus de fusion aurait fini par créer les trous noirs supermassifs observés aujourd'hui.

Mais toutes les galaxies naines ont-elles des trous noirs de taille moyenne ? On ne peut l'affirmer, car la détection des trous noirs de masse intermédiaire est difficile.



L'éruption AT 2020neh, au centre de l'image, est entourée d'un anneau d'étoiles dans la galaxie SDSS J152120.07+140410.5.

(NASA, ESA, Ryan Foley/UC Santa Cruz)

Les techniques classiques de chasse aux trous noirs visent ceux qui se nourrissent activement, et souvent elles ne sont pas assez sensibles pour découvrir les trous noirs au centre des galaxies naines. Par conséquent, peu de galaxies naines sont connues pour abriter des trous noirs de masse intermédiaire. La découverte d'un plus grand nombre de trous noirs de taille intermédiaire lors d'événements de perturbation par effet de marée pourrait contribuer à trancher le débat sur la formation des trous noirs supermassifs.

Le projet YSE sur les supernovæ a permis de détecter le moment où le trou noir a commencé à dévorer l'étoile. La capture de ce moment initial était essentielle pour déterminer la masse du trou noir, car la durée de l'événement peut être utilisée pour la mesurer. Cette méthode ne s'était encore avérée efficace que pour les trous noirs supermassifs.

Cette étude s'est appuyée sur des données provenant d'observatoires du monde entier, notamment l'observatoire W. M. Keck d'Hawaii, le Nordic Optical Telescope, l'observatoire Lick de l'université de Californie, le télescope spatial Hubble, l'observatoire international Gemini, l'observatoire Palomar et l'étude Pan-STARRS de l'observatoire Haleakala à Hawaii.

Échos lumineux de SN 2016adj

Basé sur un communiqué CSIC

Un écho lumineux est l'analogue dans le domaine électromagnétique de l'écho sonore. La lumière réfléchi par des objets éloignés de la source arrive avec un certain retard, dépendant de la position des objets. La vitesse de la lumière est un million de fois plus rapide que celle du son. Les échos lumineux se manifestent donc généralement sur des distances astronomiques alors que les échos sonores s'entendent sur des mètres ou des kilomètres.

Par exemple, un écho lumineux est produit lorsque l'explosion d'une nova est réfléchi par un nuage interstellaire. On voit ce nuage s'éclairer avec un certain délai par rapport à la nova, les rayons lumineux ayant parcouru un chemin plus long. En raison de leur géométrie, les échos lumineux peuvent produire l'illusion d'un mouvement supraluminique.

Des exemples fameux d'échos lumineux sont ceux produits par la nova V838 Monocerotis. Il s'agit d'un phénomène rarement observé, qui n'était auparavant documenté que dans une poignée d'autres supernovæ.

Une nouvelle étude concerne la supernova SN 2016adj et se base sur plus de cinq années d'images obtenues par le télescope spatial Hubble. Une courte vidéo a été produite qui montre d'abord l'explosion de la supernova, puis les anneaux de lumière qui sont apparus lorsque la lumière de l'explosion a touché diverses couches de poussière à proximité.

L'onde de choc de cette puissante explosion se propage à plus de 10 000 kilomètres par seconde. Devant cette onde de choc se trouve le flash de lumière émis par la supernova, qui se propage 30 fois plus vite et qui provoque les anneaux en expansion que l'on peut voir sur les images.

La supernova en question, nommée SN 2016adj, a été vue pour la première fois en 2016 et appartient à la célèbre galaxie particulière Centaurus A, située à une douzaine de millions d'années-lumière de la Terre. Centaurus A est remplie de nappes de poussière et lorsque la lumière de la supernova a

touché ces zones poussiéreuses au fil du temps, elles se sont éclairées de plus en plus loin de la position initiale de la supernova, créant une série d'anneaux d'émission en expansion, des échos lumineux.

Les variations de ces anneaux au cours des années d'observation permettent aux chercheurs de cartographier les nuages de poussière à proximité de l'explosion. Les données suggèrent qu'ils sont constitués de colonnes de poussière entre lesquelles se trouvent de grands trous, ressemblant à un morceau de fromage suisse.

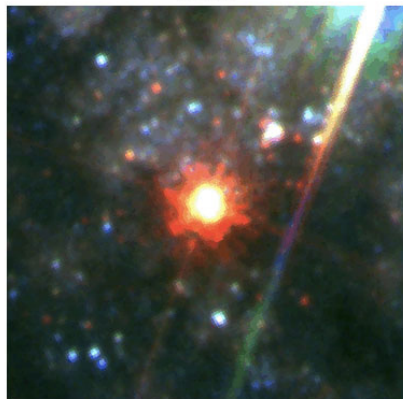
Centaurus A est une énorme galaxie elliptique. Ces galaxies sont généralement calmes, sans poussière et sans étoiles jeunes susceptibles d'exploser en supernovæ, mais Centaurus A est manifestement différente. C'est une puissante source radio et elle contient des concentrations de poussière importantes dans lesquelles se forment de nouvelles étoiles. C'est le signe qu'elle a récemment englouti une autre galaxie spirale plus petite et que les choses ne se sont pas encore calmées, comme cela pourrait être le cas dans quelques centaines de millions d'années. L'observation du développement de ces échos lumineux aidera à mieux comprendre ces violentes collisions de galaxies.

