

L'astronomie dans le monde



DESI

Basé sur un communiqué NOIRLab

Les données obtenues par DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) ont révélé plus de 1 200 nouvelles lentilles gravitationnelles, soit environ le double du nombre de lentilles gravitationnelles connues. Ces images déformées de galaxies lointaines fournissent aux astronomes de nouvelles cibles avec lesquelles ils peuvent mesurer les propriétés fondamentales de l'Univers telles que la constante de Hubble qui décrit l'Univers en expansion.

La recherche de lentilles gravitationnelles a été effectuée au moyen de techniques de « machine learning » appliquées au vaste ensemble de données des DESI Legacy Imaging Surveys. Ces données, recueillies aux observatoires de Cerro Tololo (CTIO) et de Kitt Peak (KPNO), mêlent trois projets qui ont permis d'observer un tiers du ciel nocturne : le survey DECaLS (Dark Energy Camera Legacy Survey) réalisé avec la caméra DECam du télescope Víctor M. Blanco de 4 mètres du CTIO, le survey MzLS (Mayall z-band Legacy Survey) effectué avec la caméra Mosaic3 du télescope Nicholas U. Mayall de 4 mètres du KPNO, et le survey BASS (Beijing-Arizona Sky Survey) réalisé avec la caméra 90Prime du télescope Bok de 2,3 mètres du KPNO.

L'effort collectif pour réaliser les trois surveys a abouti à l'un des recensements du ciel les plus uniformes et les plus profonds

*Le dôme du télescope Mayall domine cette vue de l'observatoire de Kitt Peak près de Tucson (Arizona). L'instrument DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) équipe ce télescope de 4 mètres.
(Marilyn Sargent/Berkeley Lab)*

jamais entrepris, avec plus d'un milliard de galaxies.

La neuvième et dernière publication des données de cet ambitieux projet prépare le terrain pour une étude révolutionnaire de cinq ans avec l'instrument DESI qui vise à fournir de nouvelles informations sur la nature de l'énergie noire. Une sélection de 35 millions de galaxies et 2,4 millions de quasars – dont certains se trouvent à 12 milliards d'années-lumière – constitueront les cibles pour la campagne de DESI. En cinq ans, DESI devrait cartographier l'Univers en trois dimensions en prenant le spectre de ces objets, ce qui permettra de mesurer leurs distances et leurs vitesses radiales.

Capter les spectres d'un si grand nombre de galaxies aussi rapidement nécessite un haut degré d'automatisation. DESI est équipé d'un réseau de 5 000 robots, chacun relié à une mince fibre optique pouvant pointer les galaxies individuelles. Il pourra ainsi mesurer simultanément les spectres de 5 000 galaxies. Les résultats fourniront à terme de nouvelles informations sur la mystérieuse énergie noire que l'on pense être à l'origine de l'expansion accélérée de l'Univers.

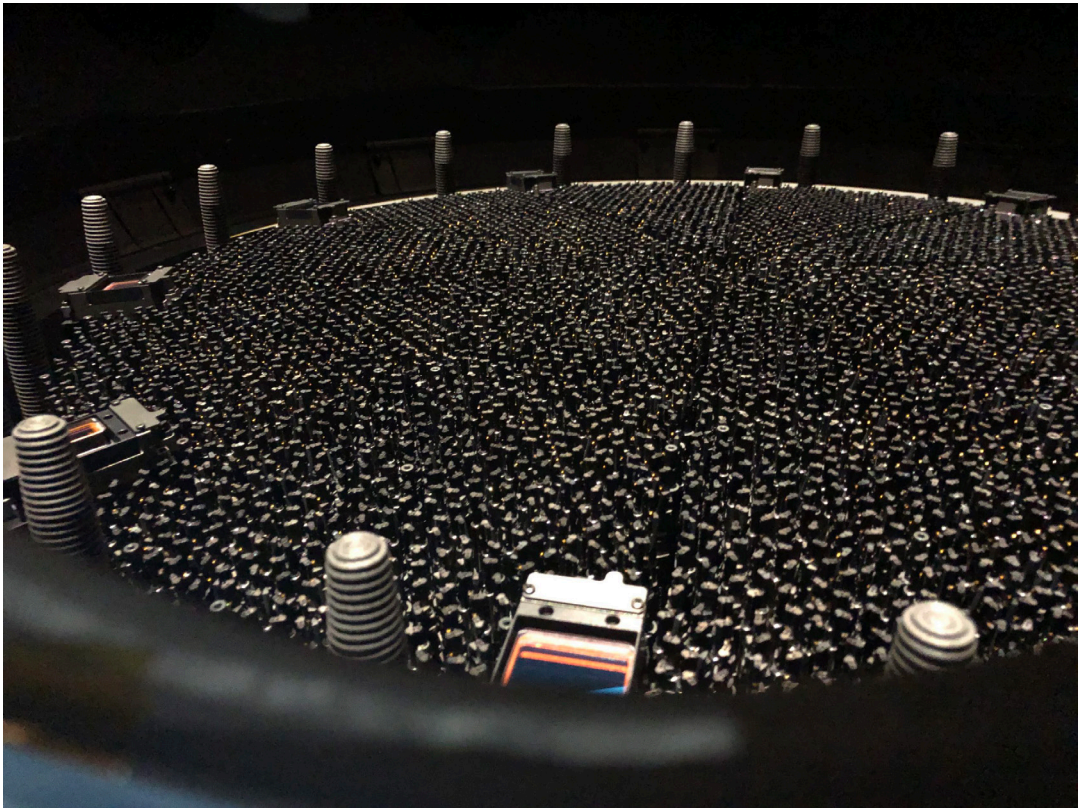
Évoquées depuis les années 1930, les lentilles gravitationnelles étaient prédites par la théorie de la relativité générale d'Einstein. Selon cette théorie, un objet massif, tel qu'un amas de galaxies, peut déformer l'espace-temps. Certains scientifiques, dont Einstein, pensaient que cette déformation de l'espace-temps pourrait être observable, par exemple comme une distorsion de l'image d'une galaxie par un amas de galaxies plus proche. L'effet des lentilles se traduit souvent par des images en forme d'arcs parmi les galaxies d'un amas.

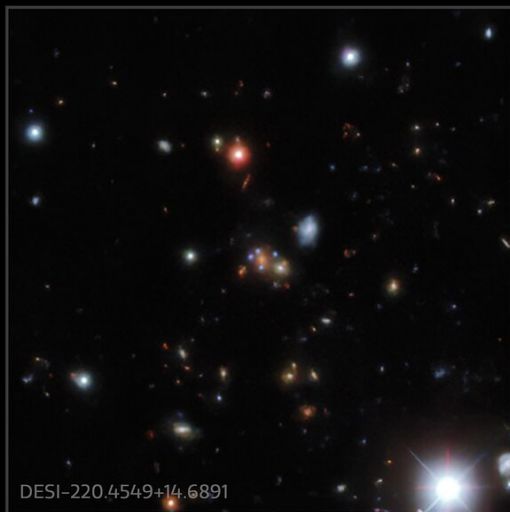
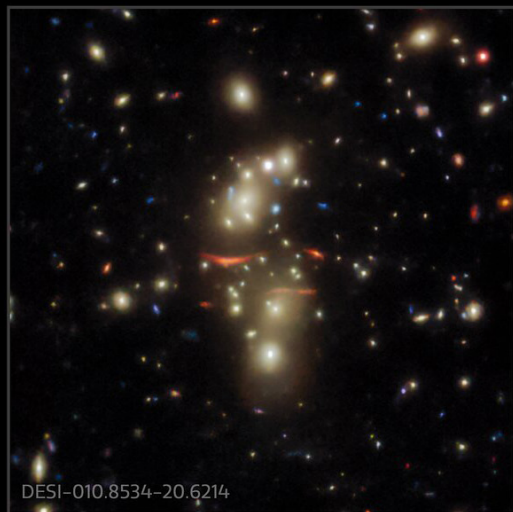
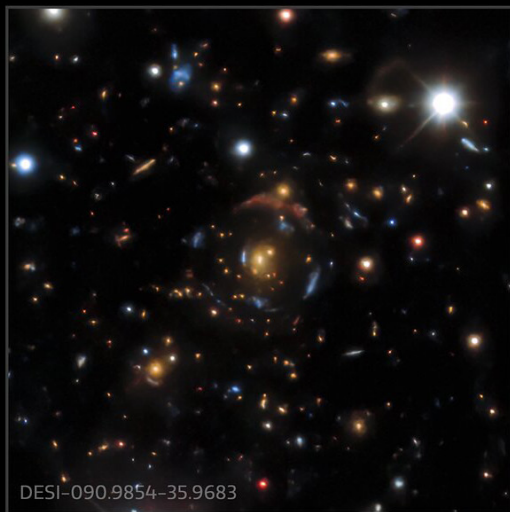
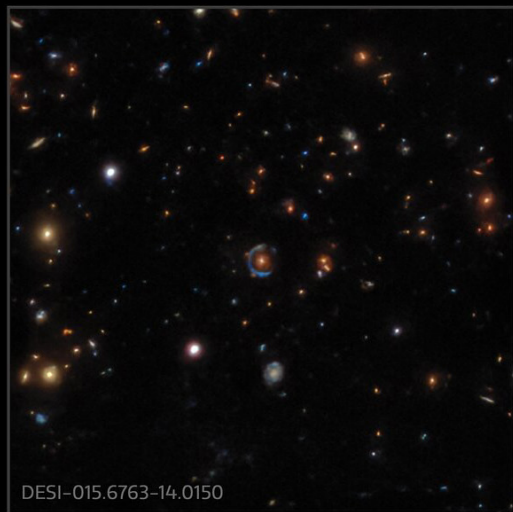
Statistiquement, seule une galaxie massive sur 10 000 devrait montrer des signes forts – arcs, anneaux – de lentille gravitationnelle, et il n'est pas facile de les repérer. Une galaxie massive déforme l'espace-temps qui l'entoure,

mais généralement on ne remarque pas cet effet. Ce n'est que lorsqu'une galaxie est cachée directement derrière une galaxie géante qu'il est possible d'avoir un effet de lentille.

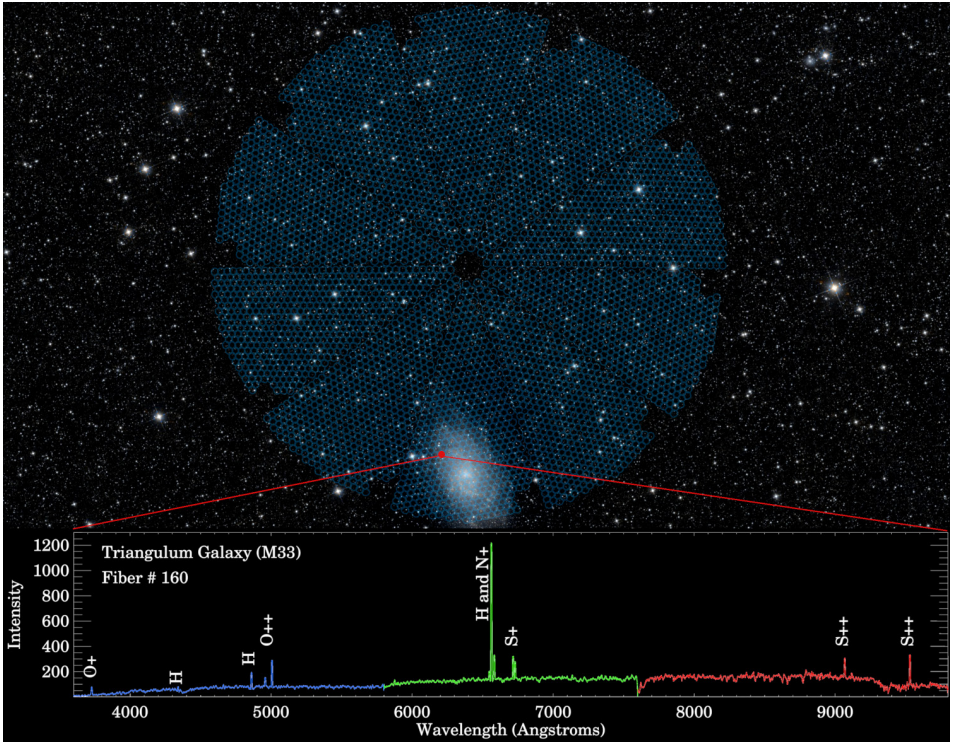
Face à l'énorme quantité de données scientifiques à traiter, les chercheurs se sont tournés vers des algorithmes de « machine learning ». Les réseaux neuronaux sont quelque peu comparables à un cerveau humain et sont utilisés pour résoudre des problèmes d'intelligence artificielle. Les réseaux neuronaux profonds comportent de nombreuses

Au plan focal du télescope Mayall, l'instrument DESI contrôle 5 000 robots chargés de positionner les fibres optiques conduisant la lumière des galaxies individuelles.
(DESI collaboration)





