

L'astronomie dans le monde

Les araignées de Mars

*Basé sur un communiqué du
Trinity College de Dublin*

Les « araignées de Mars » sont d'étranges systèmes topographiques radiaux qui ressemblent aux branches d'un arbre ou à des éclairs en fourche ou encore... à des araignées. On pense que ces caractéristiques, que l'on ne trouve pas sur Terre, ont été gravées dans la surface martienne par la neige carbonique, ou « glace sèche », qui passe directement de l'état solide à l'état gazeux (sublimation) au printemps. Contrairement à la Terre, l'atmosphère de Mars se compose principalement de CO₂ qui, en hiver, lorsque les températures baissent, se dépose à la surface sous forme de givre et de glace.

Les chercheurs ont mené une série d'expériences sous la pression atmosphérique martienne, afin d'étudier si des motifs similaires aux araignées martiennes pouvaient se former par sublimation de glace sèche.

Cette recherche présente le premier ensemble de preuves empiriques pour un processus de surface qui est censé modifier le paysage polaire sur Mars. Cette hypothèse est bien acceptée depuis plus de dix ans, mais jusqu'à présent, elle avait été formulée dans un contexte purement théorique. Les expériences montrent directement que les motifs en arai-

*Araignées au pôle sud de Mars, observées
par la caméra HiRISE du Mars
Reconnaissance Orbiter.
(NASA/JPL/University of Arizona)*

gnées peuvent être sculptés par la conversion directe de la glace sèche de l'état solide à l'état gazeux.

Ce travail innovant soutient le thème émergent selon lequel le climat et la météo actuels sur Mars ont une influence importante non seulement sur les processus dynamiques de surface, mais aussi pour toute future exploration robotique et/ou humaine de la planète.

La principale hypothèse proposée pour la formation des araignées suggère qu'au printemps, la lumière du Soleil pénètre dans cette glace translucide et chauffe le terrain situé en dessous. La glace se sublime à partir de sa base, entraînant une augmentation de la pression et finalement la glace se rompt et permet au gaz de s'échapper par des fissures. Les chemins empruntés par le gaz qui s'échappe laissent derrière eux les motifs dendritiques observés sur Mars aujourd'hui tandis que le sable et les poussières se déposent tout autour.

La méthodologie utilisée peut servir pour étudier le rôle de la sublimation du CO₂ dans la formation d'autres caractéristiques actives de la surface martienne et d'autres corps planétaires, sans atmosphère ou avec une atmosphère ténue comme Europe ou Encelade.

La comète alien 2I/Borisov

Basé sur un communiqué ESO

Des observations réalisées à l'aide du VLT de l'ESO indiquent que la comète 2I/Borisov – la deuxième et plus récente visiteuse interstellaire du Système solaire – est l'une des plus « pures » jamais observées. Les astronomes pensent que cette comète n'est probablement jamais passée près d'une étoile, ce qui en fait une relique intacte du nuage de gaz et de poussière dont elle est issue.

L'objet a été découvert par l'astronome amateur Gennady Borisov en août 2019 et il a été confirmé quelques semaines plus tard qu'elle venait d'ailleurs.

Pour la nouvelle étude, les astronomes ont utilisé l'instrument FORS2 du VLT et la technique de la polarimétrie. Les propriétés de la lumière solaire polarisée par la poussière de la comète donnent en effet des informations sur sa physique et sa chimie. Comme cette technique est régulièrement utilisée pour étudier les comètes et d'autres petits corps du Système solaire, l'équipe a pu comparer le visiteur interstellaire avec nos comètes locales.

L'équipe a découvert que 2I/Borisov possède des propriétés polarimétriques distinctes de celles des comètes du Système solaire, à l'exception de Hale-Bopp. Cette dernière avait suscité l'intérêt du public à la fin des années 1990 parce qu'elle était facilement visible à l'œil nu. Il s'est avéré qu'elle était l'une des comètes les plus intactes jamais observées. On pense que Hale-Bopp n'était encore passée qu'une seule fois près du Soleil. Peu affectée

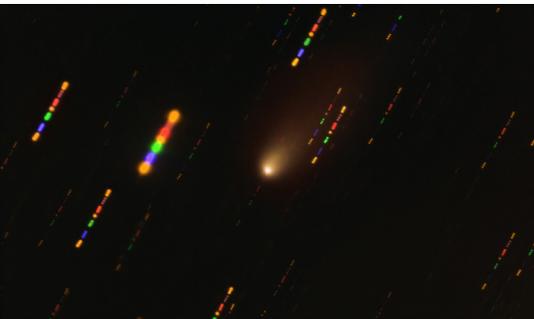
par le vent et le rayonnement solaires, elle était encore assez pure, avec une composition très similaire à celle du nuage de gaz et de poussière à partir duquel s'était formé le Système solaire, il y a environ 4,5 milliards d'années.

La similitude entre les deux comètes suggère que l'environnement dans lequel 2I/Borisov a vu le jour n'est pas si différent, en termes de composition, de l'environnement primordial du Système solaire.

Les astronomes auront peut-être une autre occasion, encore meilleure, d'étudier en détail une comète vagabonde avant la fin de la décennie. L'ESA prévoit en effet de lancer le « Comet Interceptor » en 2029, qui aura la capacité d'observer un autre objet interstellaire de passage, si l'on en découvre un sur une trajectoire appropriée.

Les chercheurs ont également utilisé le réseau ALMA et le VLT pour étudier les grains de poussière de 2I/Borisov afin de recueillir des indices sur la naissance de la comète et les caractéristiques de son système d'origine. Ils ont découvert que la coma de 2I/Borisov contient des grains d'un millimètre et plus. En outre, ils ont constaté que les quantités relatives de monoxyde de carbone et d'eau dans la comète ont changé radicalement à mesure qu'elle se rapprochait du Soleil, ce qui suggère que la comète est composée de matériaux qui se sont formés à différentes distances de l'étoile dans un système proto-planétaire, peut-être en raison de la présence de planètes géantes qui ont pu mélanger la matière dans le système. Un processus similaire s'est produit au début du Système solaire.

