



Astronomie dans le monde

© ESA/DLR/FU Berlin
CC BY-SA 3.0 IGO

Aspects de Mars

Basé sur des communiqués ESA

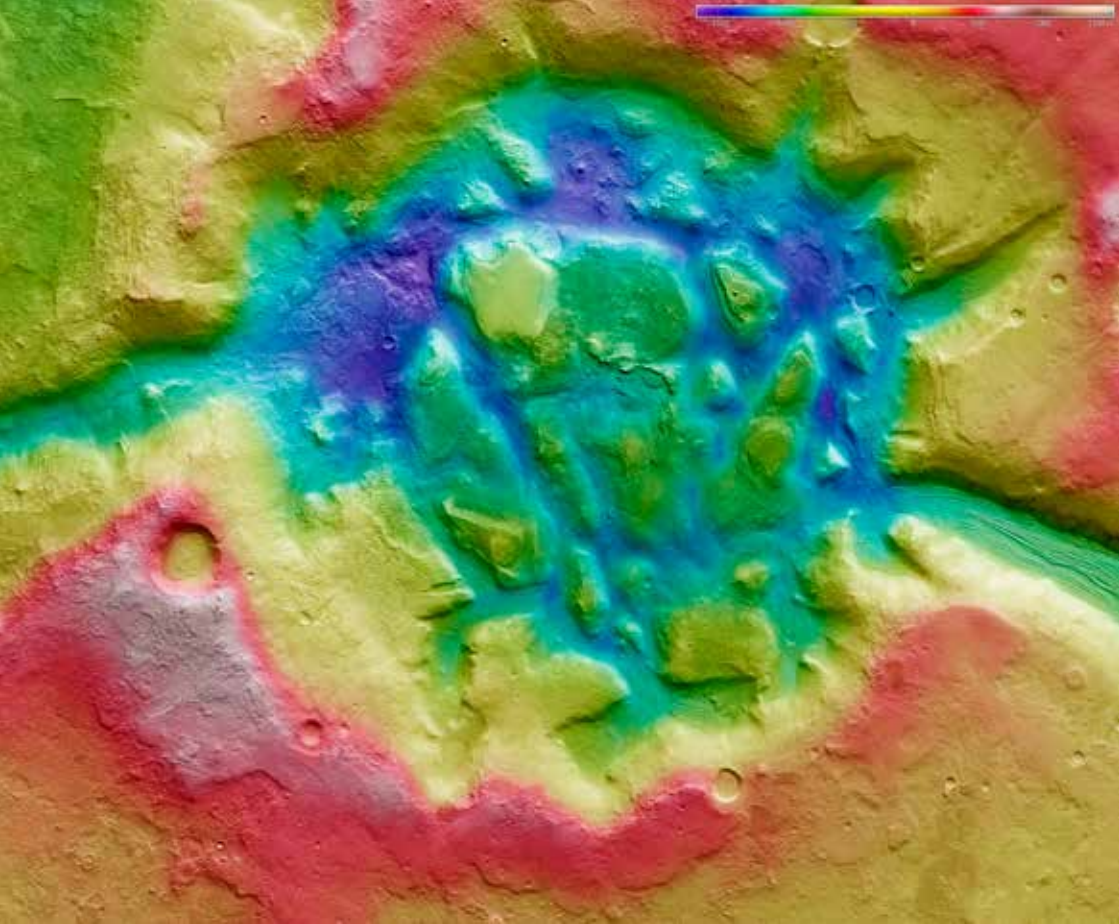
La morphologie et les caractéristiques de la surface martienne diffèrent considérablement selon l'endroit où l'on se trouve. La Planète rouge est effectivement composée de deux moitiés radicalement différentes. L'hémisphère nord de Mars est plat, lisse et, par endroits, se trouve quelques kilomètres plus bas que l'hémisphère sud. L'hémisphère sud, quant à lui, est fortement cratérisé et parsemé de poches d'activité volcanique passée.

Une zone de transition sépare les basses plaines du nord des hauts plateaux du sud. Cette zone se caractérise par un terrain accidenté et fragmenté là où le sol rugueux du sud cède la place à celui du nord, plus lisse.

L'image présentée ici a été obtenue par la caméra stéréo à haute résolution (HRSC) de Mars Express. Elle montre une telle zone de transition, les terres accidentées de Nilosyrtis Mensae.

Nilosyrtis Mensae a l'aspect d'un labyrinthe creusé par de nombreuses vallées. L'eau, le vent et la glace ont fortement affecté cette région, disséquant et érodant le terrain. Des changements sont visibles dans la géologie martienne : des vallées se sont formées au fil du temps et ont découpé la région, et des cratères d'impact se sont lentement dégradés, leurs parois et leurs caractéristiques s'étant progressivement effacées.

Le grand cratère situé à droite de l'image est un exemple de cette dégradation : il est lisse et arrondi, avec des parois peu pentues,



des bords adoucis et un fond plat qui a été élargi et rempli de sédiments qui se sont accumulés au cours des âges.

Cette usure évidente reflète à la fois l'âge avancé du cratère et les divers niveaux d'érosion depuis sa formation.

Ces processus d'érosion ont créé des collines arrondies et des « mesas » au sommet plat, visibles dans le cratère et dans toute la région. Ces collines se distinguent de leur environnement par leur isolement et contribuent à l'apparence fracturée du terrain.

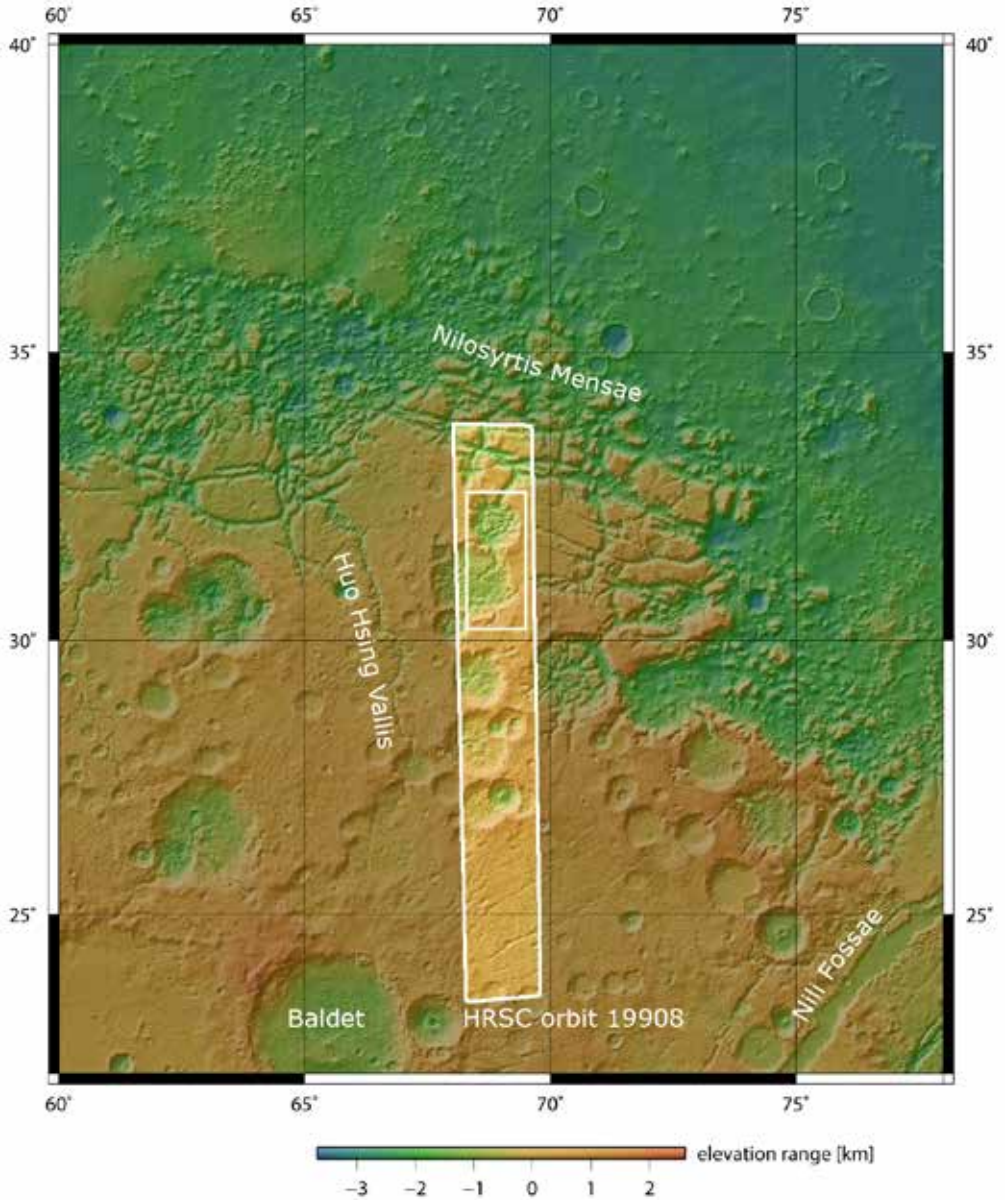
Les scientifiques s'intéressent à Nilosyrtris Mensae non seulement pour son emplacement dans cette étrange zone de transition entre le nord et le sud, mais aussi pour les secrets qu'elle pourrait receler sur l'histoire de l'eau sur Mars.

Cette image topographique montre la région martienne de Nilosyrtris Mensae et est basée sur les données recueillies par la caméra stéréoscopique à haute résolution de Mars Express, le 29 septembre 2019, lors de l'orbite 19908. Cette vue est basée sur un modèle numérique de terrain (MNT) de la région, à partir duquel la topographie du paysage peut être dérivée. Les zones basses sont représentées en bleu et en violet, tandis que les régions de plus haute altitude apparaissent en blanc, jaune et rouge, comme indiqué sur l'échelle du haut.