Jusqu'à présent, quatre échos lumineux distincts produits par quatre nappes de poussière différentes ont été observés. L'équipe prévoit de poursuivre les observations avec le télescope Hubble dans le futur, en espérant que d'autres anneaux lumineux apparaîtront. En outre, il pourrait être possible d'obtenir un spectre des échos lumineux, montrant en fait le spectre de la supernova sous-jacente.

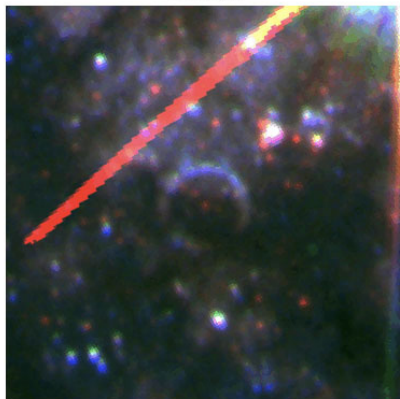
Page suivante : Animation montrant les échos lumineux de SN 2016adj des jours 34 à 578). Les images sont centrées sur la supernova qui est visible elle-même dans les deux premières époques, puis s'estompe.

(Télescope spatial Hubble)

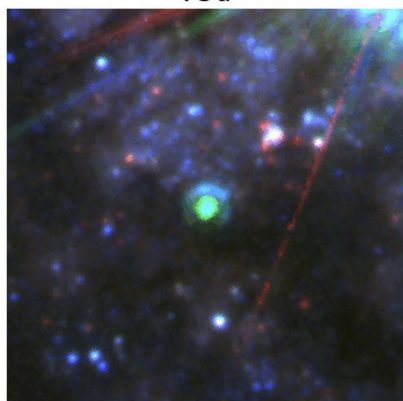
34d



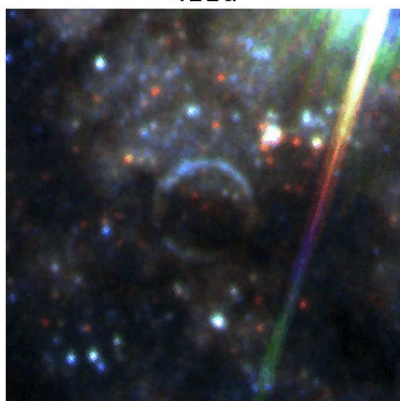
302d



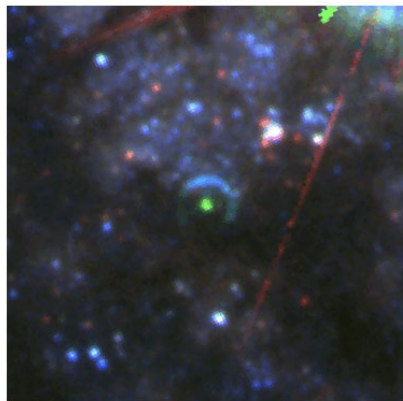
75d



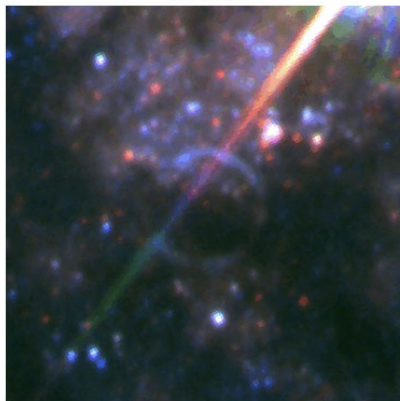
411d



132d



578d



Les neutrinos de M77

Basé sur un communiqué IceCube

Pour la première fois, les scientifiques ont trouvé des preuves de l'émission de neutrinos de haute énergie par M77 (NGC 1068), une galaxie active dans la constellation de la Baleine. Cette galaxie située à 47 millions d'années-lumière est l'une des mieux étudiées à ce jour. Découverte en 1780, elle peut être observée avec de bonnes jumelles.

La détection des neutrinos a été effectuée avec IceCube, un « télescope à neutrinos » massif comprenant 1 milliard de tonnes de glace à des profondeurs de 1,5 à 2,5 kilomètres sous la surface de l'Antarctique. Ce télescope unique, qui explore les confins de notre Univers à l'aide de neutrinos, a signalé la première observation d'une source de neutrinos astrophysiques de haute énergie en 2018. La source, TXS 0506+056, était un blazar bien connu situé au large de l'épaule gauche d'Orion et distant de 4 milliards d'années-lumière.

IceCube a accumulé quelque 80 neutrinos d'une énergie de l'ordre du téraélectronvolt en provenance de NGC 1068, ce qui

n'est pas encore suffisant pour répondre à toutes les questions des astronomes, mais c'est sans aucun doute une nouvelle étape de l'astronomie des neutrinos.

Contrairement à la lumière, les neutrinos peuvent s'échapper en grand nombre des environnements extrêmement denses de l'Univers et atteindre la Terre sans être perturbés par la matière et les champs électromagnétiques qui imprègnent l'espace extragalactique. Bien que les scientifiques aient envisagé l'astronomie des neutrinos il y a plus de 60 ans, la faible interaction des neutrinos avec la matière et le rayonnement rend leur détection extrêmement difficile. Les neutrinos pourraient être la clé de nos interrogations sur le fonctionnement des objets les plus extrêmes du cosmos.