Bien que 2I/Borisov soit la première comète alien observée dans le Système solaire, elle n'est pas le premier visiteur interstellaire. Celui-ci était 'Oumuamua, un objet d'abord classé comme comète, puis comme astéroïde car il n'avait pas de coma.



La comète 2I/Borisov FORS2 observée avec le VLT, fin 2019. Les couleurs des traînées laissées par les étoiles sont le résultat de la combinaison d'observations dans différentes bandes de longueur d'onde. (ESO/O. Hainaut)

NGC 6397

Basé sur un communiqué ESA

Les amas globulaires sont des systèmes stellaires extrêmement denses et très vieux. L'amas globulaire dont il est question ici, NGC 6397, est presque aussi vieux que l'Univers lui-même. Distant de 7 800 années-lumière, c'est l'un des amas globulaires les plus proches de la Terre. En raison de la compacité de son cœur, on parle d'un amas à noyau effondré.

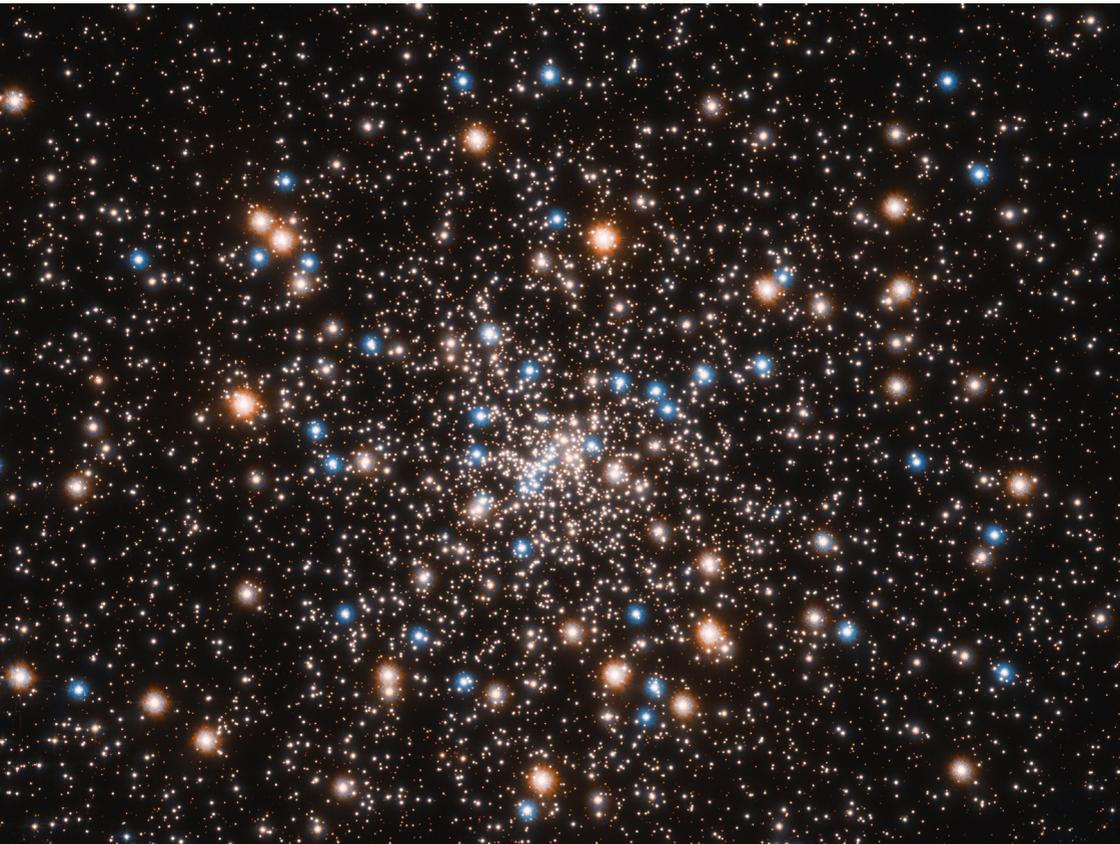
Lorsque les astronomes ont entrepris d'étudier le noyau de NGC 6397, ils s'attendaient à trouver des preuves de la présence d'un trou noir de masse intermédiaire (IMBH, Intermediate-Mass Black Hole) – un objet plus

petit que les trous noirs supermassifs du cœur des grandes galaxies, mais plus grand que les trous noirs de masse stellaire formés par l'effondrement d'étoiles massives.

L'amas globulaire NGC 6397. Les étoiles bleues sont en fin de vie et ont épuisé leur quota d'hydrogène. Maintenant, elles « brûlent » l'hélium. Les autres étoiles brillantes sont des géantes rouges. Parmi la myriade de petits objets blancs, on trouve des étoiles comme le Soleil.

Cette image est composée d'une série d'observations prises de juillet 2004 à juin 2005 avec la caméra ACS (Advanced Camera for Surveys) de Hubble.

(NASA, ESA, T. Brown, S. Casertano, J. Anderson / STScI)



Les IMBH constituent le chaînon manquant dans l'évolution des trous noirs et leur existence même est vivement débattue, bien que quelques candidats aient été évoqués.

