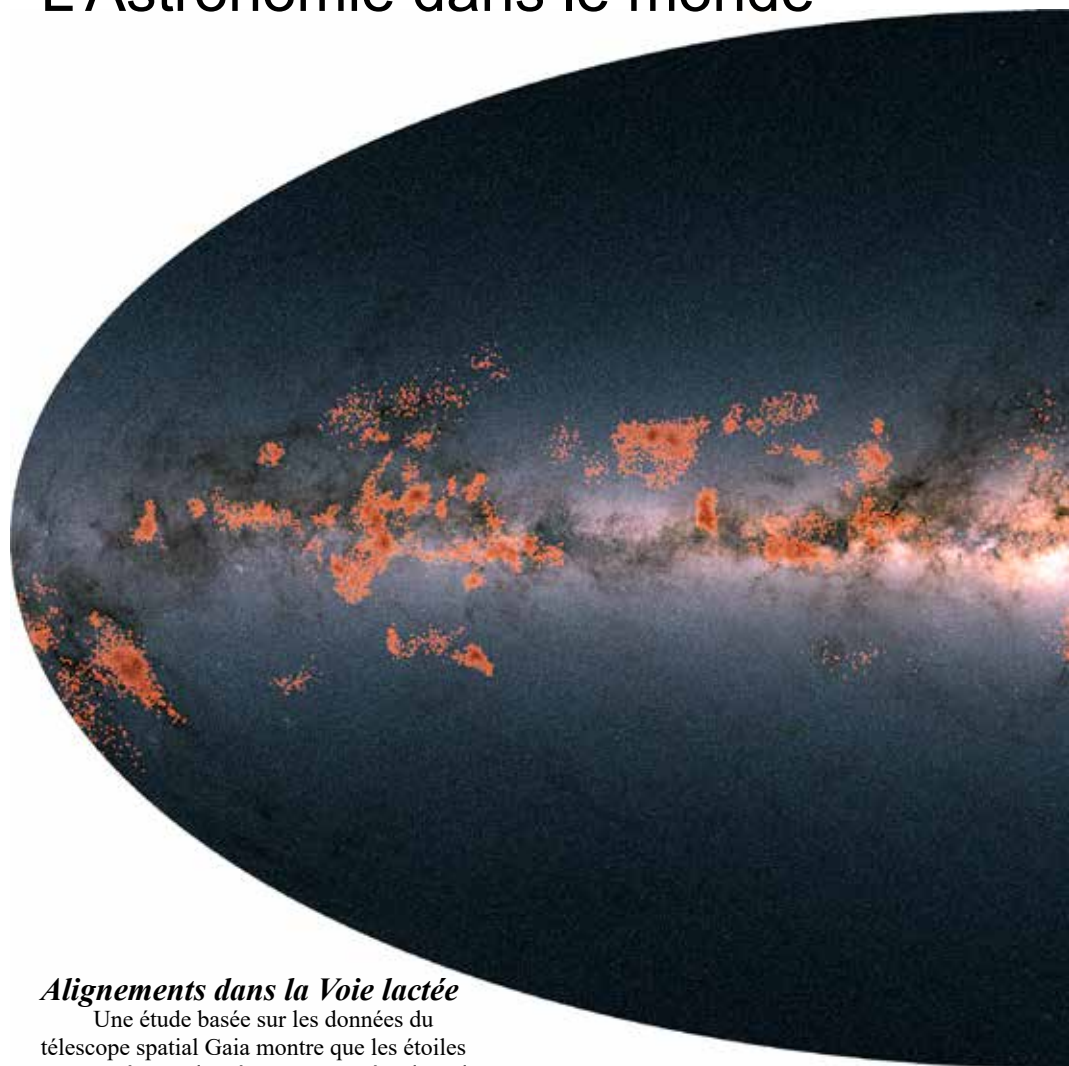


L'Astronomie dans le monde



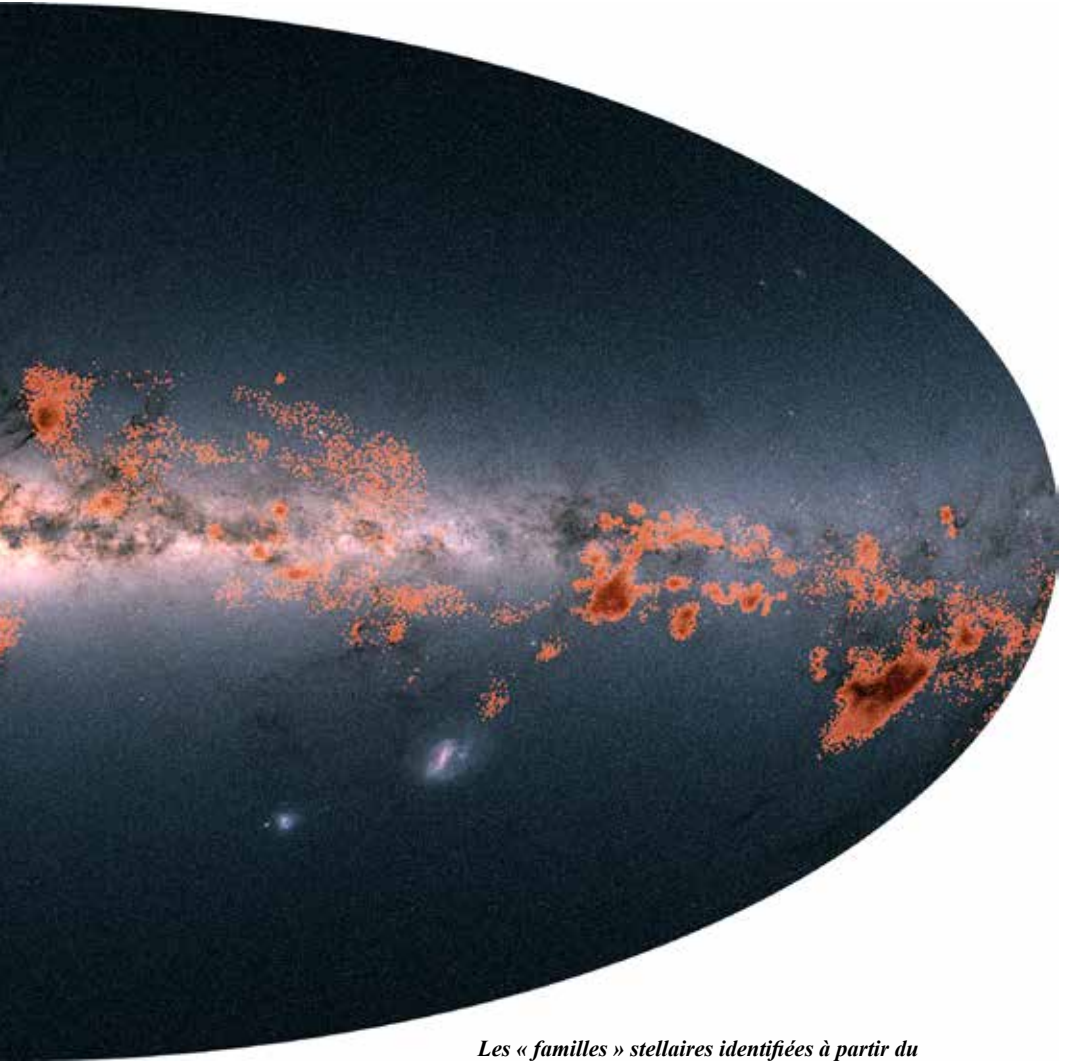
Alignements dans la Voie lactée

Une étude basée sur les données du télescope spatial Gaia montre que les étoiles apparentées tendent à rester groupées dans des alignements durables.