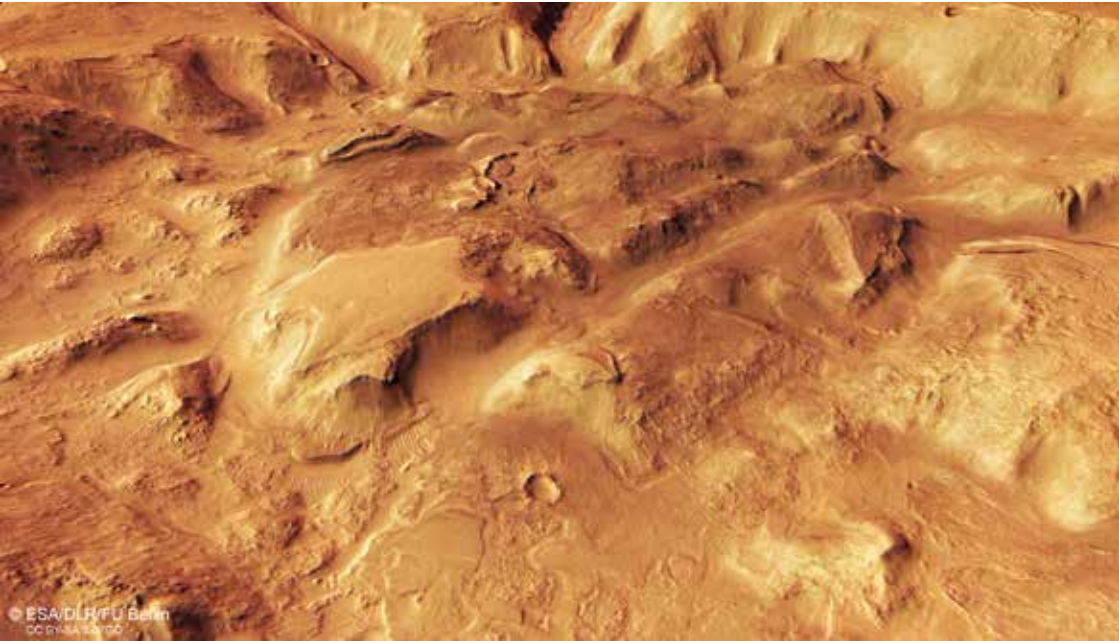
(Le nord est à droite.)

(NASA MGS MOLA Science Team)

Nilosyrtris Mensae



Environnement de Nilotrity Mensae. La région imagée par Mars Express le 29 septembre 2019 est mise en évidence. (NASA MGS MOLA Science Team)



Les observations de cette région par des missions telles que Mars Express ont révélé des crêtes, des rainures et d'autres textures de surface indiquant la présence de matériaux en mouvement – très probablement de la glace. Le climat et l'atmosphère de l'ancienne Mars permettaient à la glace et à la neige de s'accumuler et de se déplacer sur la surface de la planète.

On pense que des glaciers ont coulé dans les diverses vallées et sur les plateaux de cette région, en balayant une grande masse de débris. Ces glaciers ressemblaient à ceux de notre planète : soit des coulées glacées recouvertes de couches de boue et de sédiments, soit des mélanges fluides de glace, de boue, de neige mêlés de roches et de blocs plus gros.

L'étude et la caractérisation des différents processus en jeu à la surface de Mars est un objectif clé de Mars Express. Lancé en 2003,

*Autre vue de Nilosyrtis Mensae centrée approximativement sur 69°E/31°N. La résolution au sol est d'environ 15 mètres par pixel. L'image a été créée en utilisant les données des canaux « nadir » et « couleur » de la caméra stéréo haute résolution (HRSC). Le canal du nadir est aligné perpendiculairement à la surface de Mars, comme si on regardait directement la surface.
(NASA MGS MOLA Science Team)*

le vaisseau spatial est en orbite autour de la Planète rouge depuis plus d'une décennie et demie. Entre-temps, l'orbiteur à gaz traceur (TGO) ExoMars de l'ESA-Roscosmos s'est joint à lui en 2016, et sera bientôt suivi par le rover ExoMars Rosalind Franklin et la plateforme scientifique de surface qui l'accompagne, dont le lancement est prévu en 2022.

Connue pour ses étendues de dunes, texturées et aux pentes douces, la région de Terra Sabaea abrite de nombreuses caractéristiques géologiques fascinantes, dont le cratère Moreux qui est la star d'une nouvelle image fournie par l'orbiteur Mars Express de l'ESA.

Le cratère Moreux révèle de nombreux processus géologiques intéressants. Il se trouve à l'extrémité nord de Terra Sabaea, une vaste zone de la Planète rouge parsemée de cratères d'impact et couverte de coulées glaciaires, de dunes, de terrains accidentés et de réseaux de crêtes complexes.

Comparé à d'autres cratères d'impact sur Mars et sur Terre, le cratère Moreux semble assez irrégulier – le résultat d'une lente érosion tout au long de l'histoire martienne. L'ovale de son bord est discontinu, ses parois sombres

Le cratère Moreux (44°E/42°N) observé en octobre 2019 au moyen de la caméra HRSC (High Resolution Stereo Camera) dans les canaux couleur et nadir (perpendiculairement à la surface).

Le cratère Moreux a une profondeur d'environ trois kilomètres et s'étend sur 135 kilomètres. Les parois du cratère sont sombres, contrastant avec les teintes caramel des environs. Des dunes brun-noir foncé recouvrent le fond du cratère. On pense que les dunes sont constituées d'un sable riche en pyroxène et en olivine, des minéraux sombres.

(ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO)



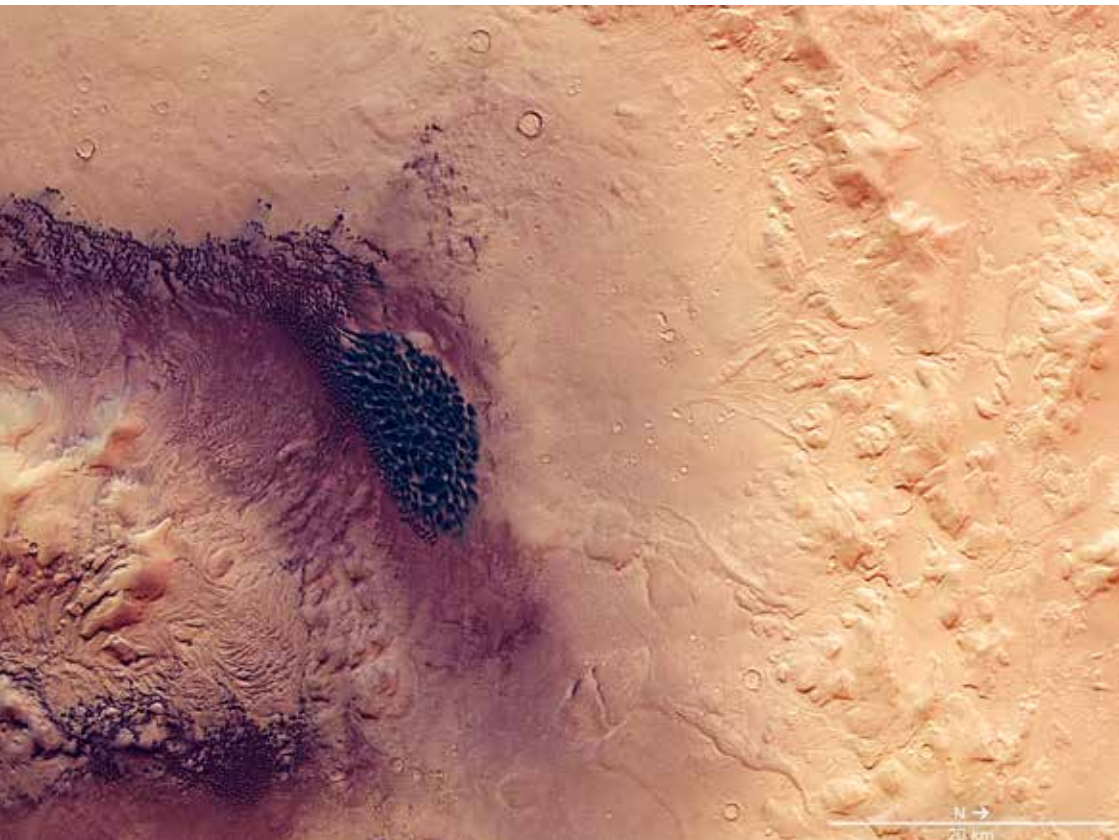
sont striées, et son centre présente un pic fragmenté, créé par le rebond et la remontée des matériaux du fond du cratère après l'impact initial. Il est difficile d'estimer la hauteur de ce pic depuis l'orbite, mais il semble bien atteindre deux kilomètres. Le cratère lui-même a une profondeur d'environ trois kilomètres et s'étend sur 135 kilomètres.

La gamme de couleurs des images comme celle-ci, prises par la caméra stéréo haute résolution de Mars Express, peut nous renseigner sur la composition de la surface de la planète. Dans le cas du cratère Moreux, les différences de couleur sont frappantes : alors que la zone environnante est d'une teinte caramel, les parois du cratère sont sombres et font penser à un anneau de cendres. Des dunes brun foncé et noires recouvrent le fond du cratère,

tandis que le sommet du pic central est d'un jaune-orange pâle. Des dépôts de matériaux projetés vers l'extérieur lors de l'impact qui a formé le cratère sont visibles à partir du bord du cratère, se décolorant et empiétant sur le terrain environnant plus clair.

La palette variée des couleurs reflète la diversité de composition géologique. On pense que les dunes à l'intérieur et autour du cratère contiennent un sable riche en pyroxène et en olivine, des minéraux mafiques (contenant du magnésium et du fer) formant la roche et caractérisés par leur aspect sombre.

On pense que les vents martiens ont balayé et rassemblé du sable et des cendres volcaniques basaltiques dans et autour du cratère.



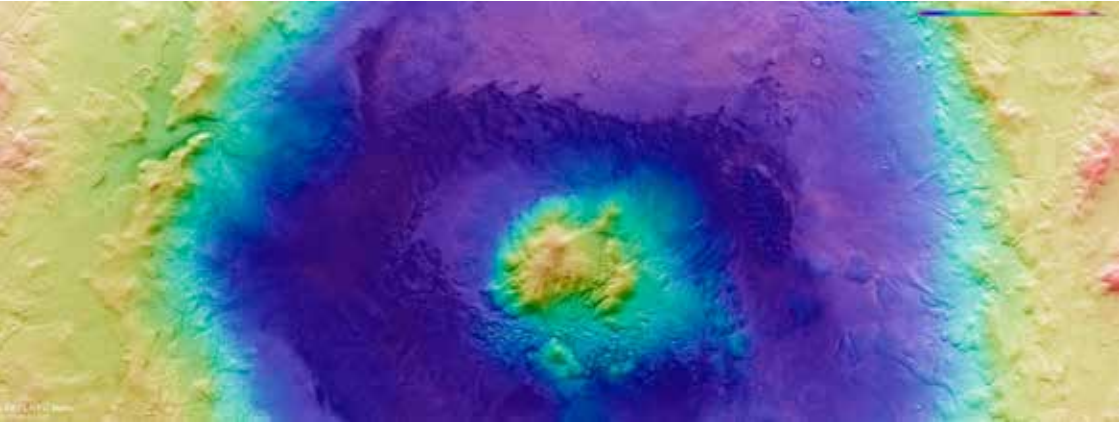
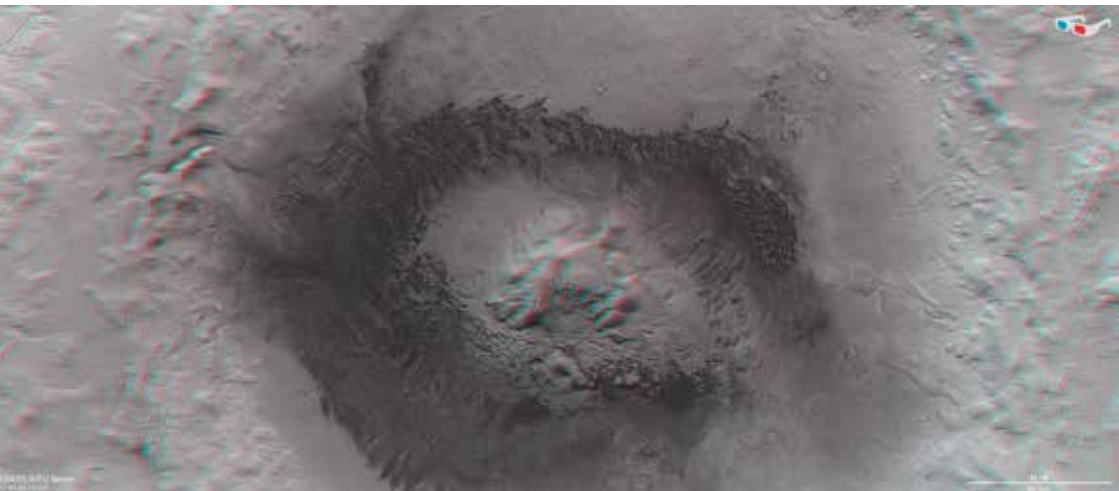