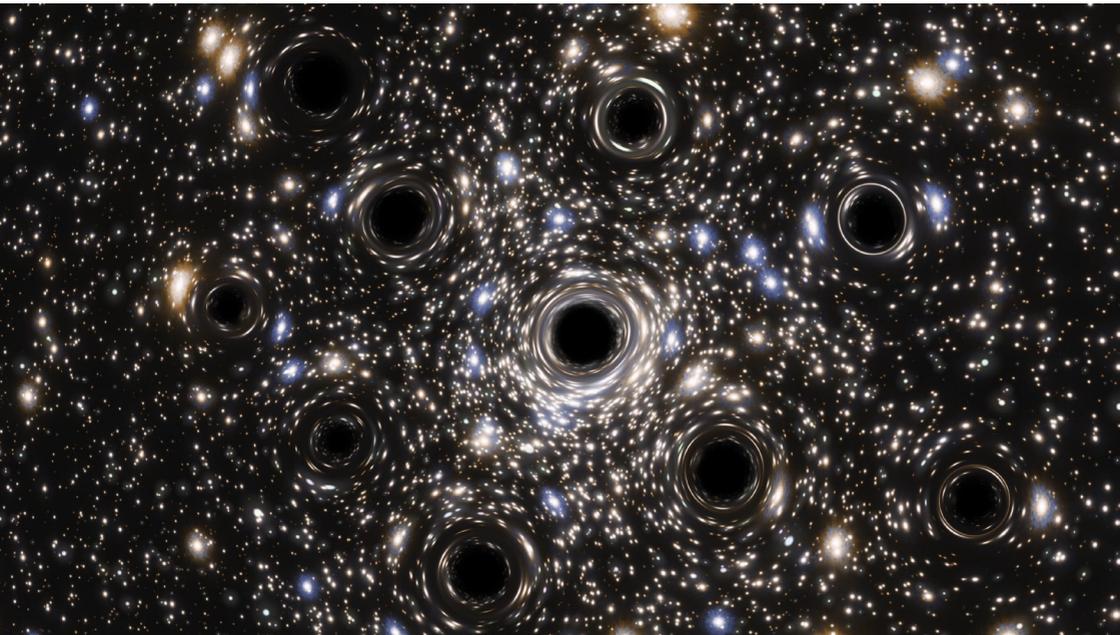
Pour rechercher les IMBH, les astronomes ont analysé les positions et les vitesses des étoiles de l'amas obtenues par l'observatoire spatial Gaia, complétées par des données antérieures déduites d'images Hubble couvrant plusieurs années. Cette analyse a indiqué que les orbites des étoiles sont presque aléatoires dans tout l'amas globulaire, plutôt que systématiquement circulaires ou très allongées. Il existerait bien une masse invisible dans les régions centrales denses de l'amas, mais elle n'est pas ponctuelle et s'étend sur quelques pour cent des dimensions de l'amas.

Cette composante invisible ne pouvait être constituée que des restes (naines blanches, étoiles à neutrons et trous noirs) d'étoiles massives dont les régions internes se sont effondrées sous leur propre gravité une fois leur combustible nucléaire épuisé. Ces étoiles se sont progressivement regroupées au centre de

l'amas après des interactions gravitationnelles avec les autres étoiles moins massives, ce qui a donné la concentration de masse centrale. En utilisant la théorie de l'évolution stellaire, les scientifiques ont conclu que la majeure partie de cette concentration invisible est constituée de trous noirs de masse stellaire, plutôt que de naines blanches ou d'étoiles à neutrons trop faibles pour être observées. Ce résultat est en accord avec des études récentes qui ont également proposé que des restes stellaires, et en particulier des trous noirs de masse stellaire, pourraient peupler les régions intérieures des amas globulaires.

Cette découverte soulève la question de savoir si la fusion de ces trous noirs très serrés dans des amas globulaires à noyau effondré peut être une source importante d'ondes gravitationnelles.

*Concentration de trous noirs au cœur
de l'amas globulaire NGC 6397.
Vue d'artiste.
(ESA/Hubble, N. Bartmann)*



Machine d'Anticythère

Basé sur un communiqué UCL

La machine d'Anticythère est un très ancien calculateur astronomique en bronze comportant une combinaison compliquée d'une trentaine d'engrenages, et utilisé pour prédire les événements astronomiques, les éclipses, les phases de la Lune, les positions des planètes et même les dates des Jeux olympiques. Ce mécanisme a suscité à la fois fascination et controverse depuis sa découverte dans une épave de l'époque romaine en 1901 par des plongeurs pêcheurs d'éponge grecs près de la petite île méditerranéenne d'Anticythère.

Malgré de nombreuses avancées réalisées au siècle dernier pour comprendre son fonctionnement, ce sont des études menées en 2005, en particulier à l'aide de la radiographie, qui ont permis de découvrir comment fonctionne le mécanisme.



Fragments du mécanisme d'Anticythère. Des chercheurs ont résolu une pièce majeure du puzzle que constitue ce dispositif mécanique actionné à la main et qui était utilisé pour prédire les événements astronomiques. Considéré par beaucoup comme le premier ordinateur analogique du monde, le mécanisme d'Anticythère est la pièce d'ingénierie la plus complexe qui nous soit parvenue du monde antique. La machine est datée de 89 avant J.-C. environ et provient d'une épave trouvée au large de l'île d'Anticythère. (Marysas, wikipedia, CC BY 2.5)

Cependant, jusqu'à présent, la compréhension complète du système d'engrenages situé à l'avant du dispositif avait déjoué les efforts des chercheurs. Alors qu'un tiers seulement du mécanisme a survécu, il est divisé en pas moins de 82 fragments, ce qui donne une idée de sa complexité. Ainsi, un des fragments présente un mystérieux engrenage de 63 dents.

Une étude récente révèle une nouvelle représentation de l'ordre de l'Univers de la Grèce antique, dans le système d'engrenages situé à l'avant du mécanisme. Ce modèle est le premier à se conformer à toutes les preuves physiques et à correspondre aux descriptions des inscriptions scientifiques gravées sur le mécanisme.

Des recherches antérieures avaient utilisé des données radiographiques de 2005 pour révéler des milliers de caractères cachés à l'intérieur des fragments, non lus depuis près de 2000 ans. Les inscriptions sur la couverture arrière comprennent une description de l'affichage du cosmos, avec les planètes se déplaçant sur des anneaux et indiquées par des marques. C'est cet affichage que l'équipe a cherché à reconstituer.

Deux nombres critiques montrés par les radiographies, 462 et 442, représentent respectivement les cycles de Vénus et de Saturne en années.

Lorsqu'on les observe depuis la Terre, les cycles des planètes inversent parfois leur mouvement par rapport aux étoiles. Les experts doivent suivre ces cycles variables sur de longues périodes de temps afin de prédire leurs positions. L'astronomie classique du premier millénaire avant J.-C. provenait de Babylone, mais rien dans cette astronomie ne permettait de comprendre comment les Grecs anciens ont trouvé avec précision ces cycles aussi longs.