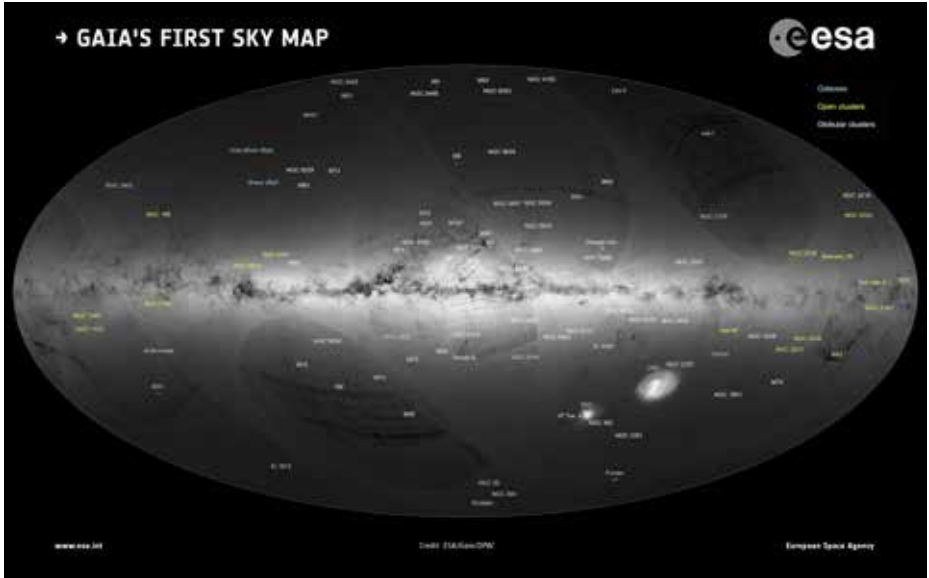
Déterminer l'âge des étoiles est une tâche ardue car des étoiles de masses et d'âges différents peuvent paraître très semblables. Par contre, on peut repérer celles qui sont nées en même temps grâce à la similarité de leur mouvement. La mission Gaia est parfaite pour fournir ces renseignements en donnant la

position et le mouvement de plus d'un milliard d'étoiles.

L'analyse de ces données a conduit à la découverte de 2 000 groupes jusqu'à une distance de 3 000 années-lumière. L'âge de centaines de milliers d'étoiles a pu aussi être estimé ce qui a permis de bien identifier les familles.