Comme c'est le cas pour notre galaxie, NGC 1068 est une spirale barrée, avec des bras faiblement enroulés et un bulbe central relativement petit. Cependant, contrairement à la Voie lactée, NGC 1068 est une galaxie active où la plupart des radiations ne sont pas produites par les étoiles mais par la matière qui tombe dans un trou noir des millions de

Messier 77 et La Baleine.
(Jack Pairin, IceCube/NSF; NASA/
ESA/A. van der Hoven)





*Le laboratoire IceCube au pôle Sud, avec en toile de fond, la Voie lactée et des aurores.
(Josh Veitch-Michaelis, IceCube/NSF)*

fois plus massif que le Soleil, plus massif que le trou noir – inactif quant à lui – du centre de notre galaxie.

NGC 1068 est du type Seyfert II. On la voit sous un angle tel que la région centrale où se trouve le trou noir nous est cachée. Dans une galaxie de Seyfert II, un tore de poussière nucléaire masque la plupart des rayonnements de haute énergie produits par les nuées denses de gaz et de particules qui s'enroulent lentement en spirale vers le centre de la galaxie.

Les modèles récents de l'environnement des trous noirs dans ces objets suggèrent que le gaz, la poussière et le rayonnement devraient bloquer les rayons gamma qui accompagneraient autrement les neutrinos. Cette détection de neutrinos à partir du noyau de NGC 1068 devrait améliorer notre compréhension des environnements autour des trous noirs supermassifs.

NGC 1068 pourrait devenir un standard de luminosité pour les futurs télescopes à neutrinos.

Ces résultats représentent une amélioration significative par rapport à une étude antérieure publiée en 2020.

Une partie de cette amélioration est due au perfectionnement des techniques et une autre partie à une mise à jour minutieuse de l'étalonnage du détecteur.

C'est une excellente nouvelle pour l'avenir de l'astronomie des neutrinos. Avec une nouvelle génération de détecteurs plus sensibles, il y aura beaucoup à découvrir. Le futur observatoire IceCube-Gen2 pourrait non seulement détecter beaucoup plus de ces accélérateurs cosmiques de particules extrêmes, mais aussi permettre leur étude à des énergies encore plus élevées. Avec les mesures de neutrinos de TXS 0506+056 et de NGC 1068, on se rapproche un peu plus d'une réponse à la question de l'origine des rayons cosmiques. De plus, ces résultats impliquent qu'il pourrait y avoir dans l'Univers de nombreux autres objets similaires qui n'ont pas encore été identifiés.

Abell 98 et la matière manquante

Basé sur un communiqué Chandra

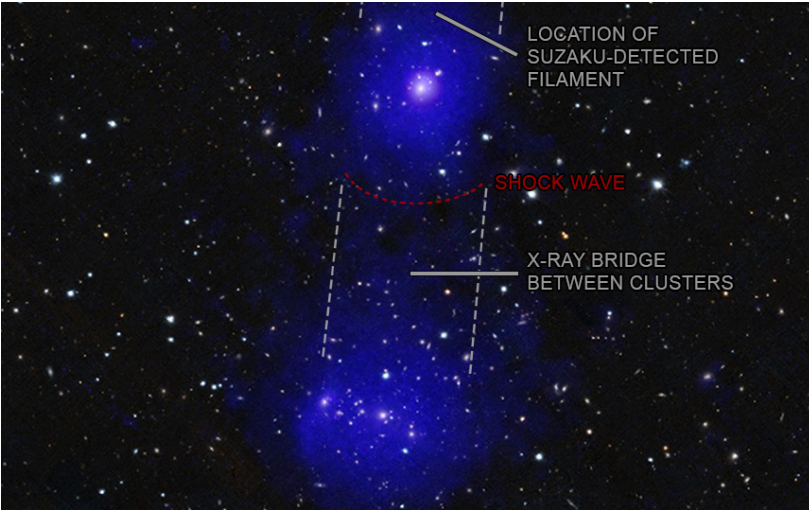
Des observations réalisées dans le domaine des rayons X ont peut-être montré où se cache la matière dite manquante de l'Univers.

La matière « manquante » dont il est question ici n'est pas la matière « noire » ou « sombre », qui est invisible, de nature inconnue, et dont on pense qu'elle constitue la majeure partie de la matière de l'Univers. Il s'agit au contraire de matière « normale », baryonique, que l'on trouve autour de nous et dans les étoiles, les planètes, et qui est faite des particules familières – baryons (comme les protons et les neutrons) et électrons. Environ un tiers de cette matière normale créée dans le premier milliard d'années après le Big Bang n'a pas encore été détectée par les observations de l'Univers local, c'est-à-dire dans des régions situées à moins de quelques milliards d'années-lumière.

Les scientifiques ont proposé l'hypothèse qu'une partie au moins de cette masse non comptabilisée soit cachée dans de gigantesques filaments de gaz tiède ou chaud (températures de dix mille à dix millions de kelvins)

Abell 98 est un groupe d'amas de galaxies dont deux sont sur le point d'entrer en collision. Les astronomes ont utilisé les données de l'observatoire à rayons X Chandra (en bleu et violet), avec les données optiques du télescope WIYN de Kitt Peak, en Arizona (en blanc et rouge) pour rechercher la matière « manquante » de l'Univers. (NASA/CXC/CfA/A. Sarkar, NSF/NOIRLab/WIYN)





*Version étiquetée
de l'image d'Abell
98 montrant
l'emplacement de
l'onde de choc.
(NASA/CXC/
CfA/A. Sarkar,
NSF/NOIRLab/
WTYN)*

situés dans l'espace entre les galaxies et les amas de galaxies. Ils ont baptisé cela le WHIM (warm-hot intergalactic medium).