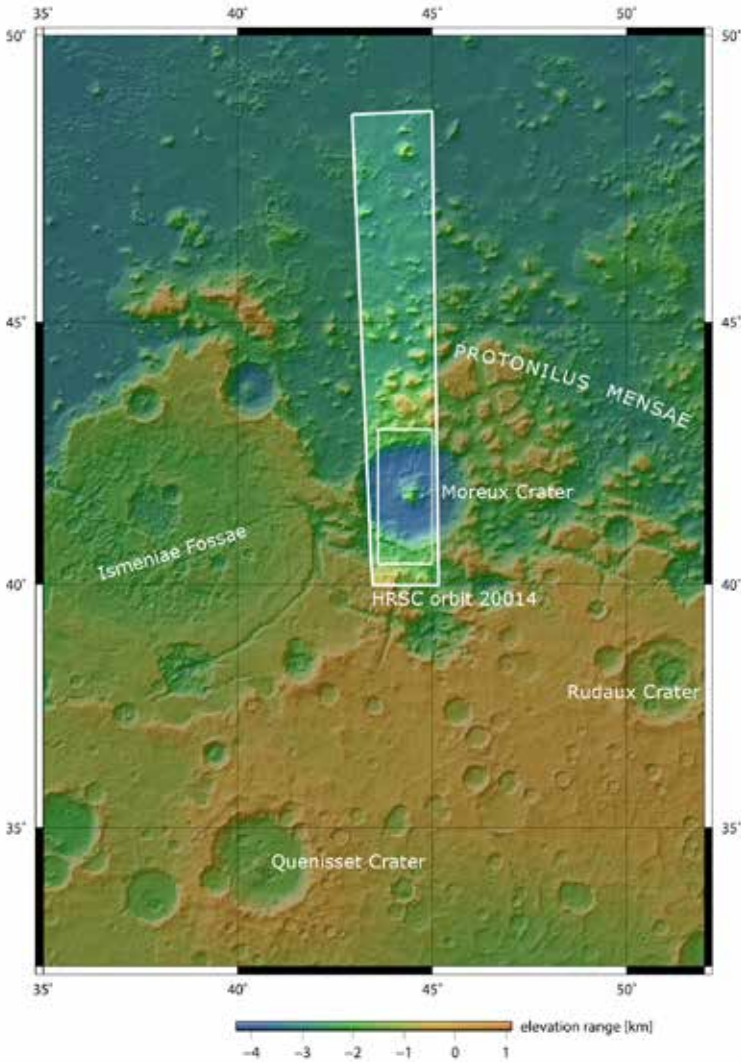
Image codée montrant la topographie du cratère Moreux et basée sur des données obtenues le 30 octobre 2019 par Mars Express. Les zones de faible altitude sont en bleu et violet. Les régions hautes en blanc, jaune et rouge.
(ESA/DLR/FU Berlin)

Anaglyphe du cratère Moreux. L'effet 3D demande l'utilisation de lunettes rouge/bleu.
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/03/Moreux_Crater_in_3D
(ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO, Space Science, Mars Express)

La roche basaltique est commune sur Mars ainsi que sur d'autres corps célestes. Elle est un élément clé des mers lunaires et les fait apparaître nettement plus sombres que les hautes terres.

De nombreux éléments, tels que les dunes et les coulées, entourant le pic central et la région sud du cratère Moreux (à gauche de l'image) semblent avoir été formés par la glace. On pense que cela s'est produit sous la forme d'importants épisodes d'activité glaciaire au cours des derniers millions d'années.





Contours des régions présentées dans les images précédentes. (NASA MGS MOLA Science Team)

De nombreux autres reliefs témoignent d'une érosion éolienne ou ont été formés par des processus liés au vent – notamment les dunes qui recouvrent le fond du cratère. Ces dunes sont en grande partie en forme de faucille (barkhanoïde), et révèlent beaucoup de choses sur la direction du vent dans et à travers le cratère.

À partir de l'orientation des dunes, les scientifiques ont déduit l'existence d'un

système complexe de vents dominants, probablement influencé par la topographie du cratère lui-même. Les dunes situées au nord et à l'est du pic central sont contrôlées par les vents venant du nord-est, tandis que les dunes situées à l'ouest du parc le sont par les vents du nord-ouest.

Ces vents transversaux créent la morphologie dunaire unique du cratère Moreux, ce qui ajoute à l'intérêt de l'endroit.

Demi-étoile pulsante

Basé sur un communiqué PennState

Une étoile qui ne pulse que d'un côté a été découverte dans la Voie lactée à environ 1 500 années-lumière de la Terre. C'est la première étoile de ce type à être découverte et l'on s'attend à trouver de nombreux autres cas semblables au fur et à mesure du perfectionnement des techniques de sismologie stellaire.

L'étoile HD74423 a une masse environ 1,7 fois supérieure à celle du Soleil et se distingue par une composition chimique particulière : elle est très pauvre en métaux, ce qui en fait un type rare d'étoile chaude.

Les étoiles pulsantes sont connues en astronomie depuis longtemps. Le Soleil danse à ses propres rythmes. Ces pulsations rythmiques de la surface stellaire se produisent chez les jeunes comme chez les vieilles étoiles et peuvent avoir des périodes longues ou courtes. Elles sont le fait d'une grande variété de forces et de causes différentes.

Depuis sa prédiction il y a une quarantaine d'années, le phénomène de pulsation unilatérale demandait une confirmation observationnelle. Cette confirmation est venue

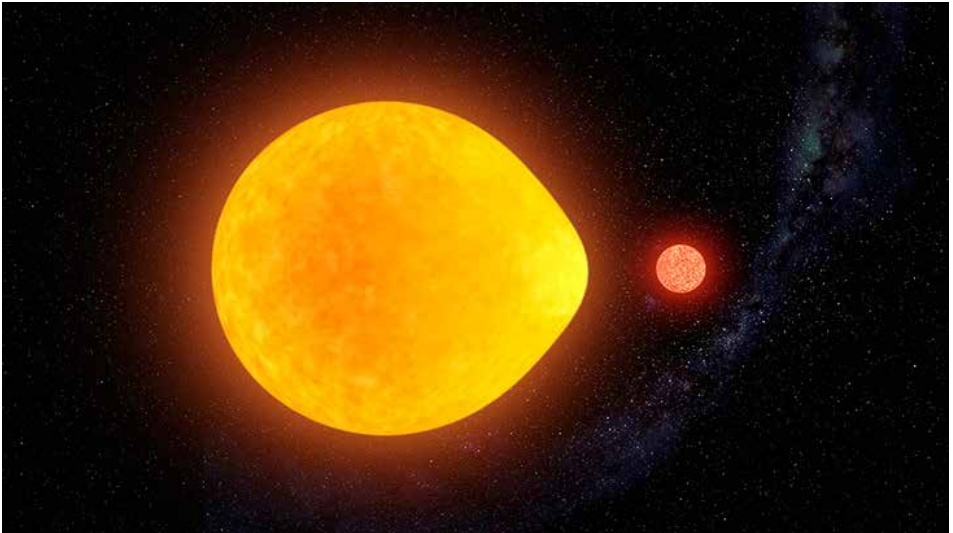
grâce à un programme citoyen visant à examiner les données publiques du satellite TESS de la NASA qui recherche des planètes autour d'étoiles lointaines.

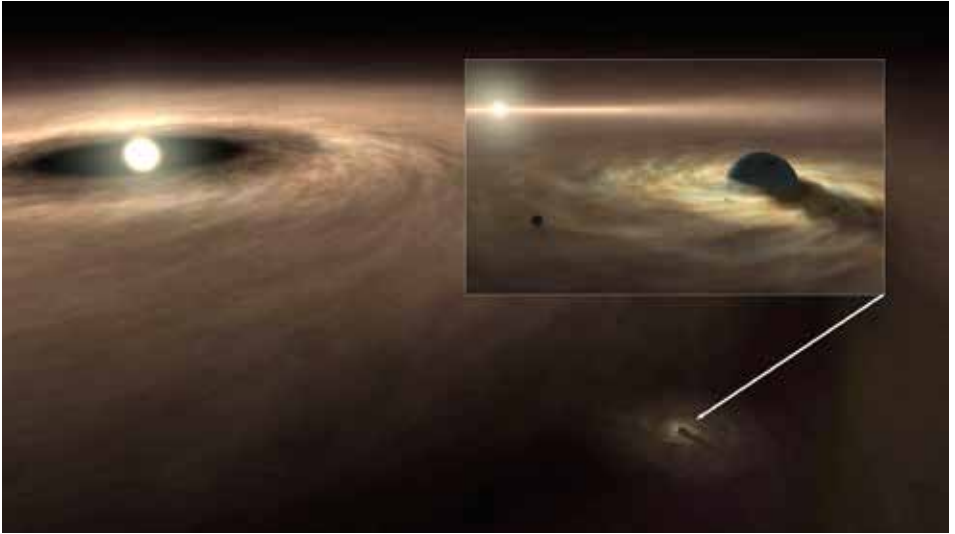
La raison de la pulsation inhabituelle de HD74423 est que l'étoile est couplée à une naine rouge. L'attraction de cette compagne proche déforme les oscillations.

La période orbitale du système binaire – moins de deux jours – est si courte que l'étoile la plus grosse est déformée en forme de goutte d'eau par la force gravitationnelle de sa compagne.

Les observations ont montré que l'amplitude des pulsations dépendait de l'angle d'observation de l'étoile et de l'orientation correspondante de l'étoile dans le système binaire. On voit tantôt le côté qui pointe vers l'étoile compagne et tantôt la face opposée. Cela a permis d'affirmer que les pulsations ne se manifestaient que d'un côté de l'étoile.