Une ancienne méthode mathématique grecque décrite par le philosophe Parménide, a permis non seulement d'expliquer comment les cycles de Vénus et de Saturne ont été calculés, mais aussi de trouver les cycles de toutes les autres planètes. Dans cette recherche, l'engrenage de 63 dents a joué un rôle crucial pour le cycle de Vénus.

Les chercheurs ont ensuite créé des mécanismes qui calculent les cycles astronomiques pour toutes les planètes en minimisant le nombre d'engrenages dans l'ensemble du système, de manière à ce qu'ils puissent tenir dans les espaces restreints disponibles. Il ont ainsi tenté de découvrir comment le cosmos a pu être mis en boîte dans le mécanisme. Il reste maintenant à prouver sa faisabilité en le fabriquant avec des techniques anciennes.

*Modèle éclaté
du mécanisme
d'Anticythère.
(UCL)*



Hydrocarbures aromatiques polycycliques

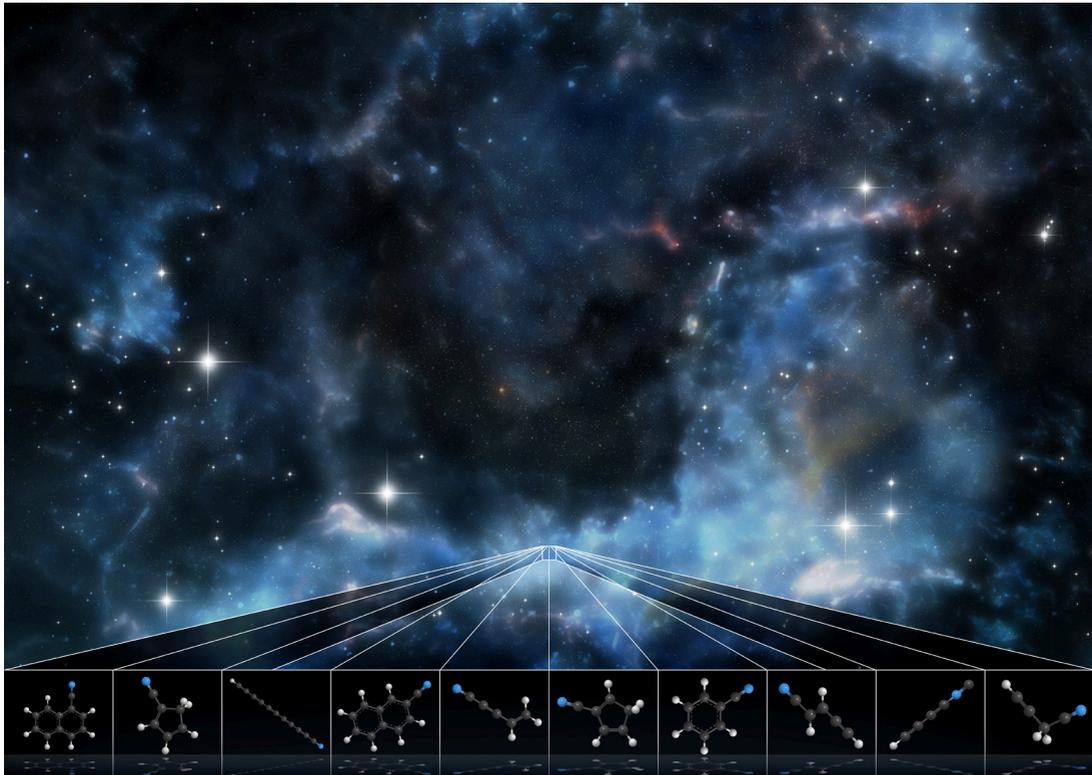
Basé sur un communiqué Cfa

Des scientifiques ont découvert un vaste réservoir de nouvelles molécules organiques dans un nuage moléculaire froid sous la forme d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ce faisant, ils commencent à répondre à un mystère scientifique vieux de trois décennies : comment et où ces molécules se forment-elles dans l'espace ?

Pour trouver ces molécules insaisissables, les astronomes ont pointé le télescope de Green Bank (GBT), le géant radioastronomique de 100 m, vers le nuage moléculaire du Taureau, ou TMC-1 – un grand nuage pré-stellaire de poussière et de gaz distant d'environ 450 années-lumière.

Jusqu'ici on pensait que les hydrocarbures aromatiques polycycliques se formaient principalement dans l'atmosphère des étoiles mourantes. Cette étude révèle qu'on les trouve aussi dans des nuages froids et sombres

Plus d'une douzaine d'hydrocarbures aromatiques polycycliques ont été découverts dans le nuage moléculaire du Taureau TMC-1. Dans cette conception d'artiste, les molécules détectées comprennent, de gauche à droite : 1-cyanonaphtalène, 1-cyano-cyclopentadiène, HC11N, 2-cyanonaphtalène, vinylcyanoacétylène, 2-cyanocyclopentadiène, benzonitrile, trans-(E)-cyanovinylacétylène, HC4NC et propargylcyanide. (M. Weiss / Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian)