Les astronomes ont observé avec le télescope spatial X Chandra le groupement d'amas de galaxies Abell 98, distant de 1,4 milliard d'années-lumière. Ils pensent avoir trouvé des preuves de la présence de ce milieu intergalactique chaud dans l'espace situé entre deux des amas qui entament une collision. Les données Chandra révèlent en effet un pont d'émission X entre ces deux amas, contenant du gaz à une température d'environ 20 millions de kelvins et du gaz relativement plus froid, à environ 10 millions de kelvins. Le gaz le plus chaud provient probablement des deux amas en contact. La température et la densité du gaz plus froid correspondent aux prédictions pour du WHIM chaud et dense.

Les données Chandra montrent la présence d'une onde de choc, analogue à celle donnant lieu au bang d'un avion supersonique. L'emplacement de l'onde de choc est marqué par des diminutions soudaines de la luminosité des rayons X et de la température du gaz. Cette onde de choc est provoquée par l'un des amas de galaxies et se situe devant lui au moment

où il commence à entrer en collision avec l'autre amas. Ce serait la première fois que les astronomes découvrent une telle onde de choc dans les premiers stades de la collision d'un amas de galaxies, avant que les centres des amas ne se croisent. Cette onde de choc peut être directement liée à la découverte du WHIM dans Abell 98 car elle a chauffé le gaz entre les amas lors de leur collision. Cela pourrait avoir augmenté la température du gaz dans le filament WHIM – dont on estime qu'il contient environ 400 milliards de fois la masse du Soleil – suffisamment pour être détecté par les données Chandra.

Des preuves supplémentaires de l'existence du filament WHIM entre ces deux amas ont été trouvées par le télescope spatial Suzaku. Ces observations indiquent la présence du filament WHIM (l'emplacement général et la direction de ce filament détecté par Suzaku sont indiqués sur la figure, mais le filament lui-même n'est pas visible dans les données Chandra).

Ces deux détections du WHIM indiquent que les amas sont situés le long d'une structure colossale de 13 millions d'années-lumière de long.

Les premières galaxies

Basé sur un communiqué UCLA

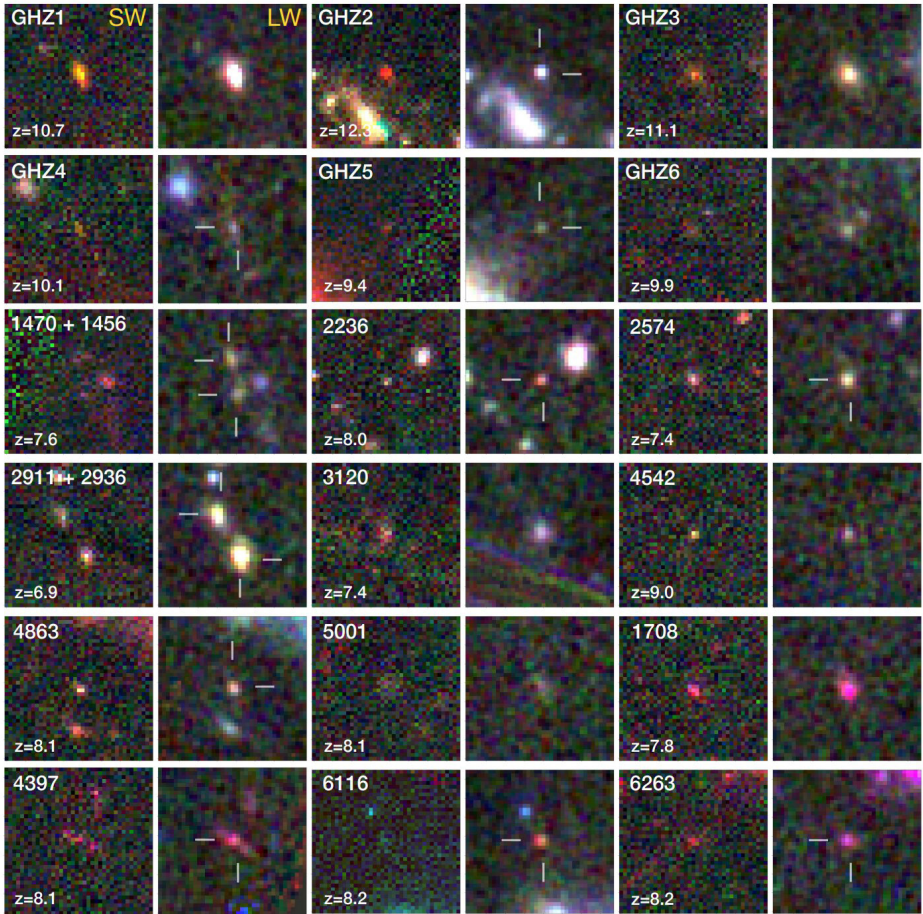
Le télescope spatial Webb montre que les premières galaxies ne ressemblaient en rien aux galaxies actuelles dans lesquelles la formation d'étoiles est confinée à de petites régions. Moins d'un milliard d'années après le Big Bang, les galaxies formaient des étoiles à un rythme époustouflant. Les données suggèrent que les galaxies qui se sont formées

rapidement après le Big Bang ont commencé à brûler les restes d'hydrogène absorbant les photons, apportant ainsi de la lumière à un Univers sombre.