Un type d'étoile pulsant d'un seul côté a été découvert grâce au satellite TESS. L'étoile est influencée par une compagne proche. Impression d'artiste.
(Gabriel Pérez Díaz, IAC)





Zone de sécurité

Basé sur un communiqué CFCA

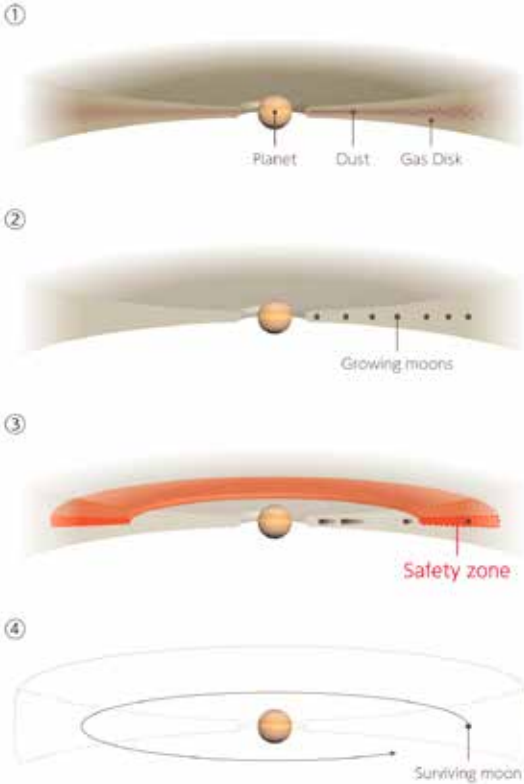
Les simulations numériques montrent que le gradient de température dans le disque circumplanétaire d'une jeune planète gazeuse pourrait jouer un rôle essentiel dans le développement d'un système de satellites dominé par une seule grande lune, comme Titan dans le système de Saturne. La poussière du disque peut créer une « zone de sécurité » empêchant la lune de tomber vers la planète au fur et à mesure de l'évolution du système.

Selon les théories généralement admises, de nombreuses lunes, et particulièrement les plus grosses, sont nées en même temps que leur planète mère. Elles se forment à partir du disque de gaz et de poussière qui entoure la planète. Mais les simulations effectuées jusqu'à maintenant indiquaient soit que toutes les grandes lunes devaient tomber sur la planète, soit que plusieurs grandes lunes subsistaient. La situation observée autour de Saturne, avec de nombreuses petites lunes mais une seule grande lune, ne correspond à aucun de ces modèles.

Impression d'artiste d'un satellite se formant dans le disque d'accrétion d'une planète naissante.
(Nagoya University)

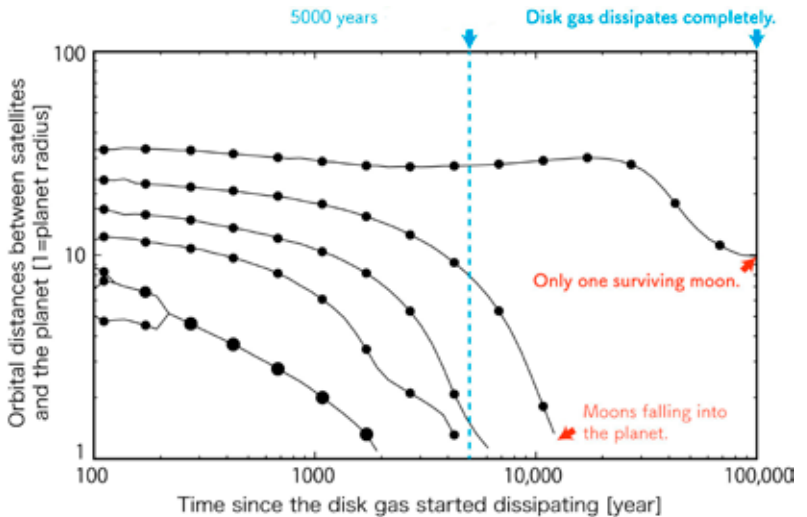
Le nouveau modèle de disque circumplanétaire inclut une distribution de température plus réaliste en considérant de multiples sources d'opacité, dont la poussière et la glace. Il tient compte de la migration orbitale des lunes et d'autres facteurs tels que la pression du gaz et la gravité des satellites. Les simulations montrent alors qu'il existe une zone de sécurité où une lune est repoussée de la planète. Dans cette zone, le gaz plus chaud à l'intérieur de l'orbite pousse le satellite vers l'extérieur et l'empêche de tomber vers la planète. On peut ainsi expliquer comment un système avec une seule grosse lune autour d'une planète géante peut se former, une étape importante pour comprendre l'origine de Titan.

S'il est difficile de prouver que Titan a réellement vécu ce processus, le nouveau scénario pourrait être validé par la recherche de satellites autour de planètes extrasolaires si de nombreux systèmes à une seule lune étaient découverts.



◀ *Un scénario pour la formation d'une seule grande lune. (1) Lors de la formation d'une planète, des poussières s'agglomèrent dans le disque d'accrétion qui l'entoure. (2) Les composants solides atteignent la taille du satellite. Les simulations numériques commencent à ce stade. (3) Les orbites des satellites changent progressivement sous l'influence du gaz. De nombreux satellites s'approchent progressivement de la planète et finissent par tomber vers elle. Un seul satellite, dont l'orbite est située dans une zone de sécurité, ne tombe pas mais maintient sa distance par rapport à celle-ci. (4) Lorsque le gaz du disque se dissipe, le satellite qui a survécu garde une orbite stable. (NAOJ)*

▼ *Simulations montrant le rayon de l'orbite de sept lunes hypothétiques semblables à Titan, en fonction du temps. La plupart de ces lunes s'engloutissent dans la planète. Une seule réussit à survivre jusqu'à la dissipation du disque. (Fujii & Ogihara, A&A, 2020)*



Naines brunes en éclipse

Basé sur un communiqué ULiège

Une équipe internationale, dont des chercheurs liégeois, a découvert un système binaire de naines brunes en éclipse, l'une d'entre elles passant devant l'autre à chaque orbite.

Les naines brunes sont ce que l'on appelle des objets sub-stellaires, c'est-à-dire qui se forment comme des étoiles mais qui ont une masse trop faible pour permettre la fusion nucléaire en leur cœur, le processus qui caractérise les étoiles normales. Si les scientifiques pensent que les naines brunes sont fort répandues dans l'Univers, elles restent difficiles à détecter à cause de leur faible luminosité.

Les observations ont été obtenues par les télescopes du projet SPECULOOS alors qu'ils étaient encore en phase de test. Les astronomes ont constaté une diminution de luminosité de la naine brune (2MASSW J1510478-281817) pendant environ 90 minutes, indiquant qu'un phénomène d'éclipse venait de se produire. Ce signal a permis aux chercheurs de conclure à la nature binaire de la naine brune.

L'hypothèse a été confirmée grâce à deux télescopes plus puissants : le Keck, un télescope de 10 mètres de diamètre situé à Hawaï et le VLT de 8 mètres de l'ESO situé au Chili, à quelques kilomètres de l'observatoire SPECULOOS-Sud.

L'observation d'éclipses mutuelles de naines brunes est extrêmement rare – un seul autre système similaire a été identifié, il y a



Speculoos observe des éclipses de naines brunes.
(University of Birmingham / Amanda J. Smith)

plus de 10 ans. Cette configuration permet aux astronomes de mesurer le rayon et la masse des objets sans devoir faire d'hypothèses. Leur âge – une information rarement disponible – a pu être estimé à environ 50 millions d'années.



Vue d'artiste de la naine brune WISE 0855 comme elle pourrait apparaître si on l'observait de près en lumière infrarouge.
(Joy Pollard, Gemini Observatory/AURA)

Gauchissement de la Voie lactée

Basé sur un communiqué ESA

Les astronomes se demandent depuis des années pourquoi notre galaxie, la Voie lactée, est déformée. Les données du satellite de cartographie stellaire Gaia de l'ESA suggèrent que cette distorsion pourrait être due à une collision en cours avec une autre galaxie, plus petite, qui envoie des ondes à travers le disque galactique comme lorsque l'on jette un caillou dans une mare.

C'est à la fin des années 1950 que l'on s'était aperçu que le disque de la Voie lactée – où résident la plupart de ses centaines de milliards d'étoiles – n'est pas plat mais quelque peu courbé vers le « haut » d'un côté et vers « le bas » de l'autre. Pendant des années la cause de cette distorsion a été débattue. Parmi les théories proposées on a suggéré l'influence du champ magnétique intergalactique ou les effets d'un halo de matière noire, une grande

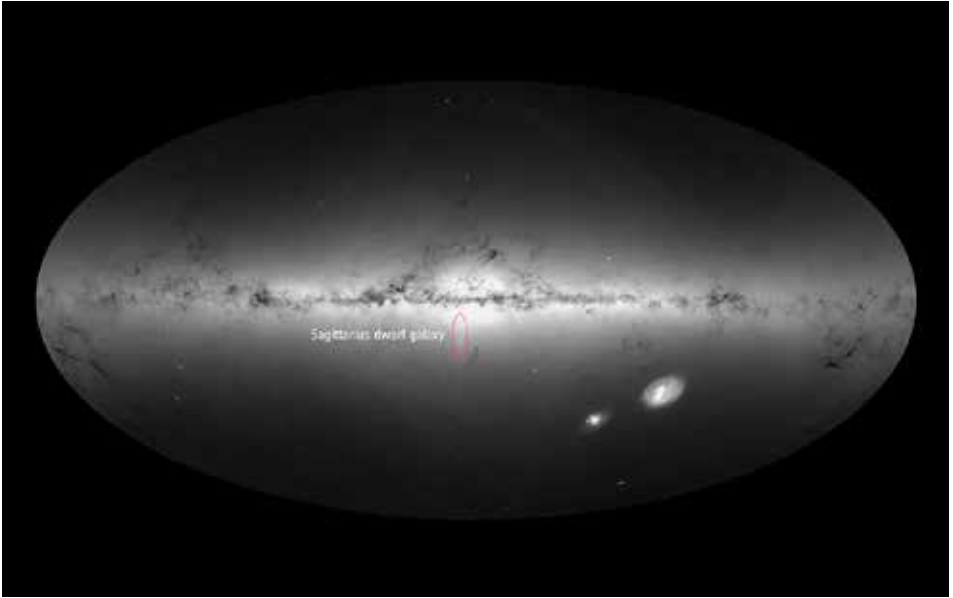
quantité de matière invisible qui devrait entourer les galaxies. Si un tel halo avait une forme irrégulière, sa force gravitationnelle pourrait faire fléchir le disque galactique.

Avec ses mesures de plus d'un milliard d'étoiles dans notre galaxie, Gaia pourrait détenir la clé pour résoudre ce mystère. Une équipe de scientifiques utilisant les données de la seconde publication de Gaia a maintenant confirmé les indices précédents selon lesquels ce gauchissement n'est pas statique mais change d'orientation au fil du temps. C'est un phénomène de précession et on pourrait le

Le disque galactique de la Voie lactée n'est pas parfaitement plat. Les données de la sonde Gaia de l'ESA fournissent de nouvelles informations sur le comportement de la distorsion et ses origines possibles.