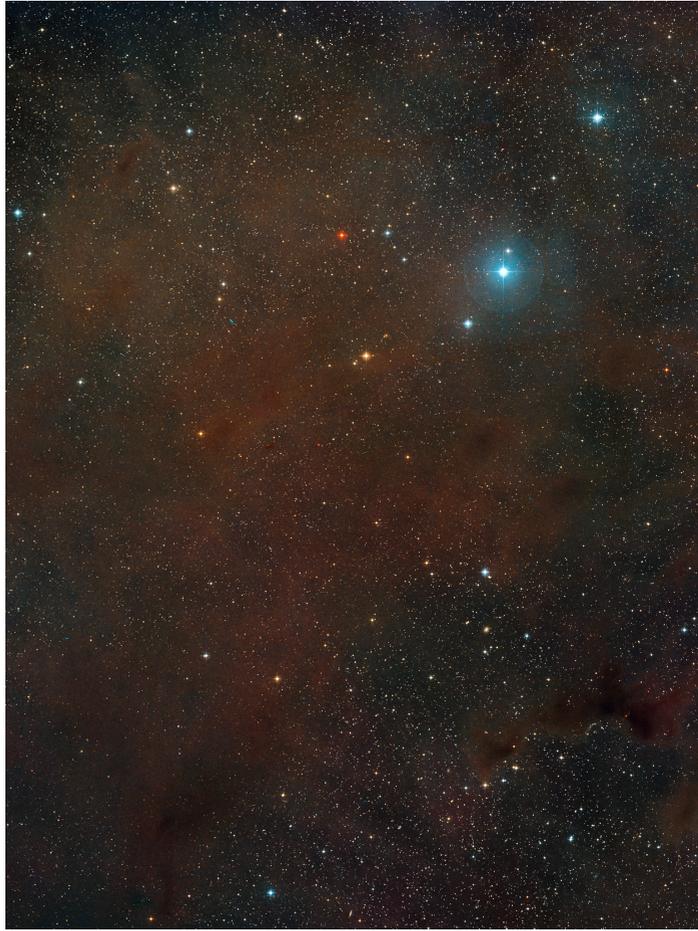
où les étoiles n'ont même pas encore commencé à se former.

On pense que les hydrocarbures aromatiques polycycliques contiennent jusqu'à 25 % du carbone de l'Univers. Ces molécules aromatiques sont omniprésentes. Elles font même partie de la composition chimique des animaux. On les trouve dans les aliments et les médicaments. De plus, les HAP sont des polluants formés par la combustion de nombreux combustibles fossiles et figurent même parmi les substances cancérigènes formées lorsque les légumes et la viande sont carbonisés à haute température.

Les nouveaux résultats ouvrent une fenêtre directe sur leur chimie et permettront d'étudier en détail comment ce réservoir massif de carbone réagit et évolue au cours du processus de formation des étoiles et des planètes.

Des décennies de travaux théoriques et de modélisations paraissaient garantir une assez bonne compréhension de la chimie des nuages moléculaires mais les nouvelles observations prouvent que ces molécules ne sont pas seulement présentes dans les nuages moléculaires, mais qu'elles le sont en quantités supérieures de plusieurs ordres de grandeur à ce que les modèles standard prévoient.

Depuis une trentaine d'années, les scientifiques observent dans l'infrarouge la signature globale de ces molécules dans notre galaxie et dans d'autres galaxies, mais on n'en connaissait pas le détail. On a pu maintenant en établir la diversité. Cet ensemble de molécules – dont certaines sont illustrées dans la figure de la page précédente – ne ressemble à rien de ce qui avait été détecté auparavant, et cela va complètement changer notre com-



préhension de la façon dont ces molécules interagissent entre elles. Elles finiront par devenir suffisamment grosses pour commencer à s'agréger aux grains de poussière interstellaires. Elles auront alors la possibilité d'affecter la composition des zones où se forment les planètes au sein des systèmes stellaires, et les planètes elles-mêmes.

Au-delà d'une chimie simple, unidimensionnelle du carbone, très facile à détecter, on passe maintenant à une véritable chimie organique, dans le sens où les molécules nouvellement découvertes sont celles qu'un chimiste reconnaît, et qu'il peut produire sur Terre.



Cette nouvelle chimie aromatique que les scientifiques découvrent n'est pas propre à TMC-1 uniquement. Une étude complémentaire a récemment trouvé du benzonitrile dans plusieurs autres objets. Ces découvertes impliquent que ce que nous apprenons dans TMC-1 sur les molécules aromatiques pourrait être appliqué de manière générale aux nuages sombres, où qu'ils soient. Ces nuages sombres sont les lieux de naissance des étoiles et des planètes. Ainsi, ces molécules aromatiques auparavant invisibles devront également être prises en compte à chaque étape ultérieure de la création d'étoiles, de planètes et de systèmes comme le nôtre.

Image en lumière visible d'une partie du nuage moléculaire du Taureau, situé à environ 450 années-lumière. Sa proximité relative en fait une cible tout indiquée pour étudier les processus de formation stellaire. (Digitized Sky Survey 2; Davide De Martin)

Courants océaniques sur Encelade

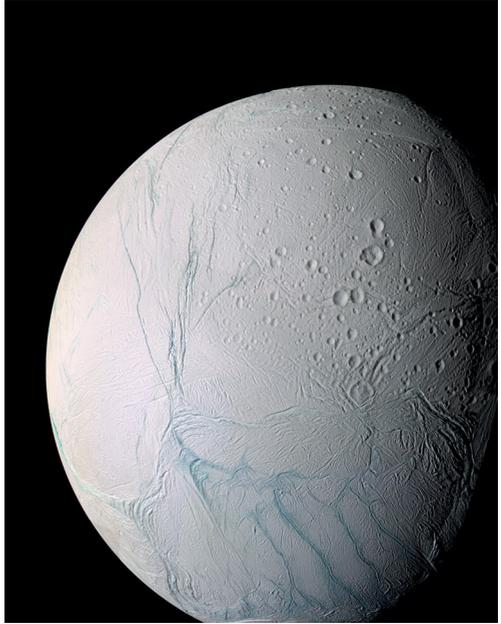
Basé sur un communiqué Caltech

Des courants océaniques pourraient parcourir le vaste réservoir d'eau enfoui sous la vingtaine de kilomètres de glace qui constituent la croûte superficielle d'Encelade, la sixième plus grosse lune de Saturne. Encelade est un globe d'environ 500 kilomètres de diamètre (environ 1/7 du diamètre de la Lune). Malgré sa petite taille, Encelade a attiré l'attention des scientifiques en 2014 lorsqu'un survol de la sonde Cassini a permis de découvrir des signes de la présence d'un océan souterrain et d'échantillonner l'eau des geysers surgissant de fissures dans la glace du pôle sud. C'est l'un des rares endroits du Système solaire où l'on trouve de l'eau liquide (Europe, la lune de Jupiter, en est un autre), ce qui en fait une cible d'intérêt pour les astrobiologistes à la recherche de possibilités de vie.