Les astronomes cherchent à comprendre comment et quand la lumière des premières galaxies a réussi à percer l'hydrogène laissé par le Big Bang – la réionisation.

***Galaxies lointaines vues par Webb.
(NASA)***





Vignettes Webb de 2,4 secondes de côté montrant des galaxies distantes. (T. Treu et al)

Jusqu'à présent, on ne disposait pas des instruments pour l'infrarouge extrêmement sensibles nécessaires pour observer les galaxies qui existaient alors. Avant la réionisation cosmique, l'Univers primitif était dépourvu de lumière car les photons ultraviolets des premières étoiles étaient absorbés par les atomes d'hydrogène qui saturaient l'espace.

On pense qu'au cours du premier milliard d'années de l'Univers, les radiations émises par les premières galaxies et peut-être par les premiers trous noirs ont ionisé les atomes d'hydrogène, les empêchant ainsi d'absorber les photons. Au fur et à mesure que les galaxies ont commencé à ioniser des bulles de plus en plus grandes, l'Univers est devenu transparent.

La découverte que les galaxies se sont formées plus rapidement et plus tôt qu'on ne le pensait pourrait confirmer qu'elles étaient les responsables de la réionisation cosmique.

Composés organiques sur Mars

Basé sur un communiqué Imperial College London

L'analyse de roches trouvées au fond du cratère Jezero, où le rover Perseverance s'est posé en 2020, révèle une importante interaction entre les roches et l'eau liquide. Ces roches contiennent également des signes de la présence de composés organiques.

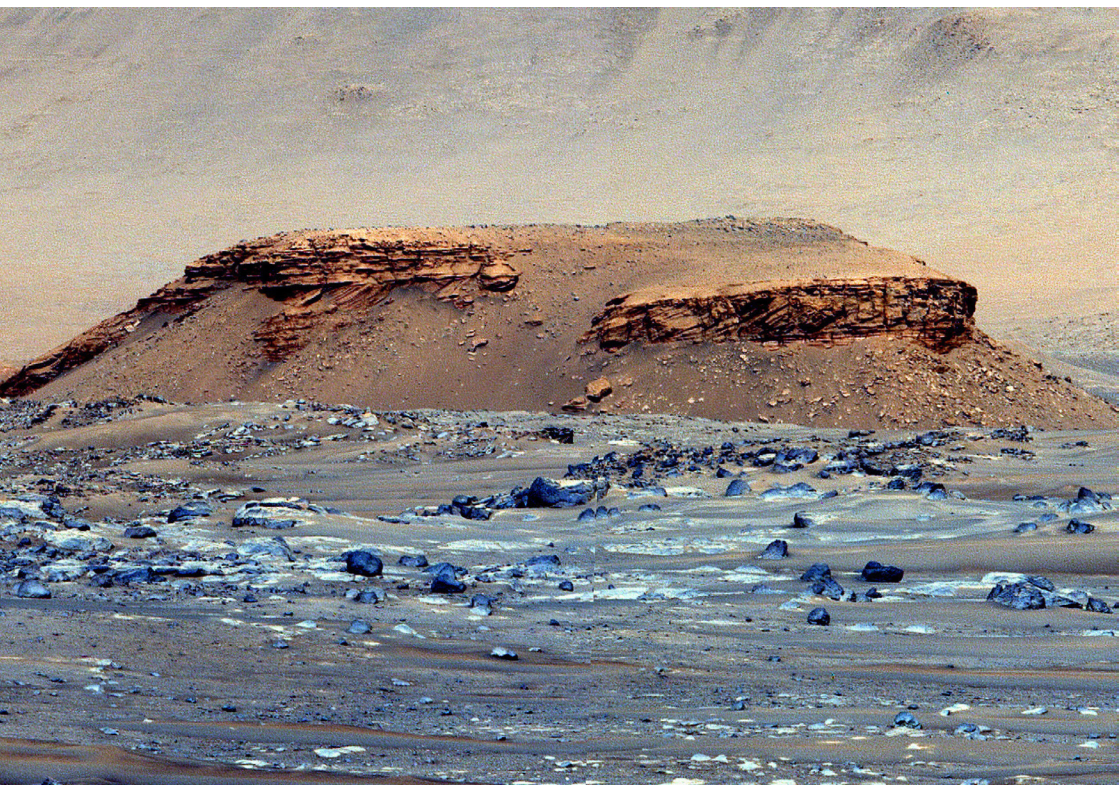
L'existence de composés organiques, c'est-à-dire de molécules contenant des liaisons carbone-hydrogène, n'est pas une preuve directe de vie, car ces composés peuvent être créés par des processus non biologiques. Une mission future ramenant les échantillons sur Terre serait nécessaire pour le déterminer. On pourrait alors examiner les preuves de la présence d'eau et d'une éventuelle matière organique, et déterminer si les conditions

étaient propices à la vie au début de l'histoire de Mars.

Perseverance avait déjà trouvé des composés organiques dans le delta de Jezero, une formation géologique en forme d'éventail à l'intersection d'une rivière et d'un lac au bord du cratère.