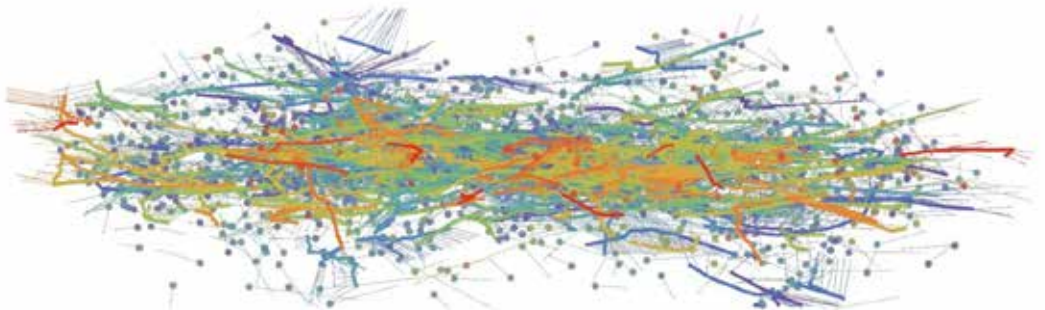


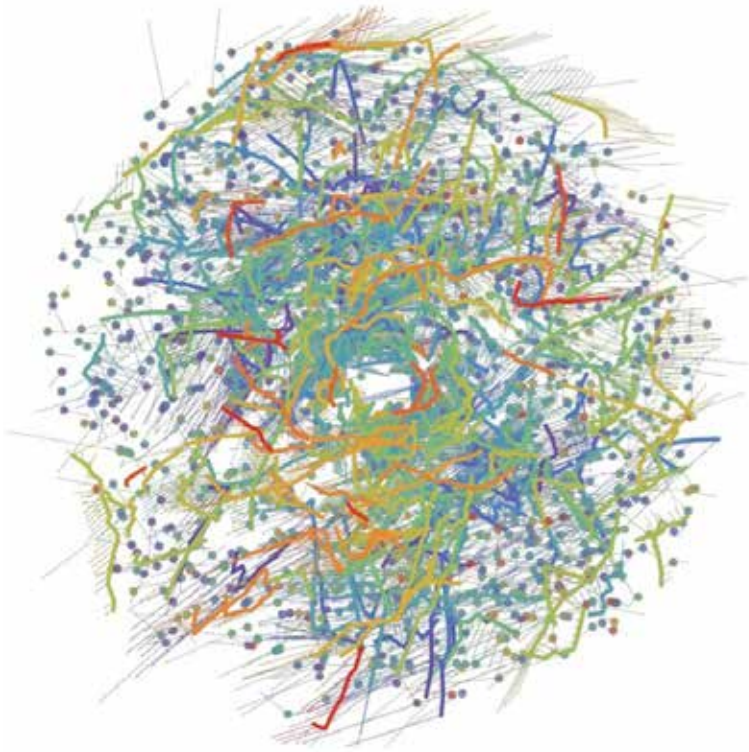
Les « familles » stellaires identifiées à partir du second catalogue publié par la mission Gaia. En orange figurent les familles âgées de moins de 30 millions d'années. Les plus massifs de ces groupements peuvent former des alignements encore reconnaissables après des milliards d'années.
(ESA/Gaia/DPAC; M. Kounkel & K. Covey, 2019)



Identification d'objets majeurs dans la cartographie de Gaia. (ESA/Gaia/DPAC)

Vue de profil des « familles » (amas et lignes) dans un rayon de 3 000 années-lumière du Soleil, basée sur les données de Gaia. (M. Kounkel & K. Covey, 2019)





***Vue de face des « familles » (amas et lignes)
dans un rayon de 3 000 années-lumière du
Soleil.
(M. Kounkel & K. Covey, 2019)***

La moitié de ces étoiles se placent sur des alignements caractéristiques, ce qui a surpris les astronomes qui pensaient qu'après quelques millions d'années les objets se dispersaient et que toute mémoire de la famille d'origine était ainsi effacée.

Ces alignements sont orientés de façon caractéristique par rapport aux bras spiraux de la Galaxie. C'est particulièrement vrai pour les groupes d'étoiles âgées de moins de 100 millions d'années qui s'alignent à angle droit du bras spiral le plus proche de nous.

On pense que les lignes plus anciennes devaient aussi être perpendiculaires aux bras

qui étaient là à leur naissance, il y a des milliards d'années, mais qu'elles se sont désorientées depuis. Elles n'en sont pas moins des fossiles de la structure spirale de la Galaxie. Leur étude devrait nous aider à comprendre si les bras spiraux sont des structures stables ou dynamiques qui se font et se défont en quelques centaines de millions d'années, le temps que met le Soleil à faire quelques tours du carrousel galactique.

PG1610+062

Le mouvement rapide de l'étoile PG1610+062 suggère qu'elle a été catapultée par un trou noir de masse « moyenne », ce qui impliquerait la présence de tels trous noirs parsemant la Galaxie.

L'évaluation de la vitesse de rotation, de la vitesse radiale ainsi que de la composition chimique de cette étoile de 15^e magnitude a pu être faite avec le télescope Keck et son spectrographe ESI (Echelle Spectrograph and Imager), une combinaison instrumentale donnant à la fois une grande sensibilité et une résolution capable de détailler le spectre.