L'océan souterrain d'Encelade diffère sur de nombreux points de celui de la Terre. Le nôtre est relativement peu profond (3,6 km en moyenne), il recouvre les trois quarts de la surface de la planète et est plus chaud en surface qu'en profondeur à cause du rayonnement solaire. Ses courants sont fort influencés par les vents. Encelade, quant à elle, semble avoir un océan global, entièrement souterrain et profond d'au moins 30 km. Cet océan est chauffé par le bas grâce à la chaleur dégagée à l'intérieur de la lune par les forces de marée ainsi que par la radioactivité, alors qu'à son sommet il est refroidi par une coquille de glace qui ne profite guère de l'apport solaire.

Une nouvelle théorie, dérivée de la forme de la carapace de glace d'Encelade, remet en question l'idée actuelle selon laquelle l'océan global de cette lune est homogène, à l'exception d'un certain mélange vertical dû à la chaleur du noyau de la lune.

Les océans d'Encelade et de la Terre pourraient cependant avoir une caractéristique commune : des courants marins. Cette hypothèse s'appuie sur les mesures effectuées par Cassini ainsi que sur des études de la



Mosaïque créée à partir de 21 images en fausses couleurs prises lors des survols proches d'Encelade par la sonde Cassini en mars et juillet 2005. Les images ont été prises à l'aide de filtres couvrant des longueurs d'onde de 338 à 930 nanomètres.

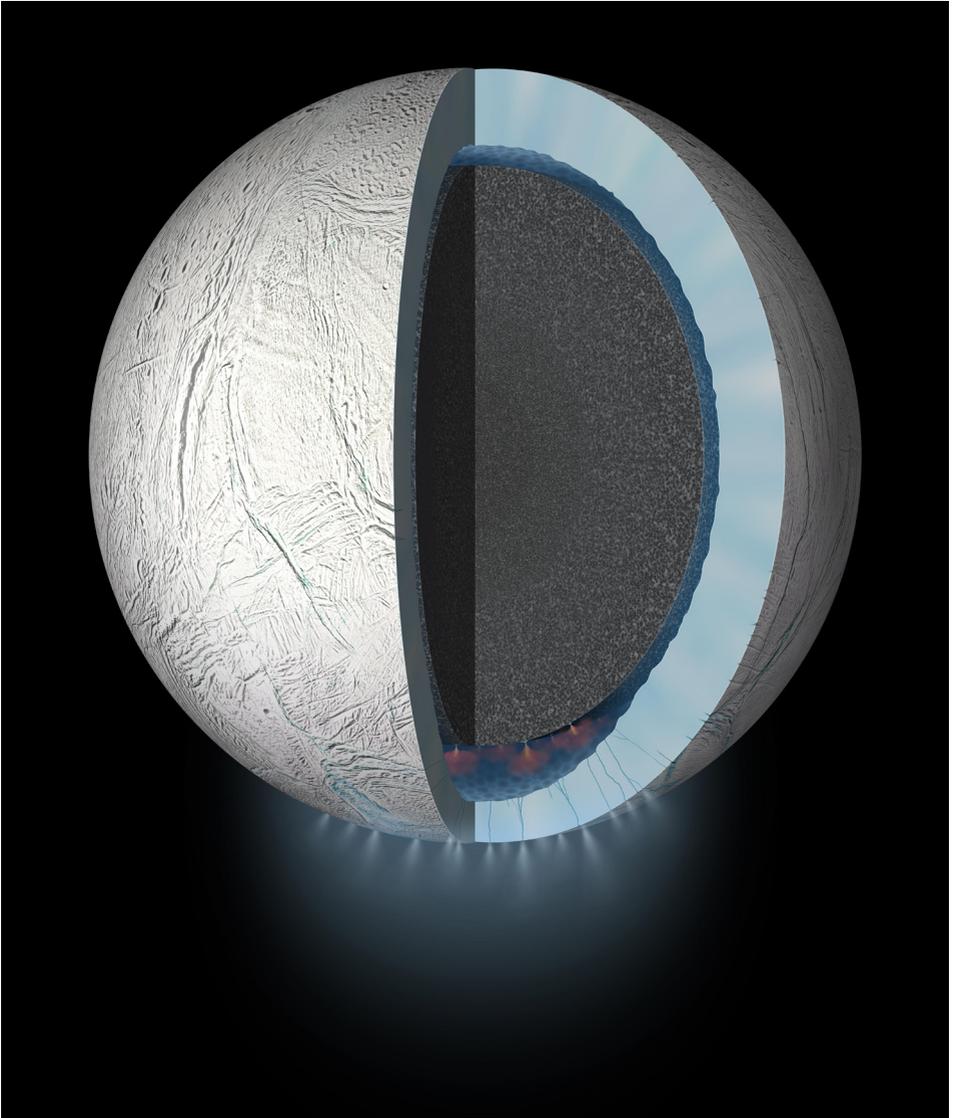
(NASA/JPL/Space Science Institute)

manière dont la glace et l'eau interagissent pour provoquer le brassage des océans autour de l'Antarctique. Les océans d'Encelade et de la Terre sont salés et les variations de salinité pourraient servir de moteur à la circulation océanique sur Encelade, tout comme elles le font dans l'océan Austral de la Terre, qui entoure l'Antarctique.

Les mesures gravitationnelles et les calculs de chaleur effectués par Cassini avaient déjà révélé que l'enveloppe de glace est plus mince aux pôles qu'à l'équateur. Cette minceur est probablement associée à des phénomènes de fonte et de congélation. Cela affecte les courants océaniques car lorsque l'eau salée gèle, elle libère les sels et alourdit l'eau environnante, ce qui entraîne celle-ci vers le bas.

Le contraire se produit dans les régions de fonte. Un modèle informatique suggère que les régions de gel et de fonte seraient reliées par les courants océaniques. Cela créerait une circulation de pôle à pôle qui influencerait la distribution de la chaleur et des nutriments.