Les scientifiques s'étaient particulièrement intéressés au delta de Jezero car de telles formations peuvent préserver des micro-organismes. Les deltas sont créés lorsqu'une rivière transportant des sédiments à grain fin pénètre dans une masse d'eau plus profonde et plus lente. Lorsque l'eau de la rivière s'étend, elle ralentit brusquement, déposant les sédiments qu'elle transporte, piégeant et préservant les

***Le cratère Jezero.
(NASA)***



micro-organismes qui peuvent exister dans l'eau.

En revanche, le fond du cratère, où le rover s'est posé par mesure de sécurité avant de se rendre dans le delta, était plus mystérieux. Dans le lit du lac, les chercheurs s'attendaient à trouver des roches sédimentaires, car l'eau dépose les sédiments couche après couche. Cependant, lorsque le rover s'est posé à cet endroit, certains chercheurs ont été surpris de trouver des roches ignées (magma refroidi) au fond du cratère, avec des minéraux qui témoignent non seulement de processus ignés mais aussi d'un contact important avec l'eau.

Ces minéraux, comme les carbonates et les sels, ont besoin que l'eau circule dans les roches ignées, creusant des niches et déposant les minéraux dissous dans les anfractuosités et les fissures. À certains endroits, les données révèlent la présence de matières organiques dans ces niches potentiellement habitables.

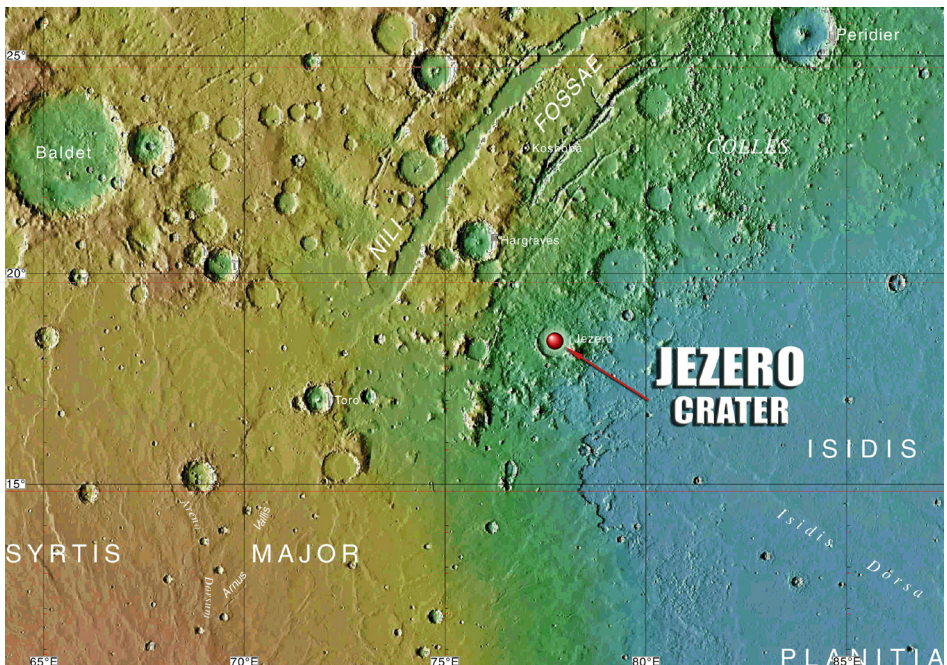
Les minéraux et les composés organiques possibles ont été découverts grâce à

l'instrument SHERLOC (Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals).

Monté sur le bras robotique du rover, SHERLOC est équipé d'un certain nombre d'outils, dont un spectromètre Raman qui utilise un type spécifique de fluorescence pour rechercher des composés organiques et voir comment ils sont répartis dans un matériau, ce qui permet de comprendre comment ils ont été préservés à cet endroit.

En se déplaçant vers le delta, le rover a prélevé plusieurs échantillons de roches ignées altérées par l'eau et les a mis en réserve en vue d'une future mission qui les ramènerait sur Terre.

Le cratère Jezero au bord du bassin Isidis. Carte topographique basée sur les données de l'instrument MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) à bord de l'orbiteur MGS (Mars Global Surveyor). (USGS, NASA)



DART et Dimorphos, le verdict

Basé sur un communiqué NASA

L'analyse des données obtenues au cours des deux dernières semaines par l'équipe de la NASA chargée de l'enquête sur le Double Asteroid Redirection Test (DART) montre que l'impact cinétique du vaisseau spatial sur l'astéroïde Dimorphos a modifié sensiblement l'orbite de l'astéroïde. C'est la première fois que l'on modifie délibérément le mouvement d'un objet céleste et la première démonstration grandeur nature de la technologie de déviation des astéroïdes.

Avant l'impact de DART, Dimorphos mettait 11 heures et 55 minutes pour parcourir son orbite autour de Didymos. Depuis la collision de DART avec Dimorphos, le 26 septembre, les astronomes ont étudié les occultations mutuelles des deux objets pour évaluer avec précision la durée de la nouvelle période. Ils peuvent affirmer que l'impact du vaisseau spatial a raccourci la période orbitale de Dimorphos autour de Didymos de 32 minutes, passant de 11 heures et 55 minutes à 11 heures et 23 minutes. Cette mesure comporte une marge d'incertitude d'environ deux minutes.