*Les données des DESI Legacy Imaging Surveys ont révélé la présence de plus de 1 200 nouvelles lentilles gravitationnelles, soit environ le double du nombre de lentilles connues. Découvertes grâce au « machine learning » basé sur des données réelles, les images déformées de galaxies lointaines fournissent aux astronomes une manne de nouvelles cibles avec lesquelles ils peuvent mesurer les propriétés fondamentales de l'Univers telles que la constante de Hubble qui décrit l'Univers en expansion.
(KPNO/CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/Legacy Imaging Survey)*

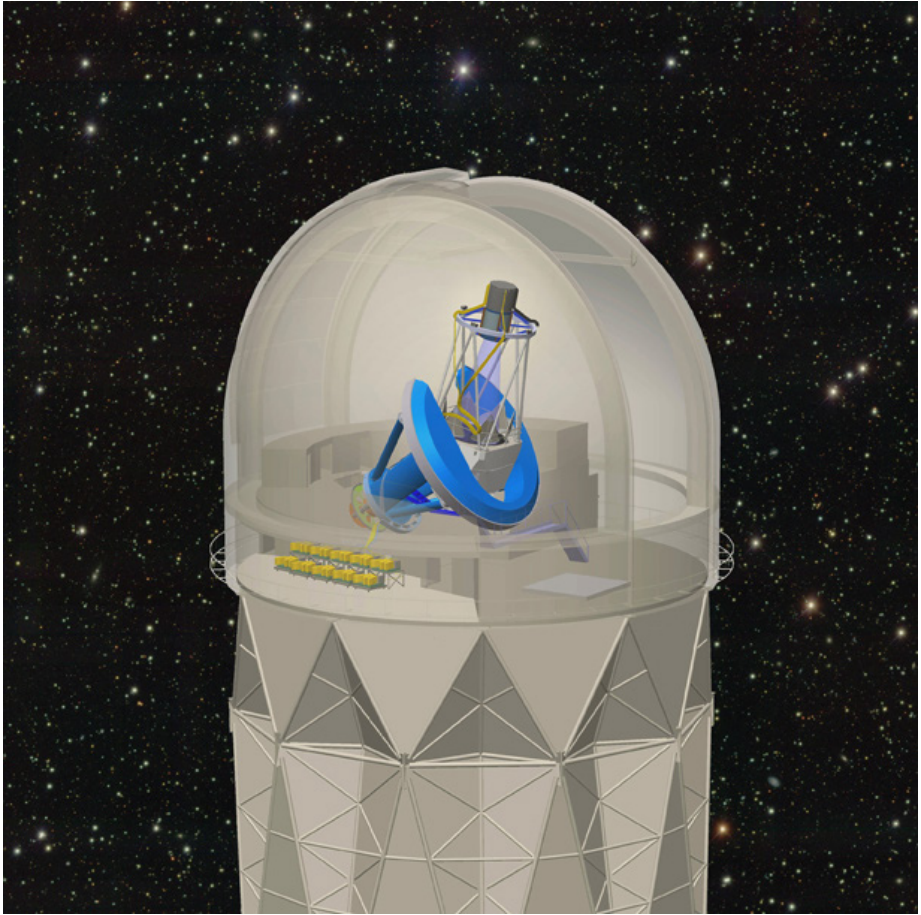


couches qui peuvent collectivement décider si un objet candidat appartient à un groupe particulier. Pour ce faire, les réseaux neuronaux doivent être entraînés à reconnaître les objets en question. Si l'on voulait apprendre à un humain qui n'a jamais vu le ciel nocturne à reconnaître une étoile il faudrait lui décrire certaines caractéristiques : elle est ponctuelle, brillante, elle est sur un fond sombre. Mais il y a immédiatement des défis à relever. Que se passe-t-il si plusieurs étoiles sont proches les unes des autres ? Et si le ciel est un peu nuageux ? Et si l'objet clignote (donc n'est pas du tout une étoile, mais un avion) ? Il devient rapidement évident qu'il est en fait très difficile de définir un ensemble de règles claires pour décrire un objet. Cependant, tout humain qui a vu le ciel nocturne sera simplement capable de reconnaître d'autres étoiles une fois

*Les 5000 « yeux » spectroscopiques de DESI couvrent une surface du ciel 38 fois plus grande que la Pleine Lune, comme le montre cette image du ciel comprenant la galaxie du Triangle M33. Chaque fibre dirige l'image d'un objet vers un spectrographe. Par exemple la région de M33 marquée d'un point rouge donne le spectre du bas.
(DESI Collaboration ; Legacy Surveys ; NASA/JPL-Caltech/UCLA)*

qu'il les aura vues. C'est le genre de choses pour lesquelles les humains sont très doués, et les ordinateurs très mauvais. D'où la nécessité de former des réseaux neuronaux très sophistiqués pour reconnaître les objets désirés.

Au début du projet, en 2018, il n'y avait qu'environ 300 lentilles fortes confirmées.



Grâce au grand nombre de lentilles candidates disponibles maintenant, les chercheurs peuvent effectuer de nouvelles mesures des paramètres cosmologiques, comme la constante de Hubble. La clé sera de détecter une supernova dans la galaxie lointaine, qui, lorsqu'elle sera « imagée » par une galaxie d'avant-plan, apparaîtra sous forme de points lumineux multiples. Maintenant que les astronomes savent quelles galaxies présentent des signes de lentille forte, ils savent où chercher. De nouvelles installations telles que l'observatoire Vera C. Rubin (actuellement en construction au Chili) surveilleront des objets comme ceux-ci dans le cadre de leur mission, permettant à toute supernova d'être mesurée rapidement par d'autres télescopes.

L'instrument au foyer principal du télescope Mayall (en haut) recueille la lumière de milliers d'objets. Un faisceau de fibres optiques conduit séparément ces signaux vers des spectrographes (en jaune) situés sous le télescope. (DESI Collaboration)

Naines brunes proches

Basé sur un communiqué NOIRLab

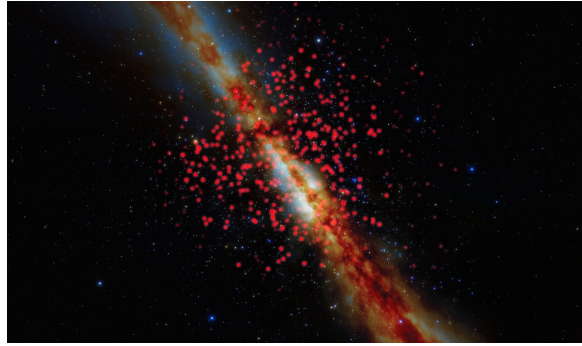
Les astronomes ont compilé le catalogue le plus complet à ce jour des naines brunes proches à l'aide du projet citoyen Backyard Worlds : Planet 9. Ils ont répertorié 525 naines brunes froides à moins de 65 années-lumière du Soleil, dont 38 nouvelles découvertes. En déterminant les distances par rapport à tous les objets du recensement, les astronomes ont pu dresser une carte en 3D de la répartition de ces naines brunes.

Le catalogue résulte d'une analyse des DESI Legacy Imaging Surveys (cf. article précédent) qui combinent d'énormes quantités d'observations diverses : images d'archives de Kitt Peak, de Cerro Tololo, ainsi que des cartes du ciel provenant du télescope spatial infrarouge WISE. Ces ensembles de données ont été combinés avec de nouvelles mesures de distance effectuées par le télescope spatial Spitzer pour créer la meilleure carte tridimensionnelle du voisinage du Soleil à ce jour.

Les naines brunes sont des étoiles ratées. Elles se forment probablement comme les étoiles normales mais ne deviennent pas assez massives pour déclencher la fusion nucléaire dans leur noyau. Leur faiblesse et leur taille relativement petite rendent leur identification délicate, ce qui explique que beaucoup d'entre elles n'ont pas été découvertes.

Grâce à l'étude des naines brunes, les astronomes peuvent en apprendre davantage sur la formation des étoiles et aussi sur les planètes autour d'autres étoiles. Les naines brunes sont des sous-produits de faible masse du processus de formation des étoiles. Les moins massives d'entre elles ont de nombreuses caractéristiques communes avec les exoplanètes. Comme elles sont généralement isolées, leur observation ne présente pas les complications causées par un soleil hôte aveuglant.

Pour aider à l'identification des naines brunes dans des ensembles de données volumineux, les astronomes ont fait appel à la collaboration de Backyard Worlds, un réseau mondial hébergé par Zooniverse et réunissant plus de 100 000 scientifiques citoyens.



Visualisation des naines brunes proches sur fond de Voie lactée. Le Soleil, qui n'est pas représenté, est situé au centre de la vue. (NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva)

Le projet Backyards Worlds avait déjà annoncé la découverte de près de 100 naines brunes froides proches en août de l'année dernière. Ce projet montre que le grand public peut jouer un rôle important dans l'astronomie de pointe. Des bénévoles, allant de lycéens à des ingénieurs à la retraite, aident à obtenir ces découvertes révolutionnaires qui se cachent dans les données des télescopes existants.

L'un des résultats les plus étonnants de cette étude est qu'elle tend à confirmer que le voisinage immédiat du Soleil (moins de 7 années-lumière) est plutôt inhabituel. Alors que la plupart des étoiles de la Voie lactée sont des naines rouges, les voisines les plus proches du Soleil sont beaucoup plus diverses, avec différents types d'objets allant des étoiles semblables au Soleil aux naines brunes semblables à Jupiter, et ce, en nombres à peu près égaux. Les nouveaux résultats ajoutent à cette anomalie en ne présentant pas de naines brunes extrêmement froides comme notre voisine WISE 0855, la naine brune la plus froide connue, alors que l'on s'attendait à en trouver plusieurs à moins de 65 années-lumière du Soleil, étant donné la sensibilité de la nouvelle étude. Ce résultat laisse cependant entrevoir la possibilité que des naines brunes froides ont jusqu'à présent échappé à la détection et attendent encore d'être découvertes dans les vastes archives de données.

Liller 1 et Terzan 5, deux « Bulge Fossil Fragments »

Basé sur un communiqué Università di Bologna

Alors que les archéologues creusent en espérant trouver des traces du passé, un groupe international d'astrophysiciens a réussi à pénétrer dans l'épais nuage de poussière du « bulge » (bulbe, ou renflement) central de la Voie lactée, découvrant des amas de gaz et d'étoiles primordiaux jamais observés jusqu'à présent. Les chercheurs ont découvert cette nouvelle classe lors de l'analyse de Liller 1. Découvert il y a plus de 40 ans, cet amas est situé dans le bulbe de la Voie lactée, à 3 200 années-lumière du centre, et renferme des millions d'étoiles. La ressemblance avec les quelque 150 amas globulaires de la Galaxie s'arrête là. Sa véritable identité est en fait plus fascinante que ce que l'on croyait jusqu'à présent. En effet, Liller 1 est un fragment fossile de l'un des amas stellaires géants qui, il y

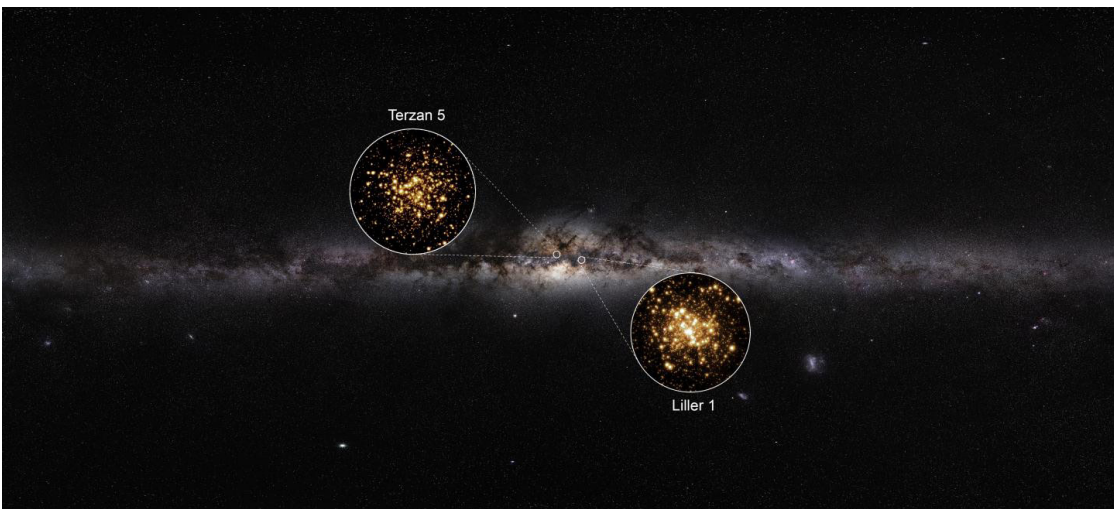
a environ 12 milliards d'années, ont fusionné pour former le bulbe galactique. Il s'agit donc d'une relique stellaire, un fossile qui contient l'histoire de la formation de la Voie lactée.