Coupe de l'intérieur d'Encelade. Des particules de glace, de la vapeur d'eau et des molécules organiques s'échappent de fractures dans la région polaire sud de la lune.
(NASA/JPL-Caltech)



Sursauts X du pulsar du Crabe

Basé sur un communiqué NASA

Le télescope NICER (Neutron star Interior Composition Explorer) embarqué sur la Station spatiale internationale a permis la découverte de poussées de rayons X accompagnant les sursauts radio du pulsar de la nébuleuse du Crabe.

Un pulsar est une étoile à neutrons en rotation rapide. C'est le résidu du noyau d'une étoile qui s'est effondrée lors de son explosion en supernova. Sa petite taille, une vingtaine de kilomètres, lui permet de tourner très rapidement, jusqu'à des dizaines ou centaines de fois par seconde. Son champ magnétique intense alimente des faisceaux de rayonnement allant des ondes radio aux rayons gamma. Si ces faisceaux balaient la Terre, les astronomes observent des impulsions périodiques, ce qui justifie le nom de pulsar.

Située à environ 6 500 années-lumière dans la constellation du Taureau, la nébuleuse du Crabe et son pulsar se sont formés dans une explosion de supernova dont la lumière a atteint la Terre en juillet 1054. L'étoile à neutrons tourne 30 fois par seconde et, en X comme en radio, elle fait partie des pulsars les plus brillants du ciel.

Sur plus de 2 800 pulsars catalogués, le pulsar du Crabe est l'un des rares à émettre aussi des impulsions radio sporadiques qui peuvent être des centaines ou des milliers de

fois plus brillantes que les impulsions régulières. Après des décennies d'observations, il a été démontré que ce pulsar est le seul dont les impulsions radio irrégulières géantes sont accompagnées d'émissions dans d'autres domaines spectraux.

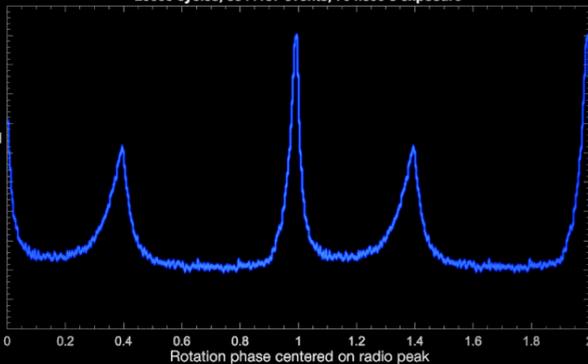
Entre août 2017 et août 2019, NICER a observé à plusieurs reprises le pulsar du Crabe dans des rayons X d'énergie allant jusqu'à 10 000 électronvolts, soit des milliers de fois celle de la lumière visible. En même temps, les astronomes ont étudié l'objet avec l'antenne de 34 mètres du Kashima Space Technology Center et celle de 64 mètres de l'Usuda Deep Space Center au Japon, à la fréquence de 2 GHz. L'ensemble des données combinées a permis aux chercheurs de couvrir simultanément les rayons X et le domaine radio pendant près d'un jour et demi. Au total, ils ont capturé 3,7 millions de rotations du pulsar et quelque 26 000 sursauts sporadiques. Il s'agit là de la plus grande quantité de données simultanées en X et en radio jamais recueillies sur un pulsar.

Les impulsions sporadiques géantes se produisent rapidement, avec des pics ne durant que quelques millièmes de seconde. Elles sont imprévisibles mais coïncident toujours avec des impulsions périodiques.

Les impulsions géantes sont probablement une manifestation de processus sous-jacents qui produisent des émissions couvrant la totalité du spectre électromagnétique. Comme