Avant sa rencontre, la NASA avait défini la réussite de l'expérience par un changement de la période orbitale de Dimorphos d'au moins 73 secondes. Ces premières données montrent que DART a dépassé ce seuil de plus de 25 fois.

Les astronomes continuent d'acquérir des données depuis des observatoires dans le monde entier, ainsi qu'à l'aide des installations du radar planétaire de Goldstone du JPL et de l'observatoire de Green Bank en Virginie occidentale.

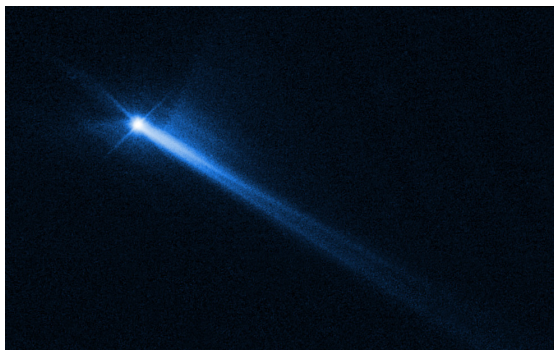
L'attention se porte maintenant sur la mesure de l'efficacité du transfert d'impulsion dans la collision de DART avec sa cible, à une vitesse d'environ 22 530 kilomètres par heure. Il s'agit notamment d'analyser en détail les éjectas, les tonnes de roches astéroïdales déplacées et projetées dans l'espace par l'impact.

Le recul de cette explosion de débris a considérablement renforcé la poussée de DART contre Dimorphos, un peu comme un jet d'air s'échappant d'un ballon envoie celui-ci dans la direction opposée.

Pour bien comprendre l'effet de recul des éjectas, il faut disposer de plus d'informations sur les propriétés physiques de l'astéroïde, telles que les caractéristiques de sa surface, sa solidité ou sa faiblesse. Ces questions sont toujours à l'étude.

Pour cette analyse, les astronomes continueront d'étudier les images de Dimorphos provenant de l'approche terminale de DART et de LICIACube (Light Italian CubeSat for Imaging of Asteroids), fournies par l'Agence spatiale italienne, afin d'estimer la masse et la forme de l'astéroïde. Dans quatre ans environ, le projet Hera de l'Agence spatiale européenne devrait également effectuer des relevés détaillés de Dimorphos et de Didymos, avec une attention particulière pour le cratère laissé par la collision du DART, et mesurer avec précision la masse de Dimorphos.

Cette image prise par le télescope spatial Hubble de la NASA le 8 octobre 2022 montre les éjectas provenant de Dimorphos 12 jours après la collision de l'astéroïde avec la sonde DART de la NASA. La forme de cette queue a changé au fil du temps. Les scientifiques continuent d'étudier ce matériau et la façon dont il se déplace dans l'espace, afin de mieux comprendre l'astéroïde. (NASA/ESA/STScI/Hubble)



Accélération de la rotation de Phaéton

*Basé sur un communiqué
University of Central Florida*

Selon une étude à laquelle participaient des Liégeois, la rotation de l'astéroïde (3200) Phaéton s'accélère progressivement.

Phaéton appartient à la famille des géocroiseurs, des objets qui franchissent régulièrement les limites de l'orbite terrestre. Son diamètre de plus de 5 kilomètres en fait l'un des plus gros astéroïdes qui s'approchent suffisamment de la Terre pour être classés comme potentiellement dangereux. L'orbite de Phaéton est bien connue et l'on a établi qu'il ne représente actuellement aucune menace. Une de ses particularités remarquables est une certaine activité cométaire qui se traduit par l'émission d'une queue de poussière. Il est en fait le parent longtemps recherché des Géminides, la pluie d'étoiles filantes de la mi-décembre. Dans la mythologie grecque, Phaéton est le fils du dieu du soleil Hélios. Ce nom est approprié car son orbite allongée, plutôt typique d'une comète, le conduit à moins de 21 millions de kilomètres du Soleil, soit moins de la moitié de la distance du périhélie de la planète Mercure. Phaéton a un spectre extrêmement bleu, une rareté parmi les astéroïdes.

Phaéton est le plus gros des astéroïdes pour lesquels on a mesuré une variation de la période de rotation. Il effectue une rotation toutes les 3,6 heures, et cette période de rotation diminue d'environ 4 millisecondes par an. Le deuxième plus grand astéroïde dont la période de rotation a changé est l'astéroïde géocroiseur 1685 Toro, d'un diamètre d'environ 3,5 kilomètres.

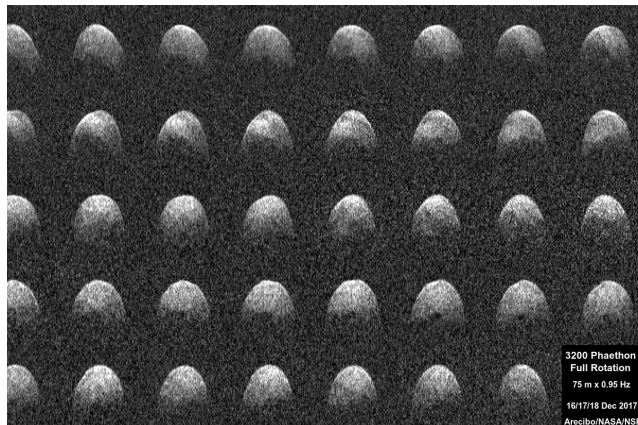
En raison de ses caractéristiques intéressantes, l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA) a choisi Phaéton comme cible de la prochaine mission DESTINY+, qui devrait être lancée en 2024 et survoler Phaéton en 2028.