Les deux plus petites galaxies dans le coin inférieur droit sont le Grand et le Petit Nuages de Magellan, deux galaxies satellites de la Voie lactée. (Gaia)





comparer à l'oscillation d'une toupie lorsque son axe tourne.

La vitesse de précession de la distorsion est beaucoup plus rapide que prévu – plus rapide que ne le permettrait le champ magnétique intergalactique ou le halo de matière noire. Cela suggère qu'il faut chercher un autre coupable, quelque chose de plus puissant, comme une collision avec une autre galaxie.

La période de précession autour du centre de la Voie lactée est estimée à 600 ou 700 millions d'années. Si elle est plus rapide que ce que prédisaient des modèles comme ceux qui examinent les effets du halo non sphérique, elle est cependant plus lente que la vitesse à laquelle les étoiles elles-mêmes orbitent autour du centre galactique. Le Soleil, par exemple, effectue une rotation en 220 millions d'années environ.

De telles connaissances n'ont été possibles que grâce à la capacité sans précédent de la mission Gaia de cartographier notre galaxie, la Voie lactée, en 3D, en déterminant avec précision la position de plus d'un milliard d'étoiles dans le ciel et en estimant leur distance par rapport à nous. Le télescope mesure

La galaxie naine du Sagittaire est un petit satellite de la Voie lactée. Elle laisse derrière elle une traînée d'étoiles arrachées par les forces de marée de notre galaxie. On la distingue difficilement comme une forme étirée pointant vers le bas sur cette carte de la densité des étoiles observées par la mission Gaia. Les scientifiques qui analysent les données de Gaia ont montré que notre galaxie subit encore les effets d'une quasi-collision qui a fait osciller des millions d'étoiles comme des vagues sur un étang. La rencontre rapprochée a probablement eu lieu il y a des centaines de millions d'années et la coupable pourrait être la galaxie naine du Sagittaire. (Gaia)

également la vitesse à laquelle chaque étoile se déplace dans le ciel, ce qui permet aux astronomes de jouer le film de l'histoire de la Voie lactée, en avançant et en reculant dans le temps sur des millions d'années.

En mesurant les mouvements apparents de millions d'étoiles dans le ciel, on parvient à modéliser des processus à grande échelle tels que le mouvement de la distorsion.

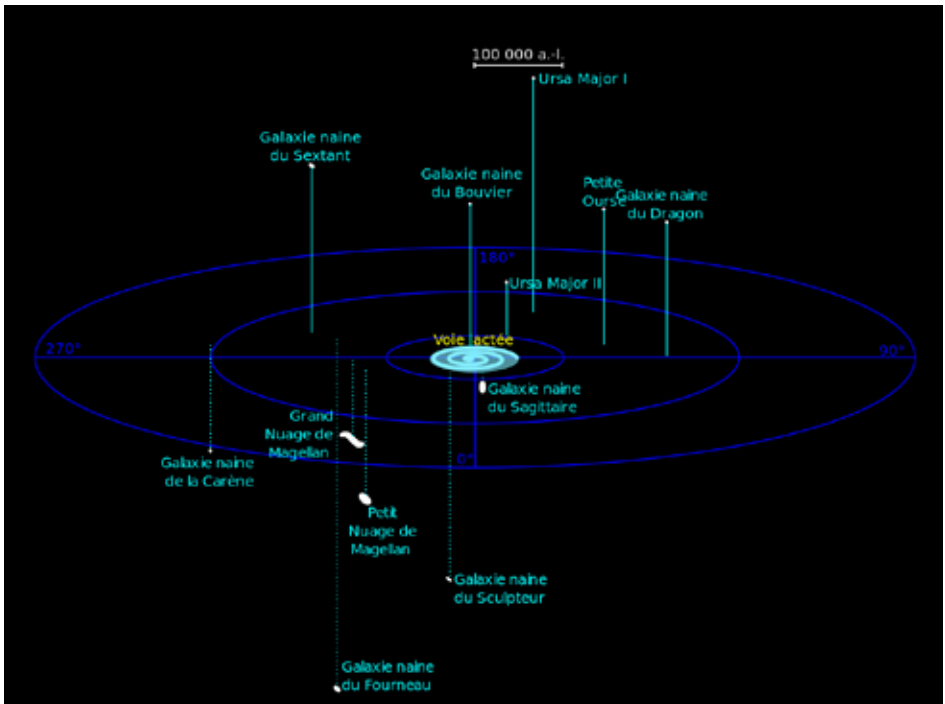
Les astronomes ne savent pas encore quelle galaxie pourrait être à l'origine de la déformation ni quand la collision a commencé. L'une des prétendantes est la galaxie naine du Sagittaire, une galaxie naine en orbite autour de la Voie lactée, qui aurait traversé le disque galactique de la Voie lactée à plusieurs reprises dans le passé. Les astronomes pensent que la galaxie naine du Sagittaire sera progressivement absorbée par la Voie lactée, un processus qui est déjà en cours.

Gaia a déjà découvert des indices de collisions passées entre la Voie lactée et d'autres galaxies en identifiant les mouvements d'ensemble de grands groupes d'étoiles des

milliards d'années après que les événements se sont produits.

Pendant ce temps, le satellite, actuellement dans la sixième année de sa mission, continue à scruter le ciel et un consortium européen s'occupe de traiter et d'analyser les données qui continuent à affluer vers la Terre. Les astronomes du monde entier attendent avec impatience les deux prochaines publications de données de Gaia, prévues respectivement pour la fin de l'année 2020 et la seconde moitié de l'année 2021, afin de s'attaquer à d'autres mystères de notre galaxie.

*Les galaxies satellites de la Voie lactée.
(Wikipedia)*



Expansion de l'Univers

Selon un communiqué de l'université de Genève

La Voie lactée et les milliers de galaxies les plus proches de nous se déplacent dans une vaste « bulle » de 250 millions d'années-lumière de diamètre où la densité moyenne de la matière est deux fois moins élevée que dans le reste de l'Univers. C'est l'hypothèse avancée pour résoudre une énigme qui divise la communauté scientifique depuis une décennie : à quelle vitesse l'Univers s'étend-il ? Jusqu'à présent, au moins deux méthodes de calcul indépendantes ont permis d'obtenir deux valeurs qui diffèrent d'environ 10% avec un écart statistiquement irrécyclable. Cette nouvelle approche efface cette divergence sans faire appel à une « nouvelle physique ».

L'hypothèse de l'expansion de l'Univers a été émise par le chanoine et physicien belge Georges Lemaître et démontrée par Edwin Hubble. L'astronome américain a découvert en 1929 que toutes les galaxies s'éloignent de nous et que les galaxies les plus éloignées se déplacent le plus rapidement. Cela suggère qu'il y a eu une époque dans le passé où toutes les galaxies étaient situées au même endroit, une époque qui ne peut correspondre qu'au Big Bang. Ces recherches ont donné naissance à la loi de Hubble-Lemaître, dont la constante H_0 (dite de Hubble) indique le taux d'expansion de l'Univers. Les meilleures estimations de H_0 se situent actuellement autour de 70 kilomètres par seconde et par mégaparsec, ce qui signifie que la vitesse d'expansion augmente de 70 kilomètres par seconde tous les 3,26 millions d'années-lumière.

Le problème est qu'il existe deux méthodes de calcul contradictoires. La première est basée sur le fond cosmique de micro-ondes. Il s'agit du rayonnement micro-ondes qui nous parvient de partout, émis au moment où l'Univers est devenu suffisamment froid pour que la lumière puisse circuler librement (environ 370 000 ans après le Big Bang). En utilisant les données précises fournies par la mission spatiale Planck, et compte tenu du fait que l'Univers est homogène et isotrope, une valeur de 67,4 est obtenue pour H_0 en utilisant

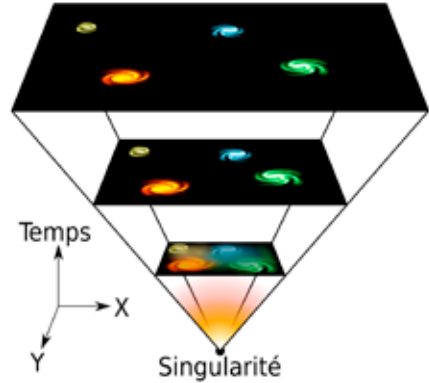


Illustration simplifiée de l'évolution d'une « tranche » d'espace.
(Waterced, CC BY-SA 4.0)

la théorie de la relativité générale d'Einstein. La seconde méthode de calcul est basée sur les supernovæ qui apparaissent sporadiquement dans les galaxies lointaines. Ces événements très brillants fournissent à l'observateur des distances très précises, une approche qui a permis de déterminer une valeur de 74 pour H_0 .

Pour réduire cet écart une nouvelle hypothèse a été émise. Si nous étions dans une sorte de gigantesque bulle où la densité de la matière serait nettement inférieure à la densité connue pour l'ensemble de l'Univers, cela aurait des conséquences sur les distances des supernovæ et, en fin de compte, sur la détermination de H_0 .

Il suffirait que cette « bulle de Hubble » soit suffisamment grande pour inclure la galaxie qui sert de référence pour mesurer les distances. Avec un diamètre de 250 millions d'années-lumière et une densité moyenne inférieure de 50% à celle du reste de l'Univers, on obtiendrait une nouvelle valeur pour la constante de Hubble, qui serait alors en accord avec celle obtenue en utilisant le fond cosmique de micro-ondes. La probabilité estimée d'une telle fluctuation est de 1 sur 20 à 1 sur 5, ce qui signifie que ce n'est pas un fantasme de théoricien ; il y a beaucoup de régions comme celle-là dans le vaste Univers.



**Impression
d'artiste montrant
la face nocturne
de l'exoplanète
WASP-76b. De forts
vents y charrient
la vapeur de fer
depuis l'hémisphère
éclairé. Cette vapeur
se condense en
gouttelettes de fer.
(ESO/
M. Kornmesser)**

WASP-76b

Basé sur un communiqué ESO

Grâce au Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, des chercheurs ont observé une planète qui semble sujette à des pluies métalliques. La planète, baptisée WASP-76b, se situe à 640 années-lumière dans la constellation des Poissons.

La face éclairée de cette exoplanète géante et ultra-chaude voit sa température de surface grimper au-delà des 2400 degrés Celsius, ce qui suffit à vaporiser les métaux dont elle est constituée. Des vents violents transportent la vapeur de fer sur la face opposée, située dans l'ombre, où elle se condense en gouttelettes de fer.

Cet étrange phénomène s'explique par le fait que cette planète présente toujours la même face, son côté jour, à son étoile. Comme la Lune sur son orbite autour de la Terre, la rotation de WASP-76b est verrouillée par la gravitation : sa période de rotation autour de son axe équivaut à sa période de révolution autour de l'étoile. La face nocturne demeure donc constamment dans l'obscurité.