L'existence de telles curiosités avait déjà été suggérée lorsque, voici quelques années, des chercheurs avaient découvert dans le bulbe un objet similaire, Terzan 5. Une analyse approfondie avait démontré des caractéristiques qui ne correspondaient pas à celles d'autres amas globulaires, avec une population stellaire aussi vieille que la Voie lactée et une autre beaucoup plus jeune (4,5 milliards d'années).

Un cas isolé pouvait n'être qu'une simple anomalie. C'est pourquoi Liller 1 est si important. Les caractéristiques communes de Terzan 5 et de Liller 1 confirment l'existence d'une nouvelle classe de systèmes stellaires non identifiés jusqu'à aujourd'hui, les « Bulge Fossil Fragments » (BFF).

Quelles sont les caractéristiques de ces fragments fossiles? Sous un déguisement d'amas globulaires, ils sont fondamentalement différents, si l'on considère l'âge des étoiles qui les composent. Deux populations stellaires se trouvent dans ces systèmes : l'une est aussi vieille que la Voie lactée – elle s'est formée il y a 12 milliards d'années – et l'autre est beaucoup plus jeune. D'une part, cela montre que

Vue panoramique de la Voie lactée avec la position des deux BFF connus actuellement, Liller 1 et Terzan 5. (ESO/S. Brunier, F. R. Ferraro / C. Pallaanca / Università di Bologna)





ces systèmes stellaires sont apparus durant les premiers stades de formation de la Voie lactée ; d'autre part, cela démontre qu'ils sont capables d'engendrer de multiples générations d'étoiles.

Les caractéristiques des populations stellaires de Liller 1 et Terzan 5 suggèrent que les deux systèmes se sont formés en même temps que la Voie lactée. Les populations stellaires plus jeunes sont plus riches en fer et ont tendance à se regrouper dans les zones centrales du renflement. Cela s'inscrit dans un processus d'enrichissement dans lequel le gaz éjecté par les étoiles plus anciennes en forme de nouvelles.

Il n'a pas été facile de parvenir à ces conclusions. Liller 1 se trouve dans l'une des régions les plus obscures de notre galaxie, où d'épais nuages de poussière interstellaire atténuent la lumière des étoiles, la rendant jusqu'à 10 000 fois plus faible. La seule façon de traverser ces nuages est d'observer en infra-rouge. C'est pourquoi les chercheurs ont choisi Gemini Sud pour effectuer l'inspection de Liller 1. Gemini Sud est un puissant télescope d'un diamètre de 8 mètres capable de compenser les distorsions des images stellaires causées par l'atmosphère de la Terre.

Terzan 5. Composite d'observations faites sur un vaste domaine de longueurs d'onde avec la caméra WFC3 (Wide Field Camera 3) du télescope spatial Hubble, l'instrument MAD (Multi-conjugate Adaptive Optics Demonstrator) du VLT de l'ESO et la Near Infrared Camera du télescope Keck. (ESO/NASA/ESA/Hubble/F. Ferraro)

La netteté des images de Gemini Sud est inégalée. Grâce à elles les chercheurs ont pu faire une analyse préliminaire détaillée de la population stellaire de Liller 1. Après cette première analyse les chercheurs avaient encore du travail à faire pour avoir une image complète de la composition de ce système stellaire. En effet, ils avaient besoin de savoir si toutes les étoiles représentées par ces images appartenaient à Liller 1, ou si certaines d'entre elles étaient simplement sur la même ligne de visée et ne lui appartenaient pas. Ils ont réussi à résoudre ce problème en recourant à d'autres observations réalisées par le télescope spatial Hubble.

La combinaison des deux séries d'images a permis d'écarter les étoiles n'appartenant pas à Liller 1 et d'obtenir une image claire et détaillée de ce système stellaire mettant

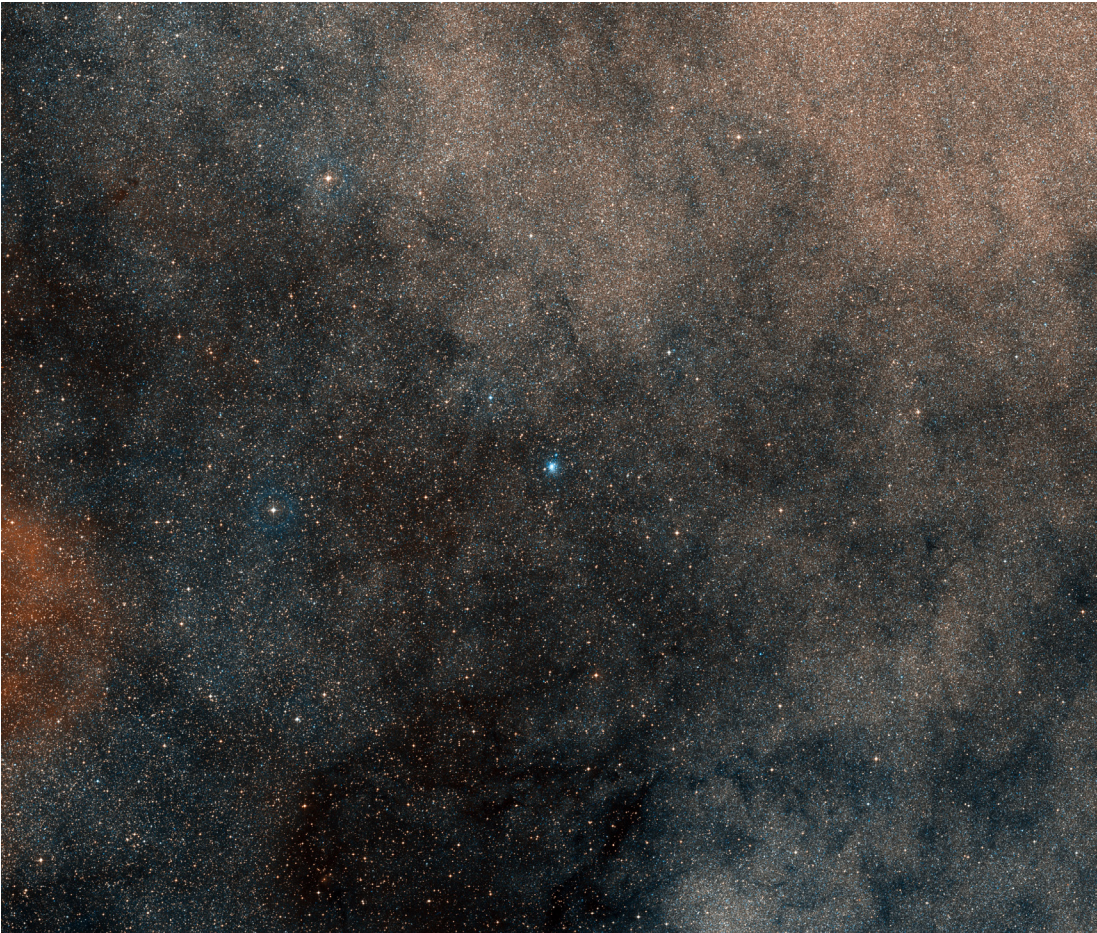
en évidence la présence d'au moins deux populations stellaires d'âges très différents, la plus ancienne s'étant formée il y a environ 12 milliards d'années, au moment de la formation de la Voie lactée ; la seconde, beaucoup plus jeune, s'étant formée il y a seulement 1 à 2 milliards d'années.

La découverte que Liller 1 et Terzan 5 partagent des caractéristiques très similaires a permis d'identifier cette nouvelle classe de systèmes stellaires provenant de certains ancêtres qui étaient assez massifs pour retenir le gaz éjecté par les supernovæ. Les BFF ne sont

que des fragments de ces structures massives, des reliques d'objets primordiaux massifs qui, il y a 12 milliards d'années, ont donné naissance à la Voie lactée.

L'histoire de la Voie lactée est écrite dans ces restes fossiles. Ces derniers sont les témoins d'un Univers très jeune, âgé d'à peine 1 milliard d'années.

Terzan 5 est la tache bleue au centre de cette image basée sur les données du Digitized Sky Survey 2. (ESO/Digitized Sky Survey 2)



NGC 1052-DF4

Basé sur un communiqué HST

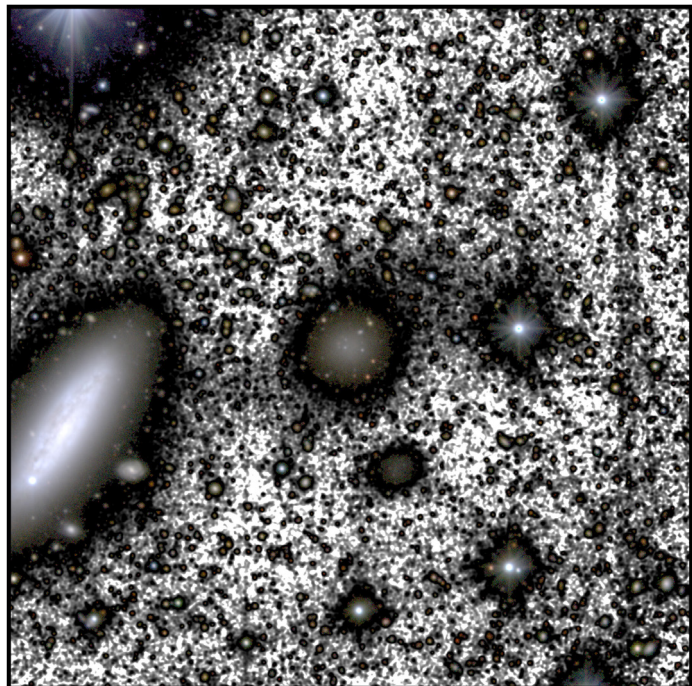
De nouvelles données du télescope spatial Hubble confirment les effets de marée subis par la galaxie NGC 1052-DF4, distante de 45 millions d'années-lumière, et expliquent pourquoi cette galaxie est privée de la majeure partie de sa matière noire. En étudiant la répartition des amas globulaires de la galaxie, les astronomes ont conclu que les forces de gravité de la galaxie voisine NGC 1035 ont dépouillé la matière noire de NGC 1052-DF4 et sont en train de détruire la galaxie.

En 2018, des chercheurs utilisant le télescope spatial Hubble et d'autres télescopes avaient découvert une galaxie proche, NGC 1052-DF2, quasiment dépourvue de matière noire. Cette découverte était surprenante car il était admis que la matière noire est un constituant clé dans les modèles actuels de formation et d'évolution des galaxies. Sans elle, le gaz primordial n'aurait pas la gravité suffisante pour commencer à s'effondrer et à former de nouvelles galaxies. Un an plus tard, une autre galaxie manquant de matière noire était découverte, NGC 1052-DF4, ce qui a déclenché d'intenses débats entre les astronomes sur la nature de ces objets.

De nouvelles données obtenues par Hubble ainsi que par le télescope GTC (Gran Telescopio Canarias) de 10,4 mètres et le télescope IAC80 aux Canaries, ont permis d'expliquer la raison de l'absence de matière noire dans NGC 1052-DF4. Des images profondes ont été utilisées pour

mesurer la distribution de la lumière dans la galaxie et identifier sa population d'amas globulaires. Elles ont montré que le manque de matière noire peut être expliqué par des phénomènes de marée. Les forces gravitationnelles de la galaxie massive voisine NGC 1035 sont en train de déchirer NGC 1052-DF4. Au cours de ce processus, la matière noire est expulsée et les étoiles subissent alors les effets de l'interaction.

On pense que les amas globulaires naissent lors des épisodes intenses de formation d'étoiles qui ont façonné les galaxies. Leur taille compacte et leur luminosité les rendent facilement observables et ils sont donc de bons traceurs des propriétés de leurs galaxies. Ainsi, en étudiant et en caractérisant la distribution spatiale des amas dans NGC 1052-DF4, les astronomes peuvent se faire une idée de l'état actuel de la galaxie. L'alignement d'amas suggère qu'ils ont été arrachés de leur galaxie hôte sous l'effet d'interactions gravifiques.