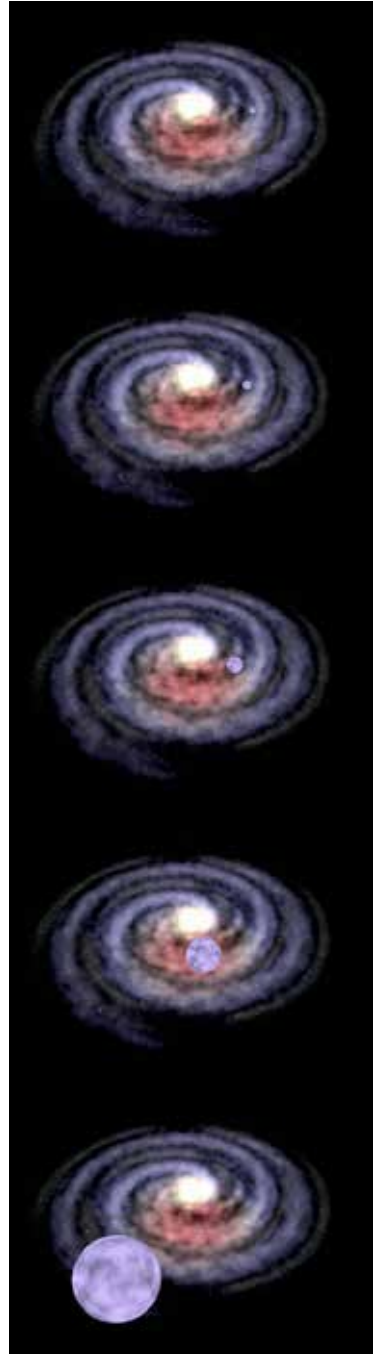
Jusqu'alors l'étoile était considérée comme typique du halo, avec une masse moitié de celle du Soleil. Les observations au Keck en firent une étoile très jeune, dix fois plus massive que lui, qui a dû s'échapper du disque à une vitesse proche de la vitesse d'évasion de la Galaxie.

On connaît sept étoiles encore plus rapides, dépassant la vitesse d'évasion, les étoiles dites « hypervéloces » (HVS). Pour atteindre ces vitesses, il faut invoquer un effet de catapulte très violent – effet dont peut rendre compte le trou noir supermassif central de la Voie lactée, ainsi que l'ont montré des simulations réalisées en 1988. En rompant une binaire le trou noir peut avaler une des composantes et projeter l'autre avec toute l'énergie cinétique du système. En fait on n'imagine pas bien d'autres causes possibles.

Le hic, pour notre PG1610+062, est que les données de la mission Gaia permettent de retracer le parcours passé de l'étoile et elle ne s'est jamais trouvée près du trou noir central, mais dans le bras spiral du Sagittaire. Comme aucun autre effet que l'interaction avec un trou noir massif ne peut expliquer l'accélération initiale de l'étoile, il faut bien admettre la présence d'un tel monstre ailleurs qu'au centre de la Galaxie. Et s'il y en a un, pourquoi pas plusieurs. Reste à les trouver.

Les progrès de la mission Gaia vont améliorer la précision des données astrométriques et cinématiques, ce qui permettra de mieux estimer le lieu d'origine de la trajectoire et peut-être de repérer l'amas d'origine ainsi que le trou noir moyen qui y résiderait.

*Les étoiles jeunes et massives du halo galactique comme PG 1610+062 sont très éloignées des régions de formation stellaire. De nouvelles observations montrent qu'un trou noir moyennement massif a pu les éjecter de leur lieu de naissance.
(A. Irrgang, Fau)*



Formation de Jupiter

Les mesures du champ gravitationnel de Jupiter par la sonde Juno suggèrent qu'une collision a eu lieu avec une grosse protoplanète au tout début du Système solaire. Le noyau de la planète semble moins dense et plus grand qu'on ne le croyait, ce que pourrait expliquer l'agitation produite par un événement violent.

Les théories de la formation des planètes laissent penser que Jupiter est née d'une planète solide, rocheuse ou glacée, qui a agrégé son atmosphère épaisse à partir du disque primordial du Système solaire.