La planète reçoit de l'étoile un rayonnement des milliers de fois supérieur à celui que la Terre capte du Soleil. Cela se traduit par une température de surface élevée, la

dissociation des molécules en atomes et l'évaporation des métaux tels que le fer dans l'atmosphère. Le gradient de température entre les faces sombre et éclairée génère des vents violents qui transportent la vapeur de fer du côté diurne ultra-chaud vers la face nocturne caractérisée par une température voisine de 1 500 degrés Celsius.

Ce gradient de température entre les faces sombre et éclairée de WASP-76b s'accompagne d'une différence de chimie entre le jour et la nuit, rapporte la nouvelle étude. C'est grâce à ESPRESSO, un instrument nouvellement installé sur le VLT de l'ESO dans le désert chilien de l'Atacama, que les astronomes ont pu mettre en évidence l'existence de ces variations chimiques. Ils ont ainsi détecté la forte signature de vapeur de fer à la frontière qui sépare les faces diurne et nocturne de la planète (mais d'un seul côté). Il s'ensuit qu'il doit pleuvoir du fer sur la face sombre de cette exoplanète extrême.

Les observations indiquent que la vapeur de fer est abondante dans l'atmosphère surplombant la face éclairée – de température élevée – de WASP-76b. Une fraction de ce fer se trouve injectée du côté nocturne sous l'effet de la circulation atmosphérique. À la rencontre de cet environnement plus froid, le fer se condense et retombe sous forme de pluie.

DS Tuc Ab

Basé sur un communiqué Carnegie Science

Un nouveau type d'observation astronomique allié à une modélisation sophistiquée ont permis de révéler l'histoire possible de l'évolution d'une exo-Neptune bébé, DS Tuc Ab. Les astronomes ont pu estimer l'inclinaison orbitale de cette planète âgée de moins de 45 millions d'années, soit environ 1/100 de l'âge du Système solaire.

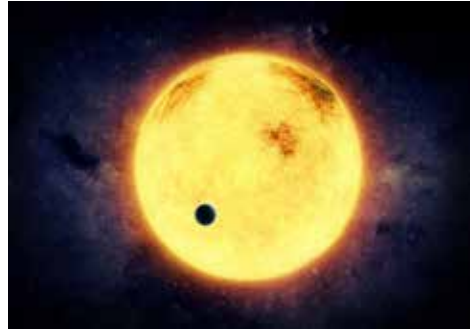
Beaucoup de choses peuvent se produire entre le moment où une planète se forme et celui où nous la voyons. La grande majorité des planètes connues sont déjà matures et nous ne savons pas comment elles étaient dans leur jeunesse.

DS Tuc Ab est une Neptune chaude, qui tourne avec une période de huit jours autour d'une étoile dans un système binaire.

En 45 millions d'années, le disque circumstellaire de gaz et de poussière à partir duquel la planète s'est formée a eu le temps de se dissiper mais on pensait que le système était encore trop jeune pour que des perturbations extérieures aient pu modifier son orbite.

DS Tuc Ab a été découverte en 2019 grâce aux données de la mission TESS de la NASA. Peu après, les chercheurs ont commencé à observer la planète à l'aide du spectrographe Planet Finder du télescope Magellan Clay à l'observatoire Carnegie de Las Campanas au Chili. Leur objectif était de déterminer si la nouvelle planète avait connu des interactions dynamiques chaotiques dans son passé. Les astronomes trouvent souvent des planètes autour d'autres étoiles sur des orbites très différentes de celles que l'on observe dans le Système solaire. Certaines parcourent des orbites polaires, voire rétrogrades, à cause des perturbations des planètes extérieures.

Pour répondre à cette question, les chercheurs ont observé DS Tuc Ab, alors qu'elle passait devant son étoile hôte, pour mesurer l'effet que la planète avait sur l'éclat de l'étoile. La courbe de lumière lors du transit peut nous renseigner sur l'alignement de l'orbite.



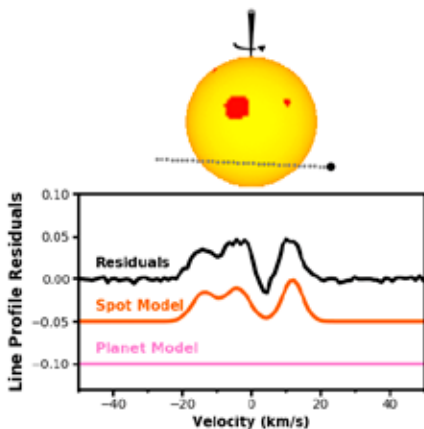
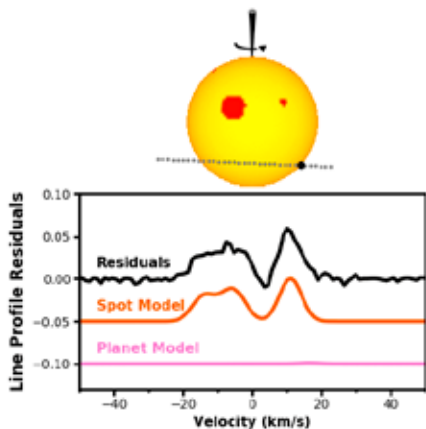
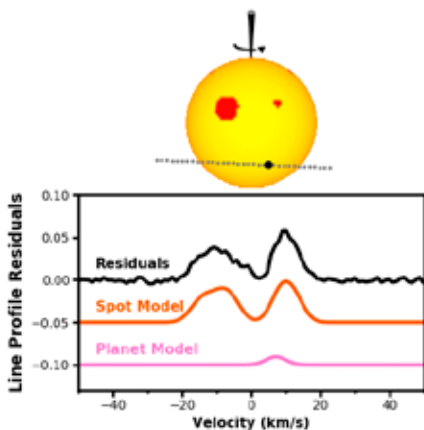
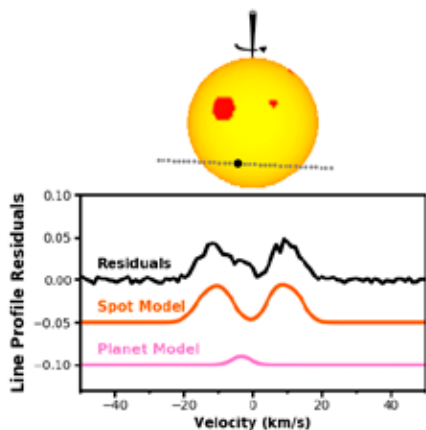
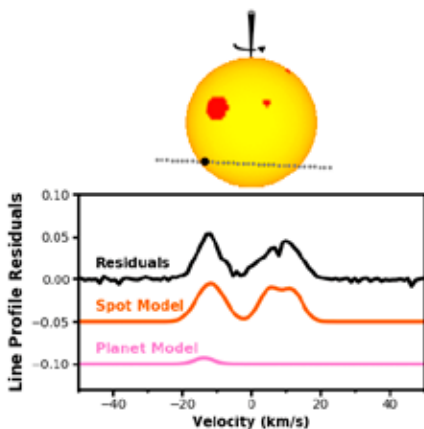
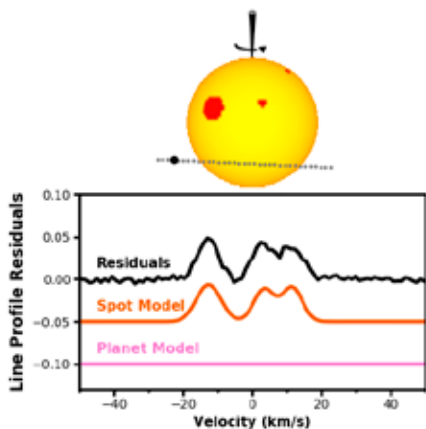
Vision d'artiste de l'étoile DS Tuc A avec, en transit, la planète la plus jeune pour laquelle l'obliquité de l'orbite a pu être mesurée.

La nouvelle technique utilisée pour cette étude pourrait permettre d'élucider les premiers stades de la vie de la planète. (M. Weiss, CfA)

Cependant, l'abondance de taches stellaires sur l'étoile hôte de DS Tuc Ab a rendu cette mesure très difficile. Pour relever le défi et caractériser la planète et le système stellaire, les scientifiques ont développé une technique pour suivre la planète dans son orbite. Ils ont modélisé simultanément la façon dont la planète bloquait la lumière à la surface de l'étoile et la façon dont les taches froides de l'étoile modifiaient sa luminosité.

À l'avenir, cette technique permettra aux astronomes de mieux comprendre le comportement des planètes dans leur enfance, en particulier la façon dont les Neptunes chaudes se déplacent ou se forment si près de leur étoile hôte. La jeunesse de DS Tuc Ab signifie qu'elle ne s'est probablement pas formée loin pour être ensuite poussée plus près de l'étoile par une collision ou une autre force extérieure. Mais son inclinaison orbitale relativement faible indique qu'elle n'a pas non plus été amenée dans cette position par l'interaction avec la compagne de son étoile hôte.

Page suivante : illustration de la courbe de lumière d'un transit devant DS Tuc A. (M. Weiss, CfA)



Comète 67P/Churyumov-Gerasimenko

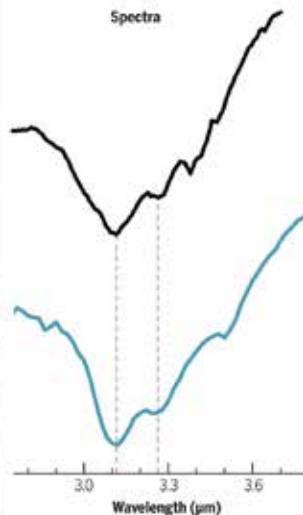
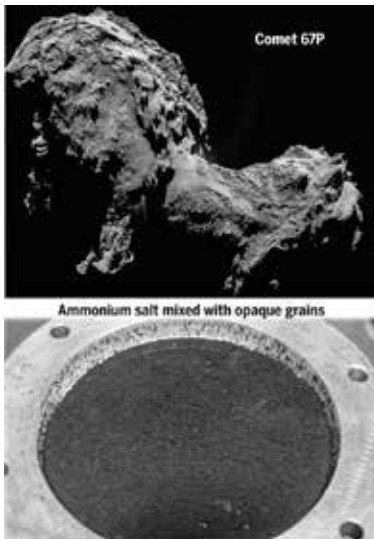
Basé sur un communiqué CNRS

En comparant les spectres mesurés par l'instrument VIRTIS de la sonde Rosetta avec ceux de comètes artificielles, des chercheurs ont pu identifier des sels d'ammonium à la surface de la comète 67P. C'est la première fois que de tels composés riches en azote sont identifiés sur une comète.