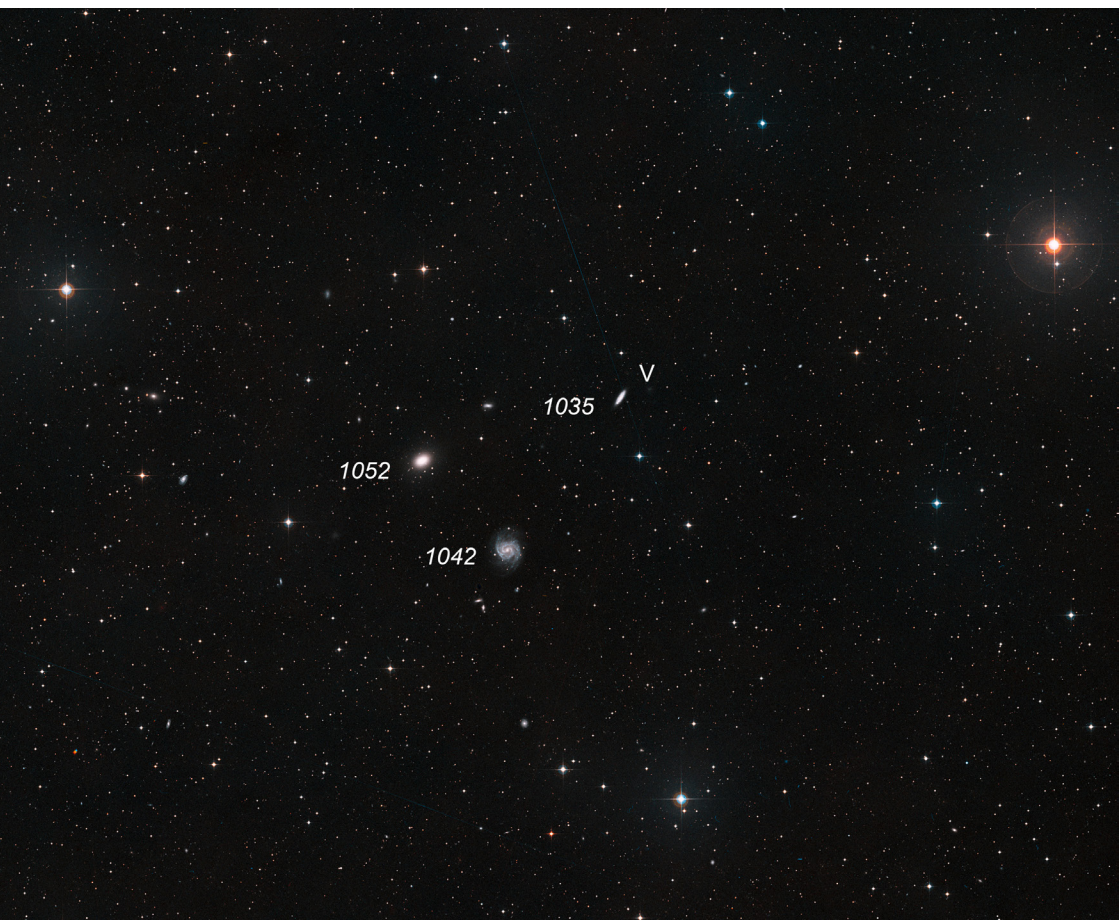
Le champ de NGC 1052-DF4 (au centre) photographié avec le télescope IAC80 de l'observatoire du Teide (Tenerife). NGC 1035 est à gauche. (Montes et al.)

Les astronomes ont également identifié des « queues de marée », des traînées de matière s'éloignant de NGC 1052-DF4 – ce qui confirme les interactions. Une analyse supplémentaire a conclu que les parties centrales de la galaxie restent intactes et que seuls 7% de la masse stellaire de la galaxie sont dans les queues de marée. Cela signifie que la matière noire, qui est moins concentrée que les étoiles, a été évacuée et que c'est maintenant au tour des étoiles périphériques d'être expulsées. Avec le temps, NGC 1052-DF4 sera cannibalisée par le grand système autour de

NGC 1035, avec au moins une partie de ses étoiles flottant librement dans l'espace.

Cette découverte réconcilie les connaissances actuelles sur la formation et l'évolution des galaxies avec les modèles cosmologiques. Sans elle, les scientifiques auraient dû remettre en question les lois de la gravitation.

*Champ de la galaxie ultra-diffuse
NGC 1052-DF4 obtenu à partir d'images du
Digitized Sky Survey 2. NGC 1052-DF4 est
pratiquement invisible sous la pointe du V.
(ESA/Hubble, NASA, Digitized Sky
Survey 2; Davide de Martin)*



Voie lactée

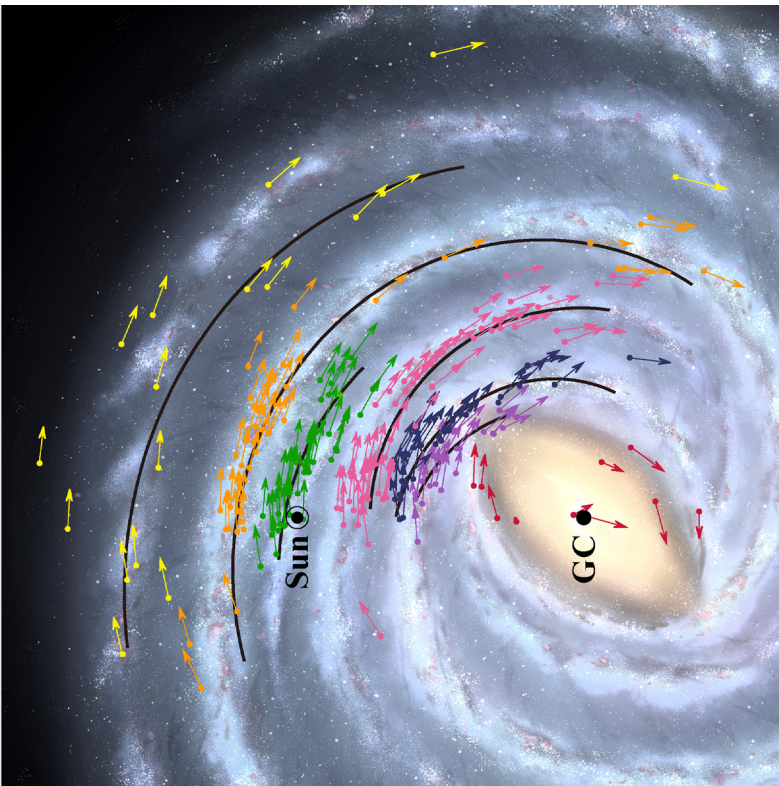
Basé sur un communiqué NAOJ

Le réseau interférométrique VERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry) combine les données de radiotélescopes dispersés dans l'archipel japonais afin d'obtenir la même résolution que celle d'un télescope de 2 300 km de diamètre. La précision de mesure obtenue avec cette résolution, 10 micro-arcsecondes, est en théorie assez précise pour distinguer une pièce de monnaie sur la surface de la Lune. VERA cartographie depuis deux décennies les vitesses et la structure en trois dimensions de la Voie lactée. Comme la Terre est située à l'intérieur de la Voie lactée, nous ne pouvons pas prendre du recul et voir à quoi ressemble la Galaxie de l'extérieur. L'astrométrie apparaît alors comme un outil

essentiel pour comprendre la structure globale de la Galaxie et nous situer dans celle-ci.

Le premier catalogue d'astrométrie VERA, publié cette année, contient les données relatives à 99 objets. Sur la base de ce catalogue et d'observations issues d'autres programmes, les astronomes ont déterminé que le centre de la Galaxie et le trou noir supermassif qui y réside sont situés à 25 800 années-lumière de la Terre, moins loin que la valeur de 27 700 années-lumière adoptée par l'Union Astronomique Internationale en 1985. La Terre se déplace à 227 km/s sur son orbite galactique, soit un peu plus vite que la valeur officielle de 220 km/s.

VERA espère observer plus d'objets, en particulier ceux qui sont proches du trou noir central supermassif, afin de mieux caractériser la structure et le mouvement de la Galaxie. Dans le cadre de ces efforts, VERA participera à l'EAVN (East Asian VLBI Network), qui comprend des radiotélescopes situés au Japon, en Corée du Sud et en Chine. En augmentant le nombre de télescopes et la séparation maximale entre ceux-ci, l'EAVN peut atteindre une précision encore plus élevée.



La Voie lactée. Les flèches indiquent la position et la vitesse des 224 objets utilisés pour modéliser la Voie lactée. Les lignes noires soulignent les bras spiraux. Les couleurs indiquent les groupes d'objets appartenant à un même bras. L'arrière-plan est une image de simulation. (NAOJ)

La Voie lactée en 3D

Basé sur un communiqué MPG

Les astronomes ont utilisé le télescope submillimétrique Apex au Chili pour étudier la distribution du gaz moléculaire froid dans la région intérieure de la Voie lactée avec une précision sans précédent, dans le cadre du projet SEDIGISM (Structure, Excitation and Dynamics of the Inner Galactic Interstellar Medium) couvrant une zone de 84 degrés carrés du ciel austral. Les observations ont été réalisées de 2013 à 2017 avec une résolution spatiale de 30 secondes d'arc.

L'étude a révélé un large éventail de structures au sein de la Voie lactée, depuis des amas stellaires jusqu'aux nuages moléculaires géants, permettant aux astronomes de mieux appréhender la complexité de notre galaxie.

Plus de 10000 nuages interstellaires ont été catalogués. Les astronomes ont découvert qu'actuellement, seuls 10 % d'entre eux contiennent des étoiles. Ils ont également obtenu de précieuses informations sur la structure, la distance et la vitesse de tous les nuages moléculaires galactiques dans environ deux tiers du disque intérieur de la Voie lactée.

Les chercheurs ont observé les raies spectrales du monoxyde de carbone – y compris les isotopologues rares ^{13}CO et C^{18}O où l'un des atomes contient un neutron

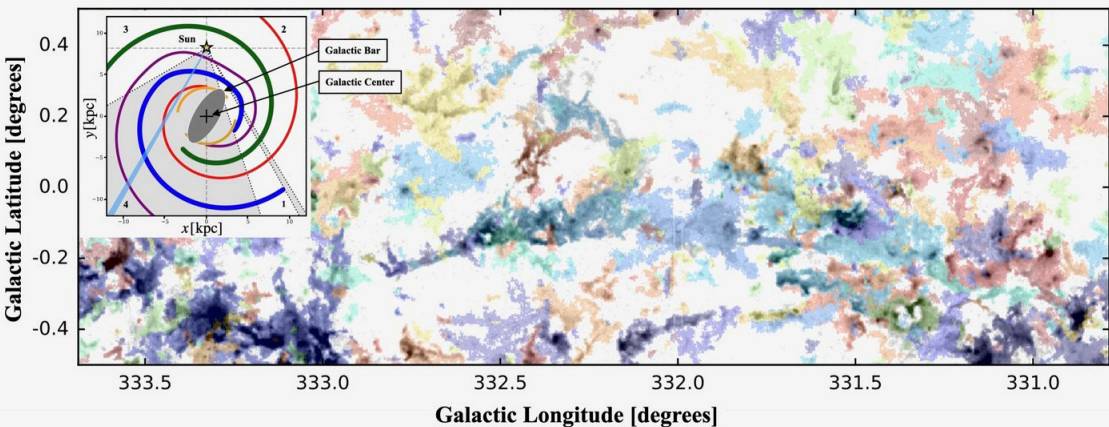
surnuméraire – et en ont déduit la masse et la distribution tridimensionnelle du gaz moléculaire froid et dense dans le milieu interstellaire. Diverses structures telles que des filaments et des cavités ont été trouvées, témoignant de divers processus astrophysiques.

Les nuages moléculaires contiennent la matière première à partir de laquelle de nouvelles étoiles se forment. La cartographie de ces nuages est donc nécessaire pour déterminer des paramètres importants tels que l'efficacité de la formation d'étoiles dans la Voie lactée. Les structures et les conditions physiques à l'intérieur des nuages constituent la base fondamentale des théories de la formation des étoiles.

Les résultats des travaux suggèrent que la structure de la Voie lactée est encore mal connue et que les bras spiraux ne sont pas très bien définis. Les propriétés des nuages ne semblent pas dépendre du fait qu'un nuage soit situé dans un bras spiral ou dans une région inter-bras, des endroits où l'on s'attendrait à ce

Variété colorée : cette image montre les nuages interstellaires dans une petite zone d'environ 5% de la cartographie totale du SEDIGISM.

(Ana Duarte-Cabral, Alex Pettitt et James Urquhart)



qu'interviennent des phénomènes physiques très différents. La Voie lactée n'est peut-être pas la galaxie spirale aussi typique que nous pensions.

L'une des clés du succès de l'étude a été le télescope Apex de 12 mètres, avec sa surface très précise, et situé dans l'un des meilleurs sites mondiaux pour l'astronomie submillimétrique. L'instrument se trouve à une altitude de 5 100 mètres sur le plateau de Chajnantor – site du réseau ALMA – dans le désert chilien d'Atacama. La teneur en vapeur d'eau y est extrêmement faible et la transparence de l'atmosphère est donc excellente.

Les nouvelles données complètent une série de cartographies du plan galactique

produites dans la gamme des longueurs d'onde allant de l'infrarouge moyen à lointain. Cela a été fait avec des télescopes spatiaux tels que le Spitzer, Herschel et, pour les longueurs d'onde plus longues, avec Apex lui-même. Toutefois, ces projets ne disposaient pas des informations sur la vitesse que le SEDIGISM a fournies jusqu'à présent. La réanalyse des données permet une étude plus détaillée de la formation des étoiles, et donc de la structure et de la dynamique de la Voie lactée.