A priori, l'idée d'un impact géant avec Jupiter semblait très improbable. Des milliers de simulations avec des paramètres très variés montrent cependant que les perturbations créées par la toute jeune Jupiter parmi les embryons de planètes qui l'entouraient favorisaient les collisions. Il y avait plus de 40% de chances que Jupiter avale une protoplanète dans son premier million d'années. En outre

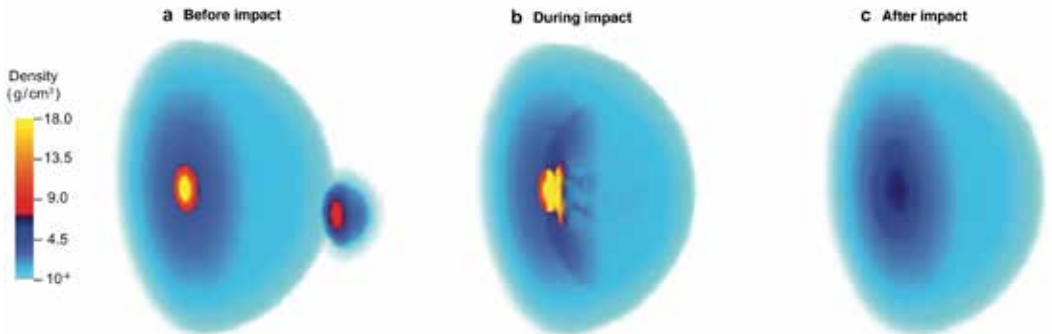
une sorte de focalisation gravitationnelle rendait les collisions frontales les plus probables.

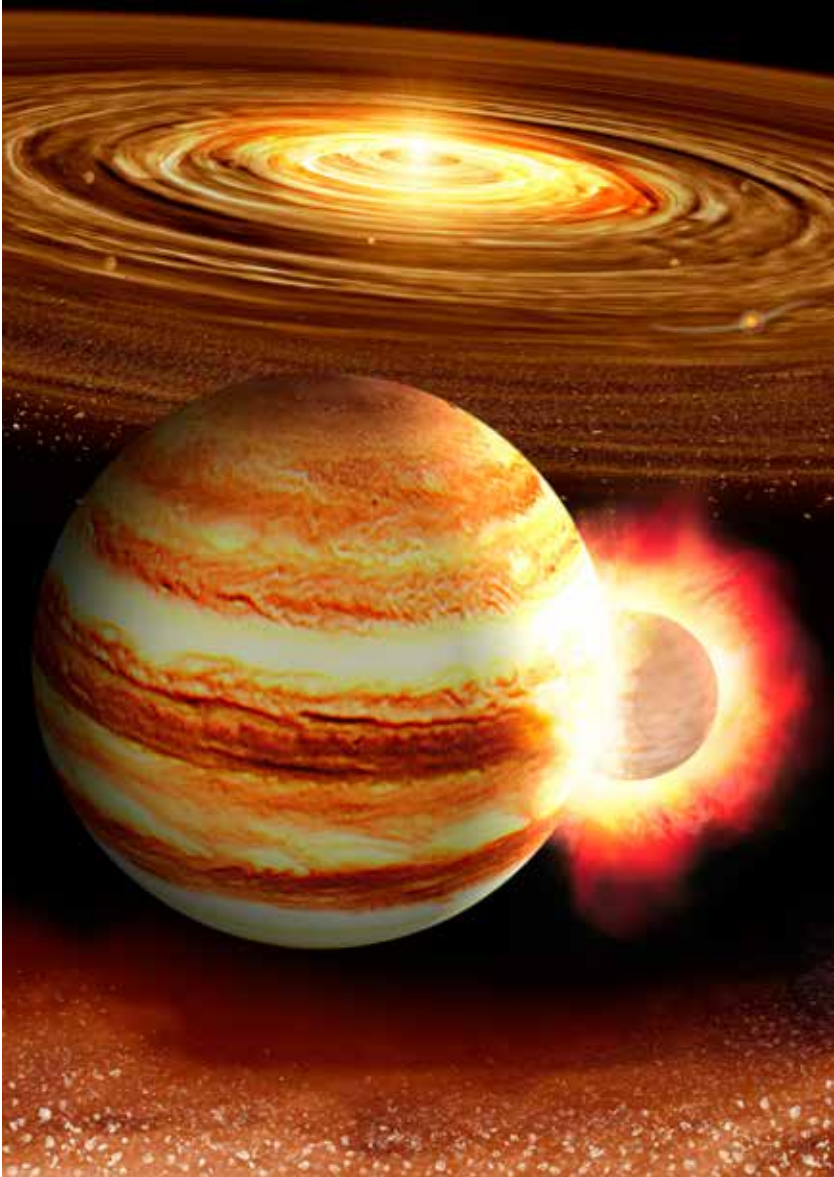
Les modèles 3D montrent que lors d'une collision frontale, un impacteur plus massif que la Terre traverse l'atmosphère, atteint le noyau et le disperse, alors qu'une collision de côté satellise l'impacteur qui descend ensuite graduellement vers le noyau.