Les comètes et astéroïdes sont les objets les plus primitifs du Système solaire, ayant évolué depuis la formation des planètes. Ils sont en quelque sorte les archives du Système solaire. Déchiffrer leur composition pourrait donc permettre de mieux comprendre comment les planètes se sont formées. L'observation de la lumière du Soleil réfléchie par la surface des comètes et astéroïdes est un des moyens d'estimer leur composition, car les matériaux présents à leurs surfaces absorbent cette lumière à des longueurs d'onde spécifiques. Entre 2014 et 2016, le spectro-imageur VIRTIS (Visible, InfraRed and Thermal Imaging Spectrometer) de la sonde Rosetta de l'Agence spatiale européenne (ESA) a révélé que la surface du noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko

est presque entièrement uniforme en termes de composition. Très sombre et de couleur rougeâtre, en raison de composés carbonés complexes et de minéraux opaques, le spectre de cette comète possède aussi un massif d'absorption dans l'infrarouge, vers 3,2 μm , lié à la présence de composés dont la nature exacte était jusqu'alors difficile à établir.

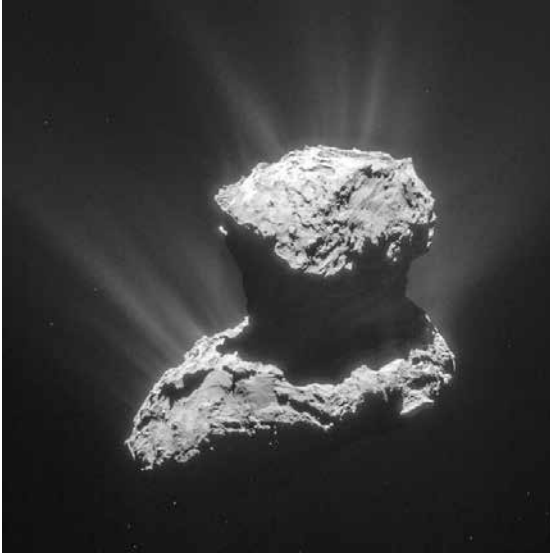
Pour déterminer quels composés sont à l'origine de ces absorptions, les chercheurs ont effectué des expériences de laboratoire consistant à fabriquer et à mesurer les spectres de comètes artificielles. De fines particules de glace d'eau contenant des grains de minéraux opaques ainsi que des molécules organiques ou des sels d'ammonium ont d'abord été produites. Puis ces particules de glace ont été placées dans une chambre de simulation reproduisant les conditions de température (environ -100°C) et de vide spatial régnant à la surface d'une comète. Soumise à ces conditions, la glace d'eau se sublime, passant de l'état solide à gazeux, et les impuretés (les autres molécules et minéraux) forment un résidu poreux de grains très fins et de texture analogue à une surface cométaire. En comparant le spectre de la lumière réfléchie par ces surfaces cométaires artificielles contenant des sels d'ammonium



Comparaison du spectre de la comète artificielle contenant du sel d'ammonium (en bleu) avec le spectre de la surface de la comète 67P (en noir). Le noyau de la comète mesure environ 4 km.

La comète artificielle est produite au laboratoire dans un récipient de 5 cm de diamètre (image en bas à gauche).

(ESA/Rosetta/NAVCAM – CC BY-SA IGO; Poch et al., 2020)



La surface de la comète 67P est constituée d'un mélange de matière organique, de minéraux et de sels d'ammonium. Cette image, obtenue le 25 mars 2015 par la caméra de navigation de la sonde Rosetta, montre le noyau cométaire d'environ 4 km de long. Il est entouré de jets constitués de grains de poussière projetés par les gaz émis suite au chauffage des glaces présentes dans le noyau lorsque la comète se rapproche du Soleil. (ESA/Rosetta/NAVCAM – CC BYSA IGO 3.0)

avec celui de la surface de la comète 67P mesuré par VIRTIS, les chercheurs ont identifié ces sels (par exemple le formate d'ammonium, $\text{NH}_4^+\text{HCOO}^-$) comme étant les principaux responsables du massif d'absorption vers $3,2\ \mu\text{m}$ observé sur le noyau cométaire. C'est la première fois que des sels d'ammonium, riches en azote, sont observés sur un noyau cométaire. La plupart des observations précédentes des gaz et poussières cométaires suggéraient que les comètes étaient appauvries en azote (relativement au carbone) par rapport au Soleil pour une raison mal comprise. L'une des explications possibles serait l'existence d'un réservoir encore inconnu d'azote sur les comètes. Cette nouvelle étude suggère que les sels d'ammonium pourraient être ce réservoir. Bien que la quantité exacte de sel reste difficile à estimer à partir des données existantes, il est probable que ces sels azotés contiennent la majeure partie de l'azote présent dans la comète 67P, le reste de l'azote étant distribué dans la matière organique des poussières et les composés volatils constituant les glaces. De plus, des observations précédentes de hausses de concentration des gaz de NH_3 et HCN émis par certaines comètes passant près du Soleil pourraient s'expliquer par la dégradation ther-

mique de sels d'ammonium présents dans la poussière cométaire. Les implications de cette découverte vont au-delà des seules comètes. En effet, plusieurs astéroïdes de la ceinture principale et plusieurs astéroïdes de Jupiter ainsi que sa petite lune Himalia possèdent des spectres similaires à la comète 67P qui pourraient aussi être dus à des sels d'ammonium à leur surface. D'autre part, la planète naine Cérès est recouverte de roches de type phyllosilicates ammoniacés qui pourraient avoir été formées à partir de sels d'ammonium hérités d'objets semblables à la comète 67P. Enfin, la découverte de sels d'ammonium sur une comète, objet primitif du Système solaire, apporte un éclairage nouveau sur l'incorporation et l'évolution de l'azote, du milieu interstellaire aux petits corps et planètes. En effet, ces sels pourraient jouer des rôles encore insoupçonnés dans la chimie de l'azote à chaque phase du cycle cosmique de la matière : dans les manteaux de glaces des grains de poussière pré-stellaire ou protoplanétaire où ces sels commencent peut-être à se former, lors de la coagulation des grains pour former les planétésimaux, ou encore pour l'apport d'azote sur les planètes et le développement potentiel d'une chimie prébiotique.

La famille des novæ

Dans les années 80 on avait émis l'hypothèse que le phénomène explosif de nova était suivi d'une longue phase d'hibernation de centaines de milliers d'années pendant laquelle l'étoile reconstituait ses réserves jusqu'à ce qu'elle explose à nouveau. Une nouvelle étude a permis de confirmer cette prédiction en mettant en lumière de nouveaux détails.

Les novæ que nous observons ne représentent que la partie émergée de l'iceberg, quelques pour cent de ces variables cataclysmiques, le reste étant en repos.

Dans une binaire cataclysmique une étoile naine rouge est cannibalisée par une étoile morte, une naine blanche. Celle-ci accrète une couche critique d'hydrogène aux dépens de sa compagne. Lorsque la pression atteint un certain seuil, la fusion des noyaux d'hydrogène entraîne une violente explosion thermonucléaire. La naine blanche peut devenir un million de fois plus lumineuse que le Soleil pendant une période qui peut durer de quelques jours à quelques mois.

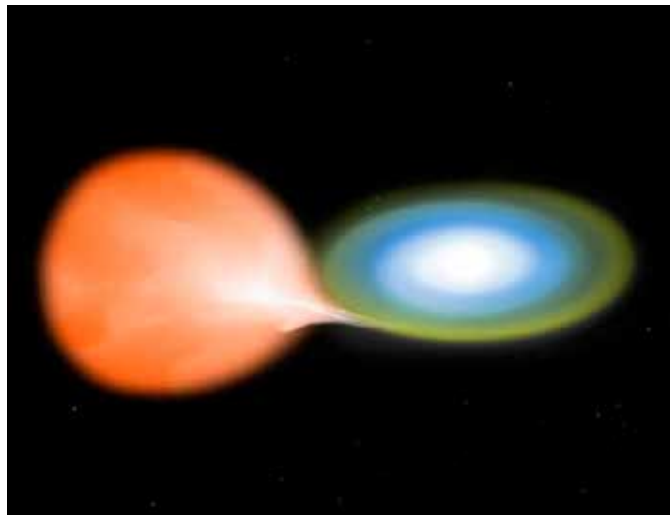
Pour cette nouvelle étude, les astronomes ont réalisé un ensemble de simulations pour suivre des milliers d'éruptions de novæ et leurs effets sur leurs compagnes naines rouges. L'objectif est de montrer que l'évolution des systèmes binaires cataclysmiques est cyclique et qu'elle est déterminée par la rétroaction entre les deux étoiles. Un tel travail eût été impossible faute de puissance de calcul suffisante il y a 30 ou même 10 ans.

*Vue d'artiste d'un système binaire composé d'une naine blanche (à droite) capturant l'hydrogène d'une compagne, structure pouvant donner lieu à une nova.
(NASA/CXC/M.Weiss)*

Ils ont découvert que les binaires cataclysmiques n'alternent pas toute leur vie entre les quatre états de nova, « nova-like », « nova naine » (deux espèces de novæ partageant certains caractères des novæ en moins excessif) et binaire détachée. Les jeunes binaires, pendant les premiers pour cent de leur vie, n'alternent qu'entre les états de type nova et nova-like. Ensuite, pendant les 10 % suivants de leur vie, les binaires alternent entre trois états : nova, nova-like et nova naine. Ce n'est que dans les 90 % restants de leur vie qu'elles passent continuellement par les quatre états.

En outre, l'étude a montré que presque toutes les novæ que nous observons aujourd'hui se produisent vers le début de la vie d'un système binaire, par opposition à la fin, à un rythme d'environ une fois tous les 10 000 ans plutôt qu'une fois tous les quelques millions d'années.

Statistiquement, cela signifie que les systèmes que nous observons – ceux qui se déclenchent tout le temps – sont des nouveaux-nés et ne comptent que pour environ 5% du total des binaires. La grande majorité se trouvent dans l'état détaché et ils étaient ignorés parce que faibles et communs.



Astéroïde 2020 BX12

Les scientifiques de l'observatoire d'Arecibo à Porto Rico ont découvert une lune en orbite autour de l'astéroïde 2020 BX12. Cet astéroïde peut s'approcher relativement près de la Terre et est donc classé comme NEA (Near-Earth Asteroid). Les NEA et NEC (Near-Earth Comets) forment ensemble le groupe NEO (Near-Earth Objects). 2020 BX12 avait été découvert le 27 janvier par le survey ATLAS de NEA mené à l'observatoire de Mauna Loa (Hawaii).

On connaît des lunes autour de moins de 15 % des NEA. Les images radar d'Arecibo publiées le 10 février indiquent que celle de 2020 BX12 mesure environ 70 mètres et l'astéroïde 160 mètres. Ces deux objets sont ainsi nettement plus petits que le télescope qui les a étudiés.

2020 BX12 est défini comme un astéroïde potentiellement dangereux en raison de sa taille et de la proximité de son orbite par rapport à celle de la Terre – la distance minimale entre les orbites n'est que de 302 000 kilomètres. Il ne présente cependant aucun péril immédiat.