***Le radiotélescope Apex sur le plateau de Chajnantor.
(ESO, Babak Tafreshi)***



La nébuleuse Stingray

Basé sur un communiqué STScI

La nébuleuse Stingray (Pastenague) qui enrobe l'étoile Hen 3-1357 (SAO 244567), était destinée à se distinguer depuis ses débuts. Apparue il y a quelques décennies, elle est considérée comme la plus jeune nébuleuse planétaire connue et les observations du télescope Hubble indiquent qu'elle devrait disparaître tout aussi rapidement. Des images de 2016 montrent une nébuleuse qui s'est déjà considérablement éteinte. Les enveloppes de gaz qui entouraient l'étoile centrale ont changé, n'étant plus aussi nettes qu'elles l'étaient auparavant. De tels changements n'avaient jamais été saisis aussi clairement.

La luminosité de l'objet a considérablement diminué. Les volutes de gaz fluorescent au centre de la nébuleuse se sont évanouies et les bords ondulants qui ont valu son nom à la nébuleuse ont pratiquement disparu. L'oxygène, en particulier, a diminué en luminosité d'un facteur de près de 1 000 entre 1996 et 2016.

Il s'agit de modifications fondamentales dans la structure de la nébuleuse. Alors que généralement les nébuleuses s'agrandissent, celle-ci se déforme, s'affaiblit et ce, à une échelle de temps sans précédent. De plus, elle

ne s'agrandit pas. En effet, l'anneau elliptique interne, autrefois brillant, semble se rétrécir progressivement.

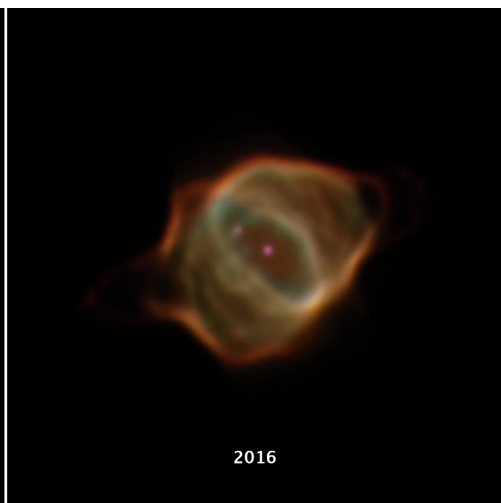
Les changements rapides de la nébuleuse sont une réponse à l'affaiblissement du rayonnement ionisant de l'étoile, dû à une chute de température.

Les observations effectuées entre 1971 et 2002 avaient montré que la température de l'étoile avait augmenté, passant de moins de 20 000 K à 60 000 K, soit plus de dix fois la température de la surface du Soleil. Les nouvelles mesures indiquent que SAO 244567 se refroidit actuellement. Il est possible que cet épisode chaud témoigne d'un sursaut de la fusion de l'hélium (helium flash) dans une couche de l'étoile autour de son noyau. Celle-ci semble revenir à son stade initial d'évolution stellaire.

L'hélium flash est un épisode rapide de l'évolution stellaire et il faut un heureux hasard pour en observer directement les effets.

La nébuleuse Stingray vue par le télescope spatial Hubble en 1996 (Wide Field and Planetary Camera 2) et 2016 (Wide Field Camera 3).

(NASA, ESA, B. Balick/University of Washington, M. Guerrero/Instituto de Astrofísica de Andalucía, G. Ramos-Larios/Universidad de Guadalajara)



Les 7 Magnifiques

Basé sur un communiqué Berkeley Lab

Une nouvelle étude suggère que des particules jamais observées auparavant, des axions, pourraient être la source d'émissions inexpliquées de rayons X de haute énergie autour d'un groupe d'étoiles à neutrons.

Les axions seraient des particules stables, neutres et de très faible masse. Elles ont été théorisées dans les années 70 pour résoudre un problème fondamental de physique des particules, celui de la violation de la symétrie CP en chromodynamique quantique. Le nom choisi pour cette particule révèle que la théorie était ainsi lavée de toute tache.

Les axions devraient être produits au cœur des étoiles et se convertir en photons en présence d'un champ magnétique. Les axions pourraient également constituer la matière noire, cette substance mystérieuse qui représente environ 85 % de la masse totale de l'Univers.

Un groupe d'étoiles à neutrons proches, connues sous le nom de « Magnificent 7 », a fourni un excellent test pour la détection des axions, car ces étoiles possèdent des champs magnétiques puissants et ne devraient émettre que des rayons X et ultraviolets. Elles sont réputées très calmes, au contraire des pulsars qui émettent des rayonnements sur tout le spectre électromagnétique. L'excès de rayons X montré par les 7 Magnifiques ne

s'explique pas aisément par des processus astrophysiques habituels. Il ne semble pas être dû à des objets d'arrière-plan. Des modélisations complexes d'étoiles à neutrons indiquent que les axions peuvent fournir la solution de ce mystère.

Si les axions existent, on s'attend à ce qu'ils se comportent comme les neutrinos stellaires. Ils ont une très faible masse et n'interagissent que très faiblement avec les autres particules. Les axions pourraient être produits en abondance à l'intérieur des étoiles à neutrons par suite des interactions entre neutrons. Le champ magnétique extraordinairement fort convertit les axions en photons.

Les naines blanches seraient aussi un lieu privilégié pour la recherche d'axions car elles ont également des champs magnétiques très forts, et ne sont pas censées émettre des rayons X – à moins qu'il n'y ait une contribution des axions.

Un autre télescope spatial X, NuStar, pourrait aider à résoudre le mystère des axions. Des expériences au sol avec des aimants puissants pourraient aussi contribuer à cette recherche. Les axions font d'autant plus l'objet des attentions des chercheurs que diverses expériences n'ont pas réussi à mettre en évidence les WIMP (particules massives à faible interaction), candidates sérieuses pour la matière noire.

Vue d'artiste du télescope spatial XMM-Newton (X-ray Multi-Mirror) qui, avec Chandra, a décelé un excès de rayons X provenant des 7 Magnifiques. (D. Ducros, ESA/XMM-Newton, CC BY-SA 3.0 IGO)



Aurores de l'aube

Basé sur un communiqué ULiège

Les aurores boréales sont une conséquence directe de la dynamique du plasma dans la magnétosphère – la région dominée par le champ magnétique planétaire. La magnétosphère terrestre est essentiellement contrôlée par le vent solaire alors que celle de Jupiter est surtout affectée par des facteurs internes. En effet, le plasma provient de la lune volcanique Io et est accéléré autour de la planète via son champ magnétique. Les aurores ont ainsi un aspect fondamentalement différent sur les deux planètes.

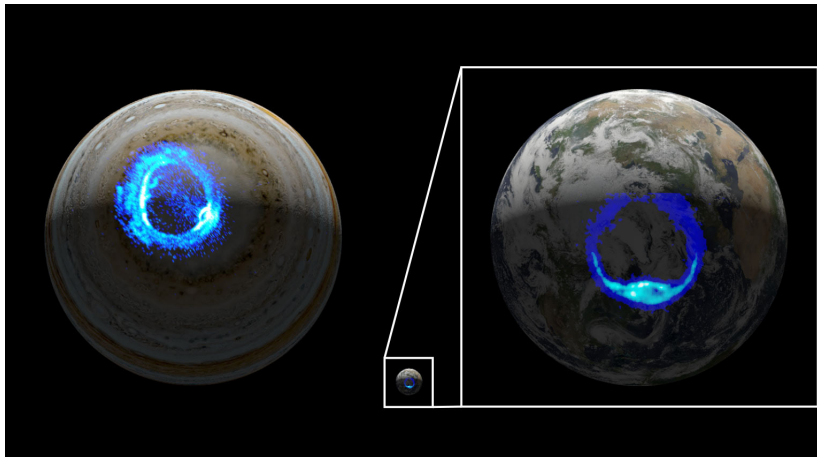
Les « tempêtes de l'aube » sont parmi les événements les plus brillants des aurores joviennes. Jusqu'à présent, elles n'avaient été observées que depuis l'orbite terrestre et ne montraient que leur côté tourné vers le Soleil. La sonde spatiale Juno, qui observe Jupiter depuis une orbite excentrique survolant ses pôles, a capturé ces tempêtes à tous les stades de développement, y compris, pour la première fois, leur naissance du côté nocturne de la planète. Les chercheurs ont utilisé des images inédites prises par l'instrument UVS (en partie conçu et testé au Centre Spatial de Liège) à bord du vaisseau spatial pour décrire le phénomène auroral. Ces vues ont été com-

plétées par des observations du télescope spatial Hubble, qui a pris le relais lorsque Juno s'est trop éloignée de Jupiter. Ces observations ont été planifiées lors d'une grande campagne d'observation de Jupiter avec le télescope Hubble menée par les astronomes liégeois.

Le phénomène est semblable à un type d'aurores terrestres, des « sous-orages » qui résultent de reconfigurations explosives de la queue de la magnétosphère terrestre. Sur notre planète, ces reconfigurations sont fortement liées aux fluctuations du vent solaire et en particulier à l'orientation du champ magnétique interplanétaire. Sur Jupiter, en revanche, ces reconfigurations explosives sont plutôt liées à un débordement de plasma en provenance d'Io.

Ces résultats montrent que, quelles qu'en soient les sources, la matière et l'énergie ne circulent pas toujours de manière fluide dans les magnétosphères planétaires. Au contraire, elles s'accumulent souvent jusqu'à ce que les magnétosphères s'effondrent et génèrent des réponses brutales dans les aurores. Bien que les magnétosphères de la Terre et de Jupiter emmagasinent de l'énergie par des mécanismes très différents, les deux systèmes libèrent cette énergie de manière explosive et de façon étonnamment similaire.

Illustration des aurores polaires ultraviolettes de Jupiter (à gauche) et de la Terre. Bien que Jupiter soit dix fois plus grand que la Terre, les aurores y sont remarquablement semblables. (NASA/JPL-Caltech/SwRI/UVS/STScI/MODIS/WIC/IMAGE/ULiège)



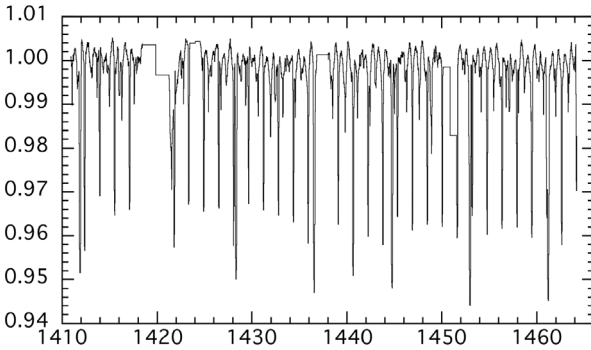
TIC 168789840

Le télescope spatial TESS a découvert une étoile sextuple montrant de multiples éclipses. TIC 168789840 comprend trois binaires liées entre elles par la gravitation. La particularité de ce système est que chacun des couples donne des éclipses. Autrement dit, la ligne de visée est contenue dans les trois plans orbitaux.

Deux des binaires du système sont très proches l'une de l'autre. Les perturbations gravifiques dans un tel système quadruple

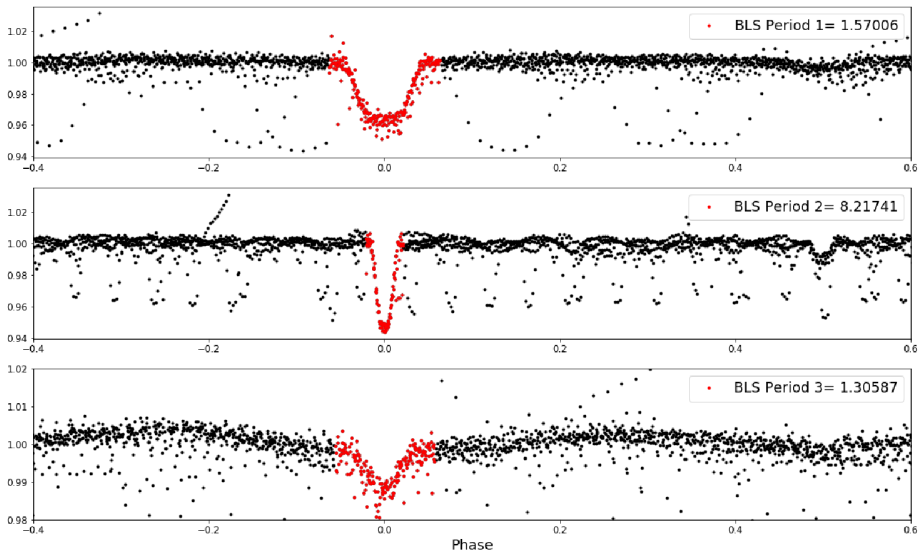
sont telles qu'une planète ne pourrait trouver une orbite stable. Elle tomberait sur l'un des soleils, ou serait éjectée dans l'espace intersidéral. En revanche, le troisième couple est loin des deux autres et pourrait abriter des planètes. Il effectue une révolution autour du quatuor en 2000 ans environ.