Ce sont des données radar, des courbes de lumière obtenues de 1989 à 2021 et des occultations observées de 2019 à 2021, qui ont permis de montrer que Phaéton a la forme d'une toupie avec une crête marquant son équateur, ce qui n'est pas sans rappeler la forme de 101955 Bennu et 162173 Ryugu qui ont été photographiés de près par des sondes spatiales.

Bien que faible (4 ms/an), la diminution de la période de rotation de Phaéton est suffisante pour être perceptible dans un vaste ensemble de données d'observation couvrant 32 ans et des milliers de rotations de Phaéton.

La rencontre la plus proche avec Phaéton depuis sa découverte a eu lieu en décembre 2017, lorsqu'il est passé à 10 millions de kilomètres de la Terre. Pendant cinq nuits, Phaéton a alors été observé avec le radar planétaire de l'observatoire d'Arecibo, financé par la NASA, ce qui a permis d'obtenir un ensemble détaillé d'images radar. Il s'agissait de la première grande campagne radar planétaire de l'observatoire d'Arecibo après que l'ouragan Maria eut causé de lourds dégâts à Porto Rico, moins de trois mois auparavant. Le radiotélescope avait pu être remis en état à temps.

***Images radar de Phaéton, acquises à l'observatoire d'Arecibo en décembre 2017. Ces images ont une résolution de portée de 75 mètres par pixel.
(Taylor et al. 2019)***



La météorite de Winchcombe

Basé sur un communiqué Western University

La météorite de Winchcombe, une météorite carbonée rare qui s'est écrasée sur une allée dans le Gloucestershire, s'est avérée contenir de l'eau et des composés organiques qui donnent un aperçu de l'origine des océans de la Terre.

Une nouvelle étude présente l'histoire orbitale et les premières analyses de laboratoire de cette météorite qui a été récupérée quelques heures seulement après que sa boule de feu spectaculaire eut illuminé le ciel du Royaume-Uni en février 2021.

Grâce à la combinaison des données provenant de cinq réseaux d'observation de météorites qui existent au Royaume-Uni on peut maintenant confirmer qu'il s'agit de l'une des meilleures orbites jamais reconstituées parmi les météorites, et de la meilleure pour une météorite carbonée.

Les vidéos recueillies par des passionnés d'astronomie, notamment par le Global Meteor Network de Western, ont fait une grande différence.

La récupération et la conservation rapides de la météorite de Winchcombe en font l'une des météorites les mieux préservées pour

l'analyse, offrant aux scientifiques un aperçu unique de la composition originale du Système solaire il y a 4,6 milliards d'années.

L'analyse de la météorite par des spécialistes du monde entier a commencé dans les jours qui ont suivi l'événement. Winchcombe est une rare chondrite carbonée CM contenant environ deux pour cent de carbone (en poids) et c'est la première météorite de ce type trouvée au Royaume-Uni. Grâce à une imagerie détaillée et à des analyses chimiques, l'équipe a déterminé que Winchcombe contient environ 11 pour cent d'eau (en poids), majoritairement enfermée dans des minéraux qui se sont formés lors de réactions chimiques entre les fluides et les roches sur son astéroïde parent dans les premiers stades du Système solaire.

L'équipe a pu mesurer rapidement le rapport des isotopes d'hydrogène dans l'eau et a constaté que celle-ci ressemblait beaucoup à l'eau terrestre. Les extraits de la météorite contiennent également des acides aminés – des molécules prébiotiques qui sont des composants fondamentaux pour l'origine de la vie.

Comme la composition de la météorite n'a pas été modifiée par l'environnement terrestre, ces résultats indiquent que les astéroïdes carbonés ont joué un rôle clé dans la fourniture des ingrédients nécessaires au démarrage des océans et de la vie sur la Terre primitive.

La météorite de Winchcombe est également l'une des météorites les plus fragiles ayant survécu à un vol atmosphérique. Les astéroïdes carbonés représentent plus de 30% de ceux qui frôlent la Terre, mais seulement 2 % des météorites découvertes. Ils sont si incroyablement fragiles que la plupart d'entre eux se désintègrent complètement dans l'atmosphère.

Les modélisations montrent que c'était un pur hasard que cette météorite n'ait pas subi les grandes pressions que d'autres subissent habituellement en entrant dans l'atmosphère.

Cette recherche se rapproche étonnamment des missions de retour d'échantillons d'astéroïdes telles que Hayabusa-2 ou OSIRIS-REX de la NASA. Avec les réseaux de caméras et les méthodes en place, on peut récupérer beaucoup plus de météorites sans les énormes dépenses des missions spatiales.

En combinant les images et l'analyse chimique de la météorite, l'équipe a calculé que la météorite de Winchcombe s'est détachée de la surface d'un astéroïde près de Jupiter et a atteint la Terre au cours du dernier million d'années.

Les orbites sont connues pour moins de 0,1 % des météorites de la collection mondiale, Winchcombe fournissant le lien le plus fort à ce jour entre les météorites carbonées et les astéroïdes dans les régions extérieures du Système solaire.

*Séquence d'images du bolide prise par la caméra du Global Meteor Network à Hullavington, Wiltshire, Royaume-Uni.
(Paul Dickinson)*