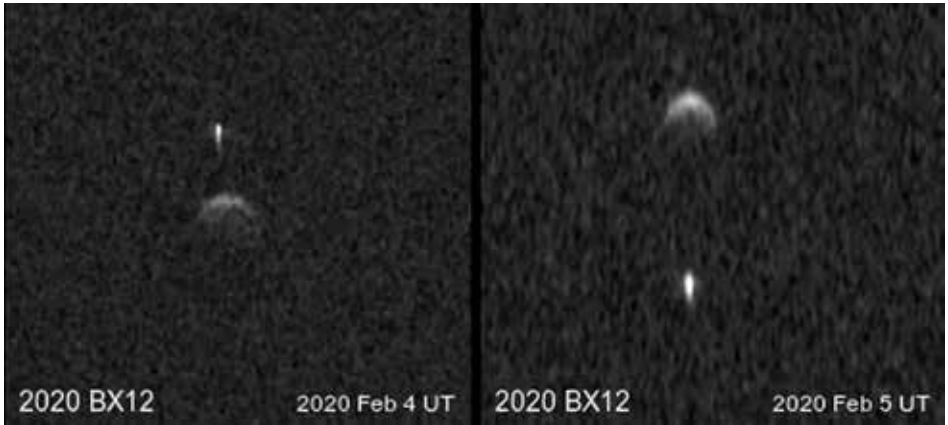
En janvier 2020, l'observatoire d'Arecibo avait suspendu les opérations des télescopes à la suite d'une série de tremblements de terre qui ont frappé la partie sud de l'île. C'est peu après la reprise des opérations que le radar planétaire le plus puissant du monde a suivi l'astéroïde et découvert son satellite.

Rares sont les astéroïdes de plus de 150 mètres de diamètre qui s'approchent de la Terre aussi près que 2020 BX12, et plus rares encore sont les astéroïdes binaires, qui peuvent nous fournir des informations précieuses sur la taille, la forme, la masse et la densité des astéroïdes. La combinaison des données radar et des observations optiques peut aider à révéler la composition des objets et la façon dont les astéroïdes binaires se forment et évoluent.

En plus de la découverte de la lune de l'astéroïde, les données radar ont révélé que l'astéroïde est probablement rond, peut-être de forme similaire à l'astéroïde 101955 Benu qui doit visiter la sonde OSIRIS-REx pour une mission visant à récolter des échantillons et à les ramener sur Terre.

L'observatoire d'Arecibo à Porto Rico et son antenne de 300 mètres. (University of Central Florida)

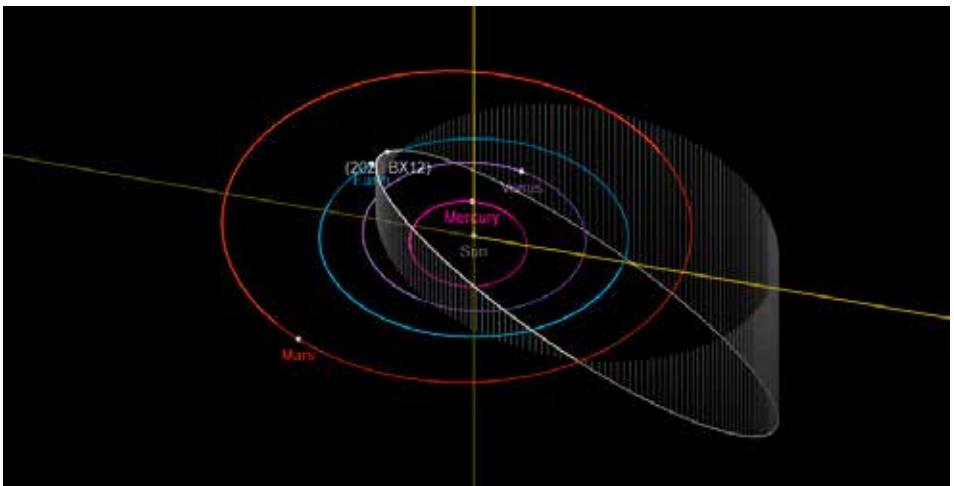




Alors que 2020 BX12 tourne sur lui-même en 2,8 heures, la lune tourne probablement sur elle-même à la fréquence de son orbite autour de l'astéroïde, soit environ en 45 à 50 heures, par suite du verrouillage par les marées, comme le fait la lune de la Terre. En raison des effets de projection, des incertitudes subsistent cependant sur les périodes de rotation, et une période orbitale mutuelle plus courte de 15-16 heures n'a pas encore été exclue. La distance entre les deux corps est d'au moins 360 mètres.

Images radar Doppler de l'astéroïde 2020 BX12 avec une résolution spatiale de 7,5 mètres par pixel sur l'axe vertical et une résolution en fréquence Doppler de 0,075 Hz par pixel sur l'axe horizontal. À la fréquence des observations, cela correspond à un échantillonnage en vitesse de moins d'un centimètre par seconde.
(Arecibo Observatory, NASA/NFS)

L'orbite de 2020 BX12.
(JPL Small-Body Database Browser)



Trou noir intermédiaire

Basé sur un communiqué NASA

Les astronomes ont trouvé un nouveau cas probable de trou noir intermédiaire (IMBH, Intermediate-mass Black Hole), ces objets dotés d'une masse de quelques milliers de masses solaires se situant entre celle des trous noirs « stellaires » provenant de l'effondrement d'une grosse étoile et les trous noirs supermassifs que l'on trouve au centre des galaxies.

Ces objets seraient un chaînon manquant dans l'évolution des trous noirs. Bien que l'on ait déjà trouvé quelques autres candidats IMBH, les chercheurs considèrent celui-ci comme le plus crédible à ce jour. Sa découverte a été permise par la puissance combinée de deux observatoires X et l'acuité du télescope spatial Hubble.

Les trous noirs de masse intermédiaire sont des objets insaisissables, et il est essentiel d'examiner attentivement les données et d'écarter toute explication alternative pour chaque candidat. L'histoire de la découverte se lit comme une aventure de Sherlock Holmes, impliquant une méticuleuse construction étape par étape nécessaire pour attraper le coupable.

Outre Hubble, les observatoires spatiaux qui ont participé à la quête sont les télescopes X Chandra et XMM-Newton de l'ESA (l'Agence spatiale européenne). En 2006, ces satellites ont détecté une puissante éruption de rayons X, mais ils n'ont pas pu déterminer si elle provenait de l'intérieur ou de l'extérieur de notre galaxie. Les chercheurs l'ont attribuée à une étoile déchirée après s'être approchée de trop près d'un objet compact ayant un puissant champ de gravité – comme un trou noir.

Cette source de rayons X, désignée comme 3XMM J215022.4-055108, n'est pas située au centre d'une galaxie, là où se trouvent normalement les trous noirs massifs. Cela a fait naître l'espoir qu'un IMBH était le coupable, mais il fallait d'abord écarter une autre source possible de l'éruption de rayons X : une étoile à neutrons de notre galaxie.



Vue d'artiste d'une étoile déchiquetée par l'intense attraction gravitationnelle d'un trou noir de dizaines de milliers de masses solaires. Les restes stellaires forment un disque d'accrétion autour du trou noir. Les rayons X du disque surchauffé ont alerté les astronomes sur ce probable trou noir de masse intermédiaire situé à l'intérieur d'un amas d'étoiles dense, peut-être le noyau d'une ancienne galaxie naine. (NASA, ESA et D. Player/STScI)

Hubble a été pointé sur la source de rayons X pour en déterminer l'emplacement précis. L'imagerie profonde et à haute résolution fournit des preuves solides que les rayons X n'émanaient pas d'une source isolée dans notre galaxie, mais plutôt d'un amas dense d'étoiles à la périphérie d'une autre galaxie – exactement le type d'endroit où les astronomes s'attendaient à trouver un IMBH. Des recherches antérieures sur Hubble ont montré que la masse d'un trou noir au centre d'une galaxie est proportionnelle au renflement central de la galaxie hôte. En d'autres termes, plus la galaxie est massive, plus son trou noir est massif. Par conséquent, l'amas d'étoiles qui abrite 3XMM J215022.4-055108 pourrait être le noyau mis à nu d'une galaxie naine de faible masse qui aurait été perturbée par les forces de marée de sa voisine.

Les IMBH sont particulièrement difficiles à déceler car ils sont plus petits et moins actifs que les trous noirs supermassifs ; ils n'ont pas de sources de combustible facilement dispo-

nibles, ni une attraction gravitationnelle aussi forte pour attirer les étoiles et autres matériaux cosmiques qui produiraient des lueurs de rayons X révélatrices. Pour avoir une chance de les découvrir les astronomes doivent profiter d'un IMBH en flagrant délit d'engloutissement d'une étoile. Il a fallu passer au peigne fin les archives de données de XMM-Newton, parcourant des centaines de milliers d'observations pour trouver un tel candidat.

L'émission X de l'étoile désintégrée a permis aux astronomes d'estimer la masse du trou noir à 50 000 fois celle du Soleil. La masse de l'IMBH a été estimée sur base à la fois de la luminosité et du spectre des rayons X. C'est beaucoup plus fiable que l'utilisation de la seule luminosité des rayons X, comme cela se faisait généralement pour les précédents candidats IMBH.

Cet objet n'est pas le premier à être considéré comme un candidat probable pour un trou noir de masse intermédiaire. En 2009, Hubble s'est associé à l'observa-

toire Swift de la NASA et à XMM-Newton de l'ESA pour identifier l'objet HLX-1, interprété comme un IMBH situé vers le bord de la galaxie ESO 243-49. Cet objet se trouve lui aussi au centre d'un jeune amas massif d'étoiles bleues qui pourrait être le noyau d'une ancienne galaxie naine. Les rayons X proviennent d'un disque d'accrétion chaud situé autour du trou noir. Mais, faute d'un événement comme la destruction d'une étoile voisine, il n'a pas encore été possible de valider HLX-1 ou d'autres candidats.

Trouver cet IMBH ouvre la porte à la possibilité que beaucoup d'autres se cachent dans le noir, sans être détectés, attendant d'être trahis par une étoile passant trop près. De nombreuses questions restent sans réponse. Est-ce qu'un trou noir supermassif se forme à partir d'un IMBH? Comment les IMBH se forment-ils? Les amas denses d'étoiles sont-ils leur habitat privilégié?

Image prise avec la caméra ACS du télescope spatial Hubble montrant l'emplacement (cercle blanc) du trou noir de masse intermédiaire, pesant 50 000 fois la masse du Soleil – 3XMM J215022.4-055108. Le trou noir se trouve à l'intérieur d'un amas dense d'étoiles à proximité de la grande galaxie située au centre de l'image. Des galaxies d'arrière-plan beaucoup plus petites sont parsemées autour de l'image, y compris une spirale vue de face juste au-dessus de la galaxie centrale d'avant-plan. (NASA, ESA et D. Lin (Université du New Hampshire))