23555 cycles, 8844157 events, 794.899 s exposure

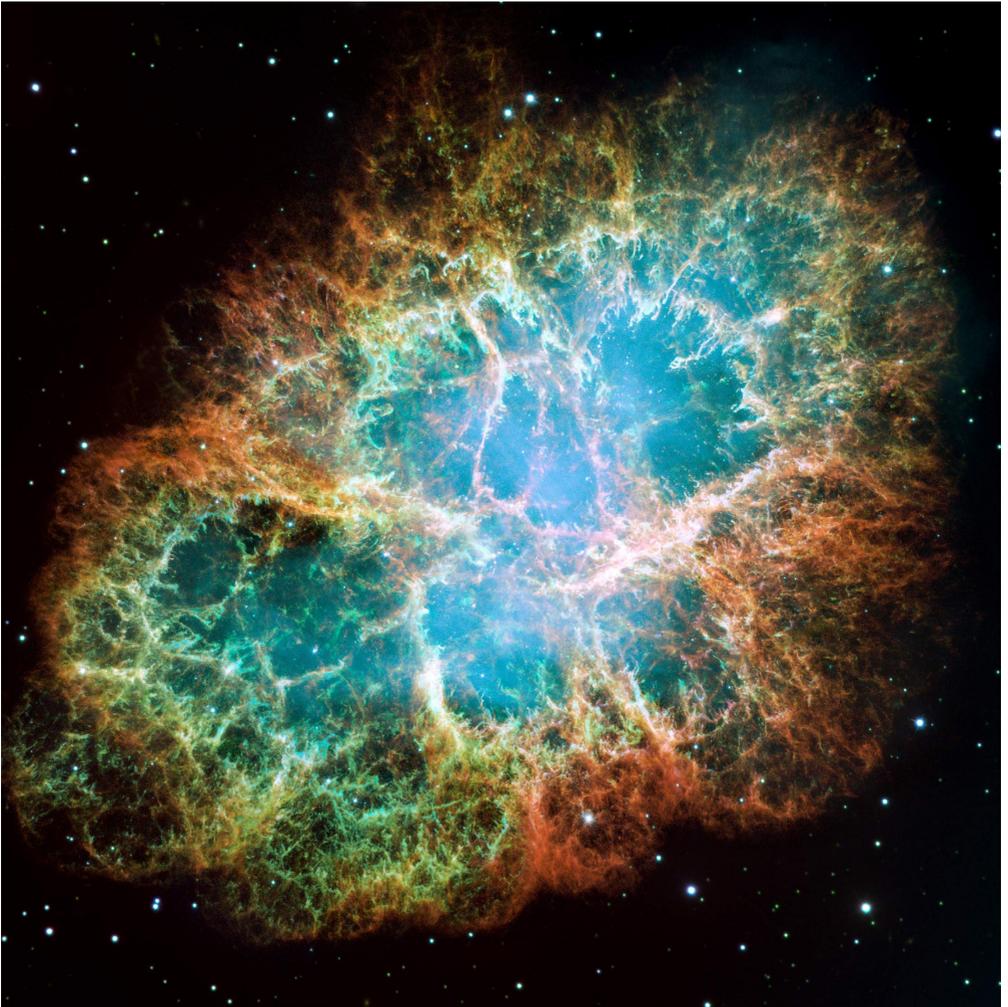
Normalized
X-rays



*Courbe de lumière X du pulsar du Crabe obtenue à partir d'observations de NICER et montrant deux pics à chaque rotation.
(NASA's Goddard Space Flight Center/Enoto et al. 2021)*

les rayons X sont des millions de fois plus puissants que les ondes radio, même une augmentation modeste représente une contribution énergétique importante. Les chercheurs concluent que l'énergie totale émise associée à une impulsion géante est des dizaines, voire des centaines de fois supérieure à ce qui avait été estimé précédemment à partir des seules données radio et optiques.

La nébuleuse du Crabe est le nuage de débris provenant de l'explosion d'une supernova en 1054. Elle abrite une étoile à neutrons tournant 30 fois par seconde qui figure parmi les pulsars les plus brillants du ciel dans les longueurs d'onde des rayons X et radio. Ce composite d'images du télescope spatial Hubble révèle différents gaz expulsés lors de l'explosion : en bleu l'oxygène neutre, en vert le soufre ionisé et en rouge l'oxygène doublement ionisé. (NASA, ESA, J. Hester et A. Loll/Arizona State University)



Micrométéorites

Basé sur un communiqué CNRS

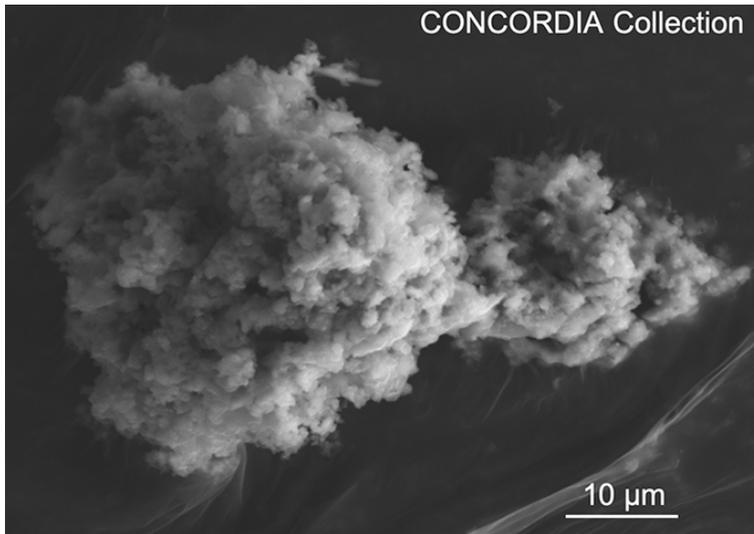
Des micrométéorites tombent depuis toujours sur notre planète. Ce sont des particules de quelques dixièmes à quelques centièmes de millimètres provenant de comètes ou d'astéroïdes et qui ont traversé sans encombre l'atmosphère pour atteindre la surface de la Terre.

Pour collecter et analyser ces micrométéorites, six expéditions ont été menées au cours des deux dernières décen-

nies, à proximité de la station franco-italienne Concordia (Dôme C) à 1 100 kilomètres des côtes de la terre Adélie, au cœur de l'Antarctique. Le Dôme C est un lieu idéal de collecte en raison de la faible accumulation de neige et de la quasi-absence de poussières terrestres.

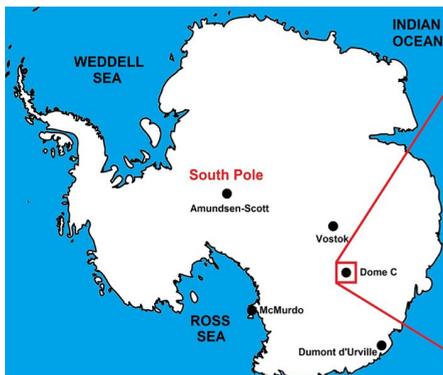
Ces différentes expéditions ont permis de collecter suffisamment de particules extraterrestres, de tailles comprises entre 30 et 200 micromètres, pour mesurer leur flux annuel, qui correspond à la masse accrétée par la Terre par mètre carré et par année.

CONCORDIA Collection



◀ *Micrographie électronique d'une micrométéorite Concordia extraite des neiges antarctiques au Dôme C.*
(Cécile ENGRAND/
Jean DUPRAT)

▼ *Position de la station Concordia (Dôme C) et vue d'une tranchée creusée pour récupérer des échantillons antérieurs à l'établissement de la station.*
(Rojas et al, 2021)





Collecte de micrométéorites dans les régions centrales antarctiques au Dôme C en 2002. Prélèvement de neige dans une tranchée. (Jean Duprat/ Cécile Engrand/ CNRS Photothèque)

En ramenant ces résultats à l'ensemble de notre planète, le flux total annuel de micrométéorites représente 5 200 tonnes. Il s'agit là du principal apport de matière extra-terrestre sur notre planète, loin devant celui des objets de plus grande taille – les météorites – dont le flux est inférieur à une dizaine de tonnes par an.

La comparaison du flux de micrométéorites avec les prévisions théoriques confirme qu'elles proviennent très probablement de comètes (80%) et le reste d'astéroïdes.

Autant d'informations précieuses pour mieux comprendre le rôle joué par ces poussières interplanétaires dans l'apport en eau et en molécules carbonées sur la jeune Terre.