Une tentative d'explication de l'origine de ce système est qu'une étoile triple nouvellement formée est rentrée dans une région dense du nuage primordial qui l'avait engendrée. Les étoiles ont accreté des disques qui ont finale-



◀ *Série d'« éclipses » de TIC 168789840 observées par TESS sur un peu plus de deux mois. Ces éclipses sont dues aux trois binaires du système.*

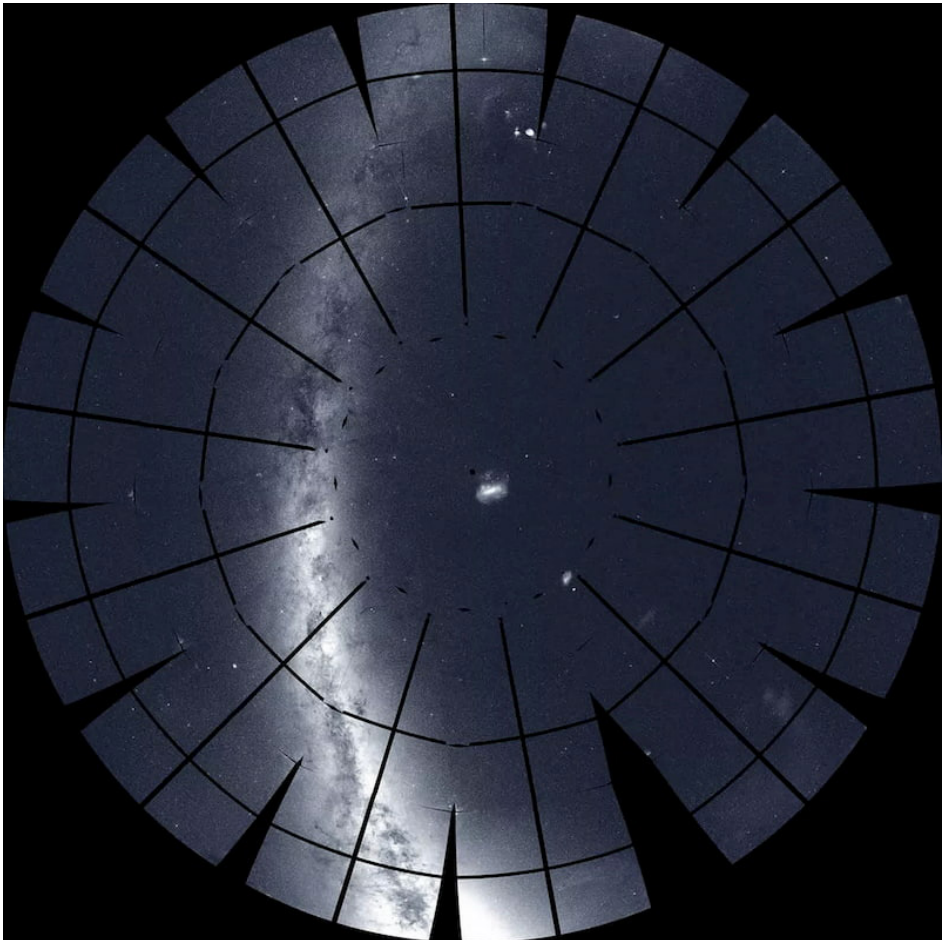
▼ *Courbes de lumière correspondant aux trois binaires. (Powell et al, 2021)*



ment donné naissance à trois petites compagnes. Ce scénario n'explique pas pourquoi les intersections des plans orbitaux deux à deux sont parallèles entre elles. Sans doute faut-il y voir simplement une remarquable coïncidence, comme le parallélisme avec la ligne de visée.

La recherche qui a conduit à cette découverte utilise un réseau neuronal qui a analysé les dizaines de millions de données d'archives du satellite. Beaucoup de systèmes stellaires multiples ont ainsi été découverts par l'algorithme. Ils ont alors été étudiés en détail par des humains.

Mosaïque de 13 images du ciel austral prises par le télescope spatial TESS lors de sa première année d'observation. La constellation d'Éridan, et donc TIC 168789840, sont dans le quadrant supérieur droit. (NASA/MIT/TESS and Ethan Kruse/USRA)



Vénus vue par la sonde Parker

Basé sur un communiqué NASA

La sonde Parker Solar Probe, lancée en août 2018, doit s'approcher en 2025 à six millions de kilomètres du Soleil. En chemin elle profite de sept rencontres avec Vénus qui lui permettent d'infléchir sa trajectoire à peu de frais. Ces rencontres sont l'occasion d'observer notre proche voisine. Ainsi, l'imageur à grand champ WISPR (Wide-field Imager for Parker Solar Probe) a capturé des vues étonnantes de Vénus lors de son survol de la planète en juillet 2020 à une altitude de 12 000 kilomètres.

WISPR est conçu pour prendre des images de la couronne solaire et de l'héliosphère intérieure en lumière visible, ainsi que des images du vent solaire et de ses structures à l'approche et au passage de l'engin spatial.

En photographiant Vénus, la caméra a mis en évidence un liseré lumineux autour de la planète. Il pourrait s'agir de la lueur nocturne émise par les atomes d'oxygène situés en altitude dans l'atmosphère qui se recombinent en molécules. WISPR a aussi révélé Aphrodite Terra, la plus grande région montagneuse de la surface vénusienne. Elle apparaît sombre en raison de sa température plus basse, environ 30 degrés Celsius plus fraîche que ses environs.

Cette observation surprenante est très semblable aux images acquises par la sonde Akatsuki dans l'infrarouge proche. Or, la caméra WISPR est censée travailler exclusivement dans le domaine visible. Ce résultat a renvoyé l'équipe du WISPR au laboratoire pour mesurer la sensibilité de l'instrument à la lumière infrarouge. Si le WISPR peut effectivement capter les longueurs d'onde de la lumière dans le proche infrarouge, cette capacité imprévue offre de nouvelles perspectives pour étudier la poussière dans le Système solaire interne. S'il apparaît au contraire que la caméra ne peut pas capter les longueurs d'onde infrarouges, alors, ces images qui laissent entrevoir la surface de Vénus, pourraient avoir révélé une fenêtre spectrale jusqu'alors inconnue de l'atmosphère vénusienne.

Pour en savoir plus, les scientifiques ont prévu une série d'observations similaires de la nuit vénusienne lors du dernier survol de Vénus par la sonde solaire Parker, le 20 février 2021. Ils espèrent avoir traité ces données d'ici la fin avril.

Distance au Soleil et vitesse de la sonde Parker au cours de sa mission. La distance est donnée en millions de km (gigamètres). (JPL/NASA, wikipedia CC BY-SA 4.0)

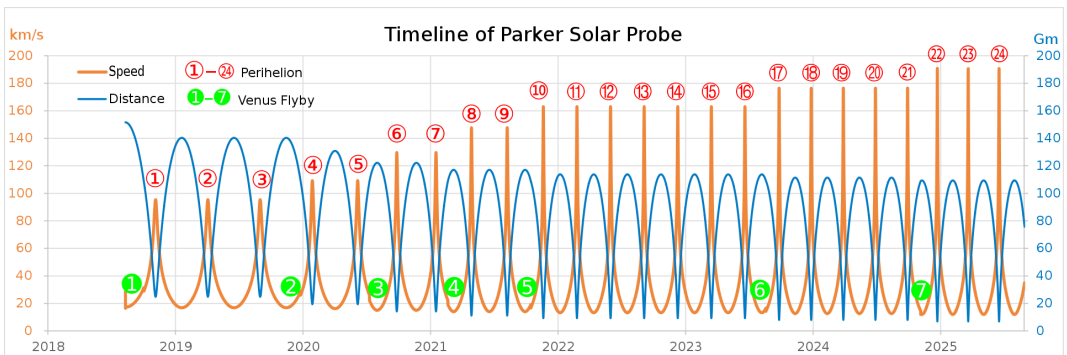




Image en noir et blanc montrant un hémisphère de la planète Vénus sur un fond d'étoiles et de stries brillantes.

En survolant Vénus en juillet 2020, l'instrument WISPR de Parker Solar Probe a détecté un bord brillant autour de la planète, qui pourrait être la lueur nocturne des atomes d'oxygène situés en altitude et qui se recombinent en molécules. La région sombre au centre de l'image est Aphrodite Terra, la plus grande région montagneuse de la surface vénusienne. L'origine des

traînées lumineuses de WISPR est encore incertaine. Elles peuvent être causées par des rayons cosmiques, par des grains de poussière, ou par des particules de matière arrachées du vaisseau spatial après l'impact avec des poussières. Le nombre de stries varie tout au long de l'orbite. La tache sombre apparaissant sur la partie inférieure de Vénus est un artefact de l'instrument.

(NASA/Johns Hopkins APL/Naval Research Laboratory/Guillermo Stenborg et Brendan Gallagher)

Vénus atectonique ?

Basé sur un communiqué Brown University

Les chercheurs ont modélisé l'impact qui a creusé le cratère de Mead, le plus grand bassin d'impact de Vénus, créé lors d'une collision qui a eu lieu il y a entre 300 millions et 1 milliard d'années. Mead est entouré de deux failles, des ondulations rocheuses qui ont été figées dans le temps après l'impact. Les modèles ont montré que pour que ces anneaux se trouvent là où ils sont par rapport au cratère central, la lithosphère de Vénus – son enveloppe extérieure rocheuse – devait être assez épaisse, bien plus épaisse que celle de la Terre. Cette constatation suggère qu'un régime tectonique comme celui de la Terre, où les plaques continentales dérivent comme des radeaux au sommet d'un manteau qui bouge lentement, n'existait probablement pas sur Vénus au moment de l'impact de Mead. Contrairement à la Terre, Vénus semble avoir été une planète à une seule plaque du moins jusqu'à cet impact.

Ces résultats offrent un contrepoint aux récentes recherches suggérant qu'une tectonique des plaques pouvait être présente dans le passé relativement récent de Vénus. Sur Terre, les preuves de la tectonique des plaques se trouvent partout sur le globe. Il existe d'énormes zones de subduction : de la nouvelle croûte se forme au milieu des océans, des chaînes de montagnes s'élèvent ci et là. Des sondes spatiales ont révélé des reliefs vénusiens qui ressemblent à des caractéristiques tectoniques, mais Vénus est entourée d'une épaisse atmosphère, ce qui rend difficile l'interprétation définitive des caractéristiques de sa surface.

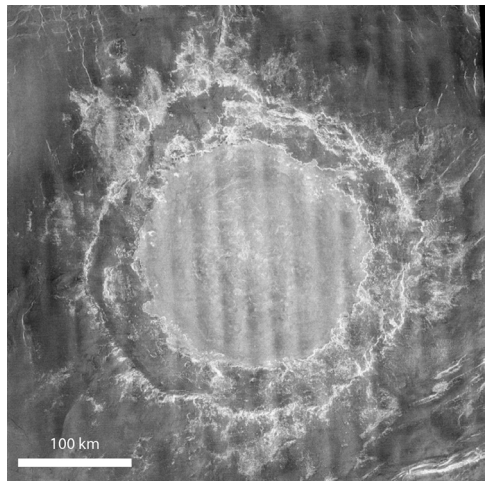
La nouvelle étude aborde la question différemment en utilisant l'impact de Mead pour sonder les caractéristiques de la lithos-

phère. Mead est un bassin à anneaux multiples semblable à l'immense bassin oriental de la Lune. Une étude de la Lune avait montré que la position d'anneaux autour de cratères est fortement liée au gradient thermique de la croûte – la vitesse à laquelle la température de la roche augmente avec la profondeur. Le gradient thermique influence la façon dont les roches se déforment et se brisent à la suite d'un impact, ce qui permet de déterminer où les anneaux du bassin se figent.

Cette même technique appliquée à Mead indique que la croûte de Vénus doit avoir un gradient thermique relativement faible, ce qui suggère une lithosphère assez épaisse. Cela signifierait que Vénus est sans tectonique des plaques depuis des centaines de millions d'années.

Ce résultat est en accord avec d'autres caractéristiques de Vénus. Plusieurs autres cratères annelés que les chercheurs ont examinés sont assez semblables à Mead. Les estimations du gradient thermique sont aussi cohérentes avec le profil thermique nécessaire pour soutenir Maxwell Montes, la plus haute montagne de Vénus.

Cette découverte met en évidence la place unique que la Terre, avec son système de tectonique des plaques, occupe parmi ses voisines planétaires.



*Le cratère de Mead, le plus grand bassin d'impact de Vénus, est entouré de deux anneaux rocheux, qui fournissent de précieuses informations sur la lithosphère de la planète.
(NASA)*

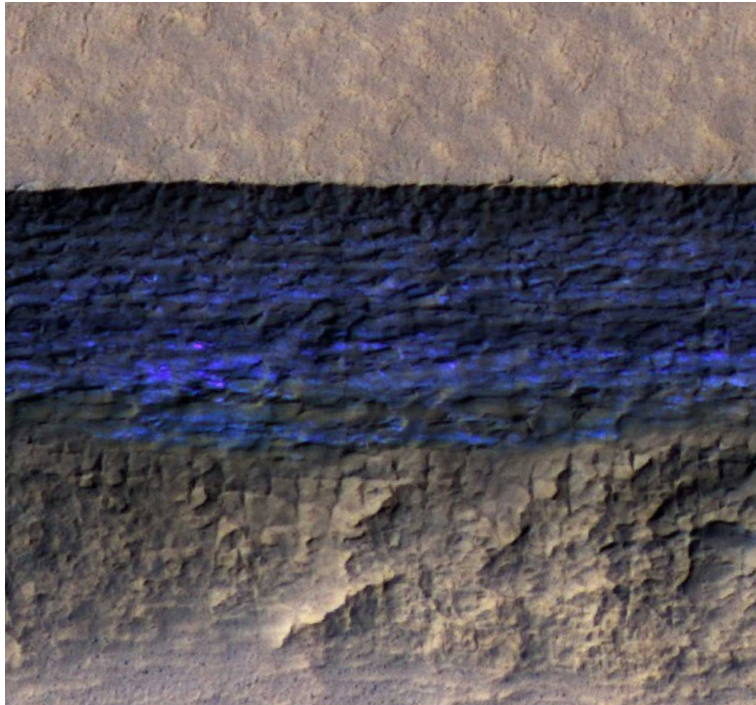
Glissements de terrain sur Mars

Basé sur un communiqué SETI Institute

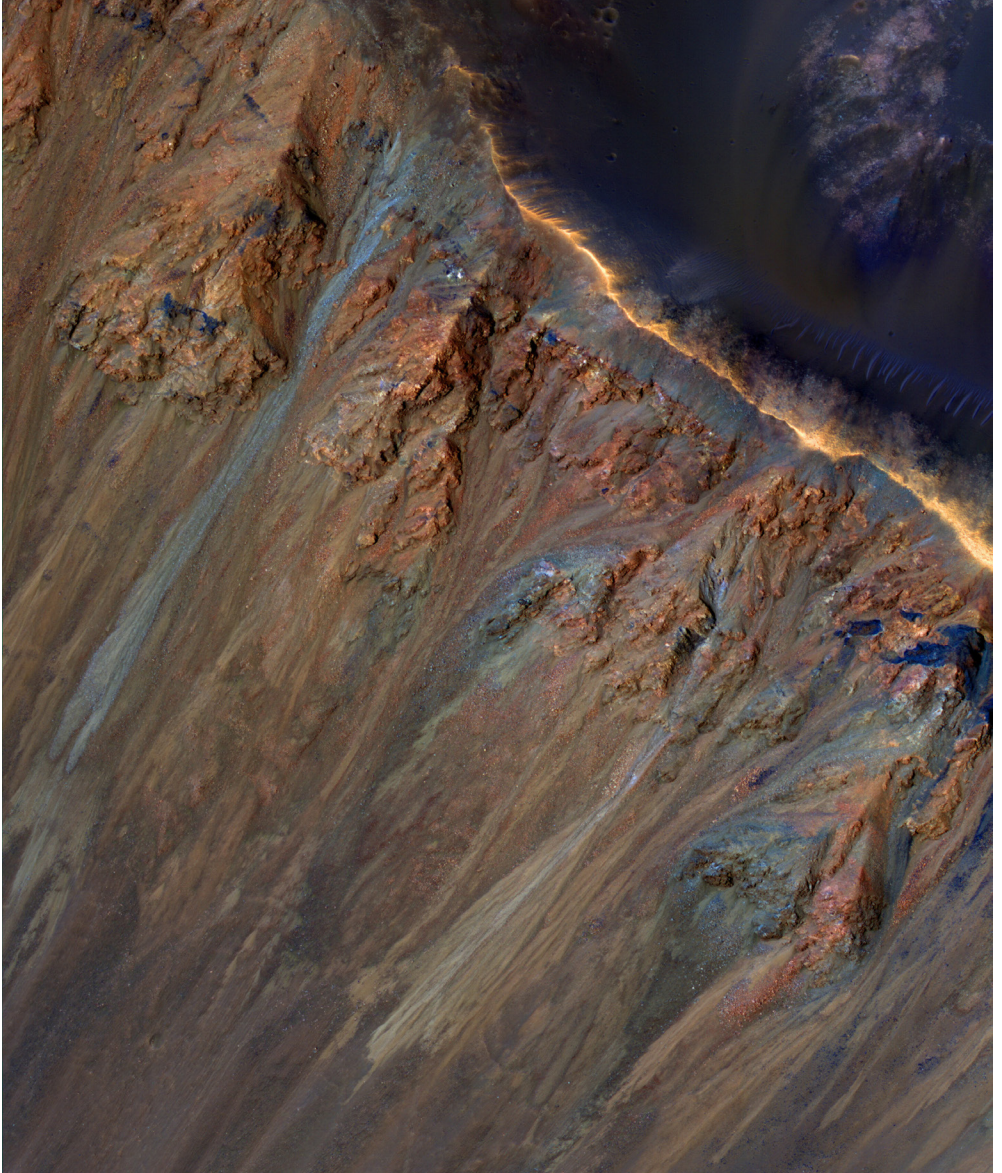
Des chercheurs ont présenté une nouvelle théorie concernant l'origine des glissements de terrain à la surface de Mars. Jusqu'à maintenant on tentait de les expliquer par des coulées de débris liquides ou des coulées granulaires sèches, mais aucun de ces modèles ne peut rendre compte complètement de l'aspect saisonnier des coulées récurrentes, les RSL (Recurring Slope Lineae). La nouvelle hypothèse est que la fonte de la glace souterraine provoque des changements en surface qui rendent le régolithe vulnérable aux tempêtes de poussière et au vent, ce qui entraîne l'apparition de RSL. De minces couches de glace fondante résultent d'interactions entre la glace souterraine, les sels de chlore et les sulfates. Il se forme ainsi une boue qui provoque des trous d'eau, des effondrements, des écoulements de surface et des soulèvements.

Les observations de l'orbiteur martien MRO montrent des coulées RSL sur des versants ensoleillés où elles continuent à apparaître et/ou à se développer au fil du temps. Des études antérieures avaient suggéré un lien entre RSL et sels de chlore et avaient constaté leur présence dans des terrains riches en sulfates. La nouvelle étude prolonge ces résultats avec un modèle d'activité des cryosels près de la surface, basé sur des observations de terrain et des expériences en laboratoire. L'étude de régions terrestres présentant des analogies avec Mars, comme les vallées sèches de l'Antarctique, la mer Morte en Israël ou le salar de Pajonales dans le désert d'Atacama, montre que, lorsque les sels interagissent avec le gypse ou l'eau souterraine, il se produit des perturbations en surface, notamment des effondrements et des glissements de terrain.

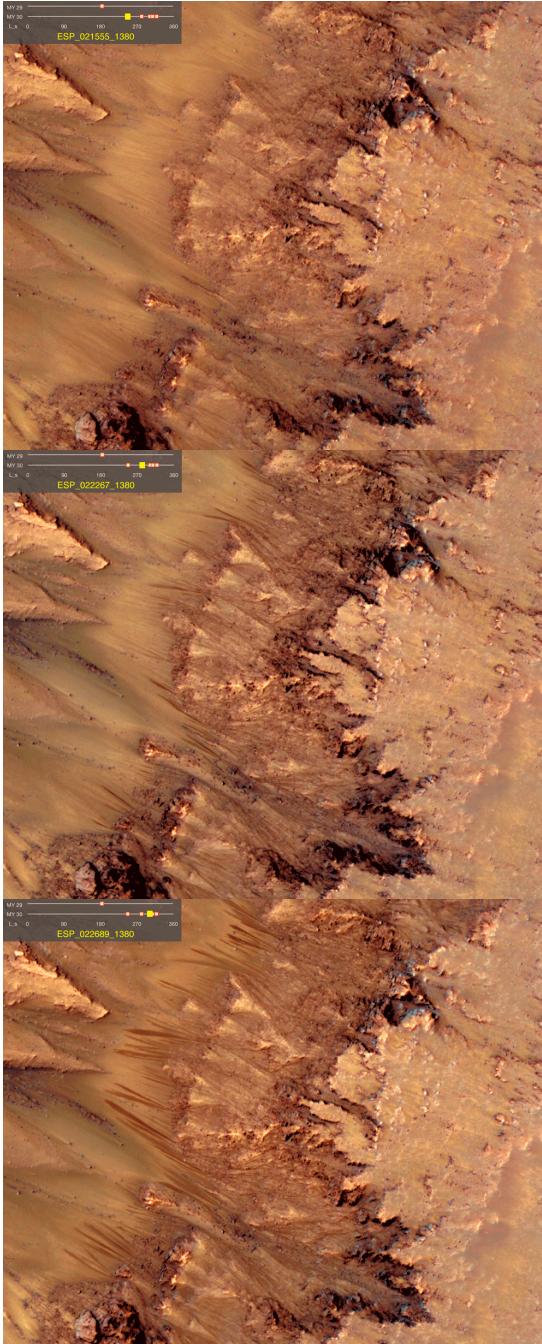
Comme tests de cette théorie, des expériences ont été menées en laboratoire afin d'observer ce qui se passerait si l'on congelait



*Glace souterraine
(colorée en bleu)
détectée par HiRISE
sur un escarpement
près de Hellas
Planitia.
(NASA/JPL/
University of
Arizona)*



*Le cratère Krupac photographié par la caméra HiRISE du MRO. On voit des ravines le long du bord et des écoulements RSL sur la pente.
(NASA/JPL/University of Arizona)*



et décongelait des échantillons de sol composés de sels de chlore et de sulfates à des températures typiques de Mars. Le résultat a été la formation d'une glace boueuse à une température proche de -50°C , suivie d'une fonte progressive de la glace de -40°C à -20°C .

La spectroscopie infrarouge a révélé que de fines couches d'eau liquide se formaient à la surface des grains lorsque les sols salés dégelèrent à des températures inférieures à zéro, semblables à celles de Mars. La modélisation du comportement des sels et des sulfates de chlore, y compris le gypse, à basse température démontre l'interdépendance de ces sels. Il se peut que cette eau liquide à micro-échelle migre sous le sol martien, transférant des molécules d'eau entre les sulfates et les chlorures. D'autres expériences de laboratoire ont révélé l'hydratation souterraine de ces sels et la migration des sels à travers le sol.

Ce projet est né de travaux sur les sédiments des vallées sèches de McMurdo en Antarctique, l'une des régions les plus froides et les plus sèches de notre planète. Comme sur Mars, le régolithe de surface des vallées sèches en Antarctique est affouillé par les vents secs la majeure partie de l'année. Cependant, le permafrost souterrain contient de la glace d'eau, et une altération chimique semble se produire sous la surface.

Trois phases du développement de coulées RSL sur le cratère martien Palikir. Images obtenues par la caméra HiRISE du MRO. (NASA/JPL/University of Arizona)



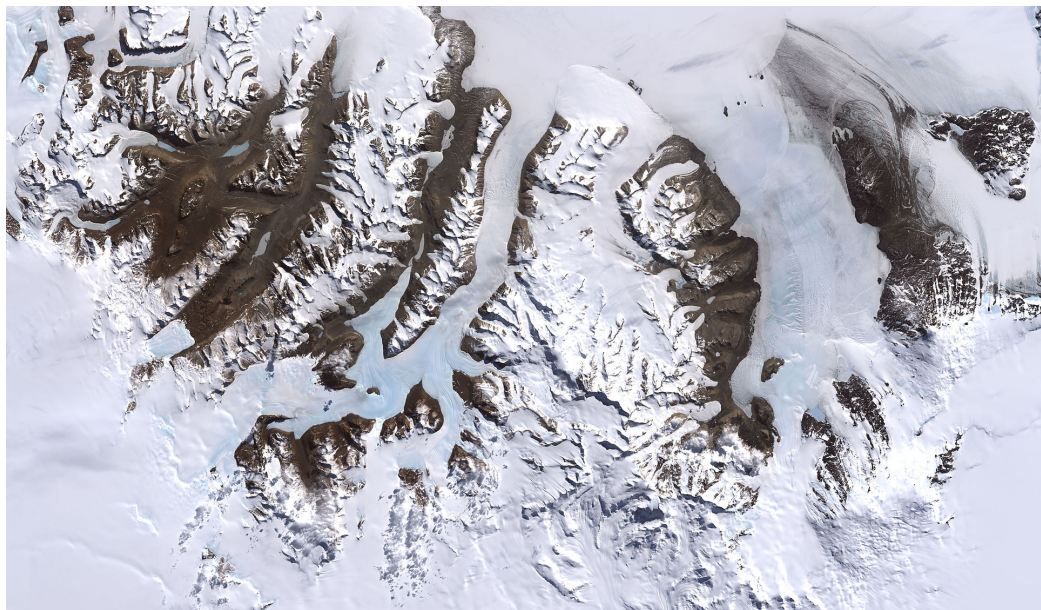
Trous dans des dépôts de boue à Wadi Ze'elim près de la mer Morte en Israël. (Yoseph Yechieli, Gideon Baer, Geological Survey of Israel)

Les sédiments des vallées sèches constituent un excellent banc d'essai pour les processus qui pourraient se produire sur Mars. Les concentrations élevées de sulfates et de chlorures à quelques centimètres sous la surface du paysage accidenté de la vallée Wright suggèrent que ces associations minéralogiques liées à l'eau et les processus qui en découlent peuvent également exister sur Mars.

De la glace d'eau a été détectée sous la surface de Mars dans le sol prélevé sur le site d'atterrissage de Phœnix. Elle a aussi été mise en évidence depuis l'espace grâce à des mesures radar et à la spectroscopie des neutrons et des rayons gamma. Plus récemment, l'orbiteur MRO a observé cette glace proche de la surface aux latitudes moyennes. Des tem-

pératures plus élevées (par exemple, -50°C à -20°C) sur les sites équatoriaux de Mars pourraient supporter de l'eau en saumure liquide sous la surface pendant les mois de printemps et d'été. Les coulées RSL observées sur certains de ces sites équatoriaux sont souvent interprétées comme étant liées à des ravines.

Les systèmes de ravines présentes le long des pentes nord et nord-est du cratère de Krupac et les RSL le long de sa paroi pourraient être expliqués par l'activité de la saumure proche de la surface.



▲ *Les vallées sèches de l'Antarctique, dans la terre Victoria. (Landsat7)*

► *La vallée de Wright, l'une des vallées sèches. (Everett Gibson, NASA Johnson Space Center)*



En plus d'aider à expliquer les processus géologiques et chimiques de Mars, cette théorie suggère que l'environnement martien reste dynamique. La planète est toujours en évolution et active, ce qui a des implications à la fois

pour l'astrobiologie et la future exploration humaine de la Planète rouge. La présence possible de minces nappes d'eau sous la surface de Mars dans les régions de permafrost salé ouvre de nouvelles perspectives sur son habitabilité.

Tempêtes solaires

Basé sur un communiqué University College London

Lors des tempêtes solaires, des particules potentiellement dangereuses sont émises à très grande vitesse. Si elles atteignent notre planète, elles peuvent perturber les satellites et les réseaux électriques ou électroniques. Elles présentent un risque d'irradiation pour les astronautes mais aussi pour les passagers aériens. En 1859, lors de l'événement de Carrington, une violente tempête solaire avait provoqué la défaillance des systèmes télégraphiques en Europe et en Amérique. Le monde moderne étant beaucoup plus dépendant des infrastructures électroniques, le risque de dommages est infiniment plus grand.

Pour minimiser le danger et donner des prédictions les scientifiques cherchent à comprendre comment ces flux de particules sont produits. C'est ainsi que des chercheurs ont analysé la composition des particules énergétiques venant du Soleil vers la Terre. Pour cela ils ont utilisé les données du satellite Wind situé entre le Soleil et nous. Ils ont analysé plusieurs événements d'une durée de plus

d'un jour, en janvier 2014, et ont comparé ces données avec les mesures spectroscopiques faites par la sonde Hinode. Ils ont découvert que les particules mesurées avec Wind avaient la même composition – notamment le rapport du silicium au soufre – que le plasma confiné au-dessus de la chromosphère et, plus particulièrement au pied des boucles du champ magnétique qui s'étendent dans l'atmosphère extérieure du Soleil.

En se libérant de l'emprise des champs magnétiques, ces particules sont accélérées par les éruptions solaires ou les éjections de masse coronale. En moyenne, une centaine d'événements impliquant des particules énergétiques solaires se produisent lors de chaque cycle undécennal. Si elles se dirigent vers nous, les particules peuvent arriver très rapidement, en quelques minutes ou quelques heures, lors d'événements pouvant durer des jours.

Éjection coronale de masse du 31 août 2012. Composite d'images prises aux longueurs d'onde de 171 et 304 angströms par le télescope spatial SDO (Solar Dynamics Observatory). (NASA/GSFC/SDO)

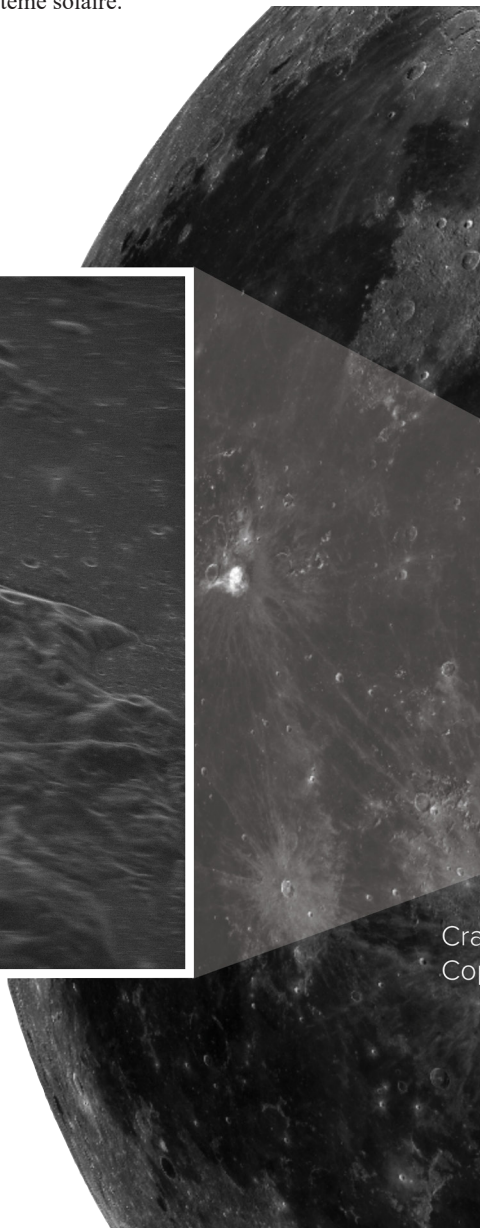
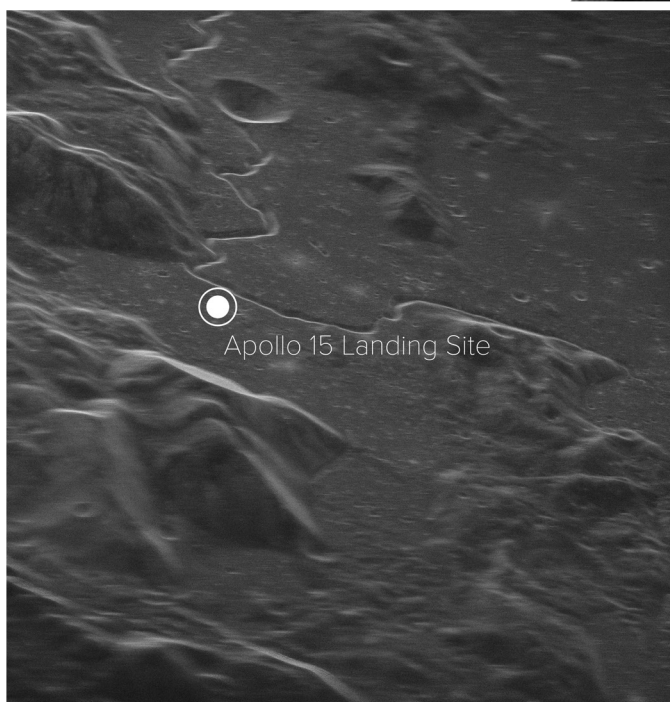


Exploration radar

Basé sur un communiqué NRAO

Des expériences ont été effectuées en novembre pour prouver qu'un nouveau système de radiotélescope peut capturer des images à haute résolution dans l'espace proche de la Terre. Le radio télescope géant de Green Bank (GBT) du GBO en Virginie occidentale – le plus grand radiotélescope entièrement orientable au monde – a testé un nouvel émetteur d'ondes radar. Le réseau VLBA (Very Long Baseline Array) de la NRAO a reçu le signal réfléchi et a produit des images du site d'alunissage d'Apollo 15.

Cet essai, qui a couronné deux années d'efforts, ouvre la voie à la conception d'un émetteur encore plus puissant (500 kilowatts) qui permettra une meilleure détection et de meilleures images radar des astéroïdes passant près de la Terre, des lunes des autres planètes jusqu'à Uranus et Neptune, et d'autres débris du Système solaire.



Cra
Co

**Image radar du site d'atterrissage d'Apollo 15 sur la Lune
aux pieds des Monts Apennins.
(Sophia Dagnello, NRAO/GBO/Raytheon/AUI/NSF/USGS)**



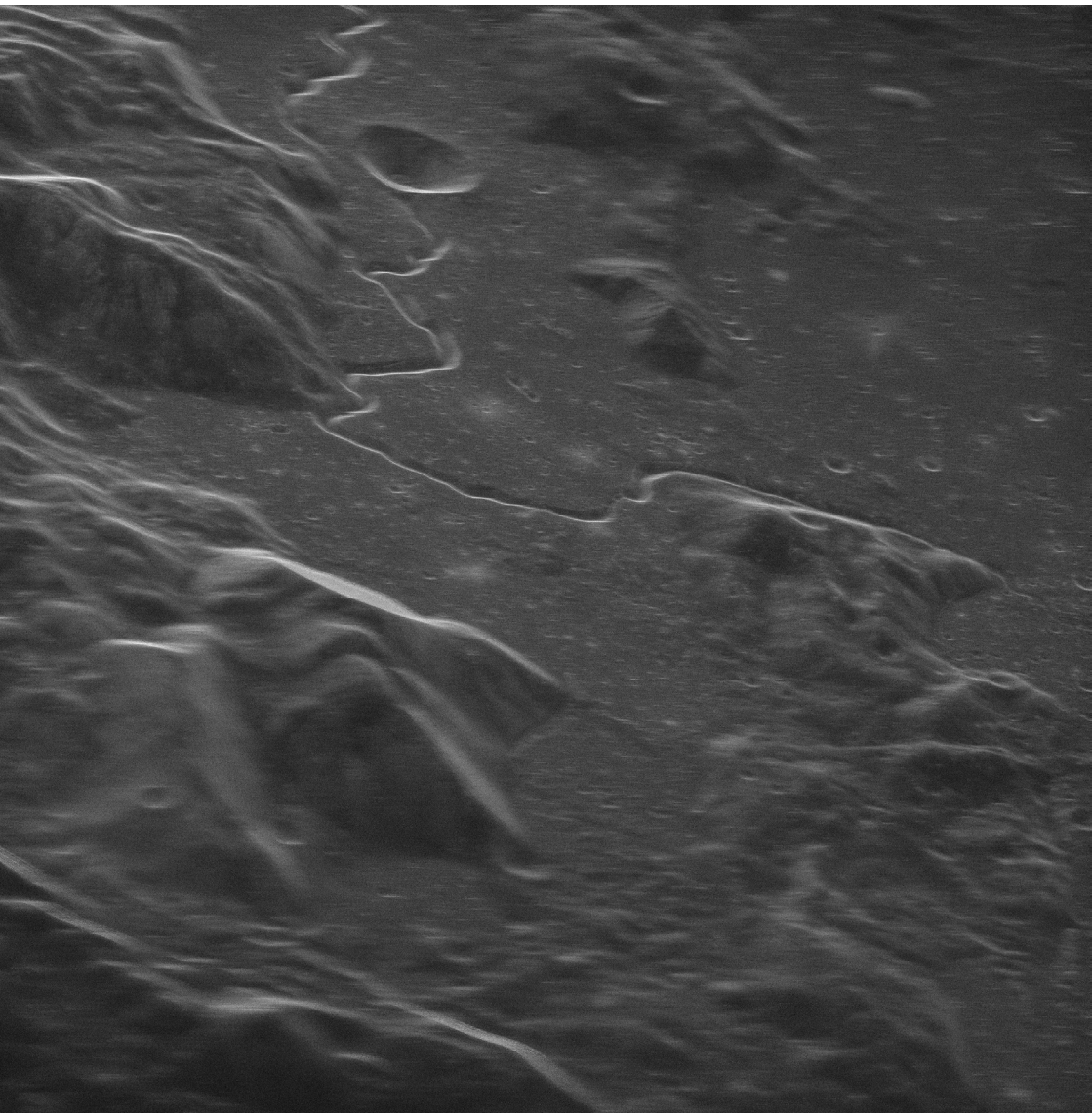


Image radar GBT-VLBA de la région où Apollo 15 a atterri en 1971. L'élément ressemblant à un serpent est Hadley Rille, un vestige de l'ancienne activité volcanique, probablement un tube de lave effondré. Le cratère au sommet, le long de la rainure, Hadley C, a un diamètre d'environ 6 kilomètres. Cette image montre des objets aussi petits que 5 mètres de diamètre. (NRAO/GBO/Raytheon/NSF/AUI)



Emplacements des antennes du réseau global VLBA (Very Long Baseline Array). Ces antennes peuvent recevoir les échos des émissions radar du GBT. (NRAO/AUI/NSF)



Le GBT (Green Bank Telescope) en West Virginia est le plus grand radiotélescope entièrement orientable du monde. Cette antenne est équipée d'un nouvel émetteur radar pour l'étude des objets du Système solaire. (NRAO/AUI/NSF)