La comparaison des modèles avec le profil de Jupiter observé par Juno établit qu'il a fallu un impact avec une protoplanète dix fois aussi massive que la Terre. Les calculs montrent que le retour de la matière dispersée dans un noyau dense prend des milliards d'années. Les effets se font donc encore sentir maintenant.

Peut-être que les sursauts d'émission infrarouge qui affectent parfois des étoiles sont le signe d'événements de ce genre.

*Illustration de l'effet d'un impact majeur sur le noyau de la proto-Jupiter.
(Shang-Fei Liu/Sun Yat-sen University)*





*Impression d'artiste de la collision de la jeune Jupiter avec une protoplanète massive.
(K. Suda & Y. Akimoto/Mabuchi Design Office, Astrobiology Center, Japan)*

Jupiter vue par Hubble

Une nouvelle image de Jupiter prise par le télescope spatial Hubble révèle une palette de couleurs plus étendue que ces dernières années et une Grande Tache rouge qui continue à rétrécir.

La Grande Tache rouge est un anticyclone tournant dans le sens opposé des aiguilles d'une montre entre deux bandes de nuages se dirigeant vers elle.

Les ovales blancs sont aussi des anticyclones, des versions miniatures de la Grande Tache rouge. Les deux principaux, au sud de cette dernière, encadrent un cyclone en forme de vermisseau.

Jupiter vue le 27 juin par la caméra Wide Field Camera 3 du télescope spatial Hubble, alors que la planète était proche de l'opposition, à une distance de 644 millions de kilomètres.

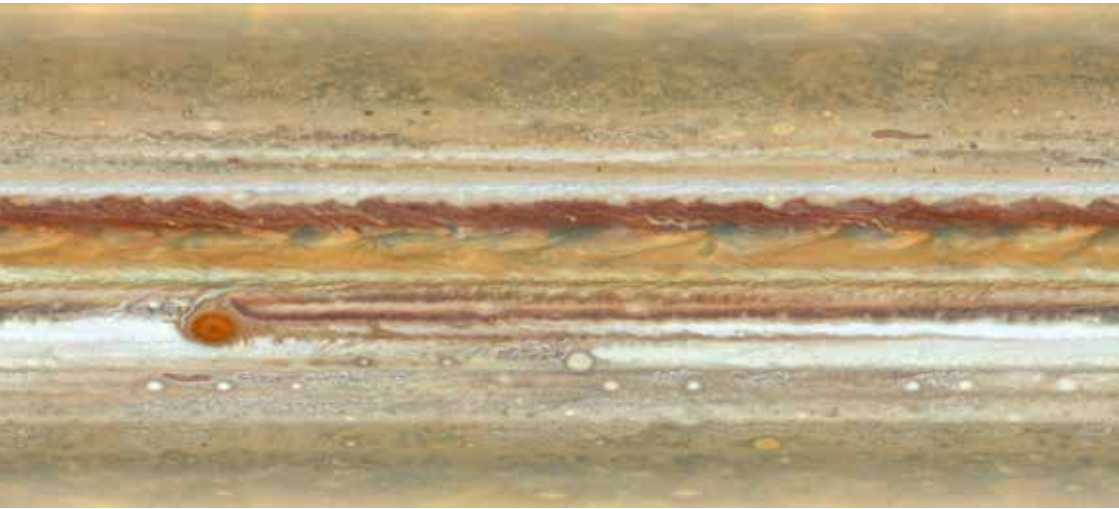
(NASA, ESA, A. Simon/Goddard Space Flight Center, M.H. Wong/University of California, Berkeley)



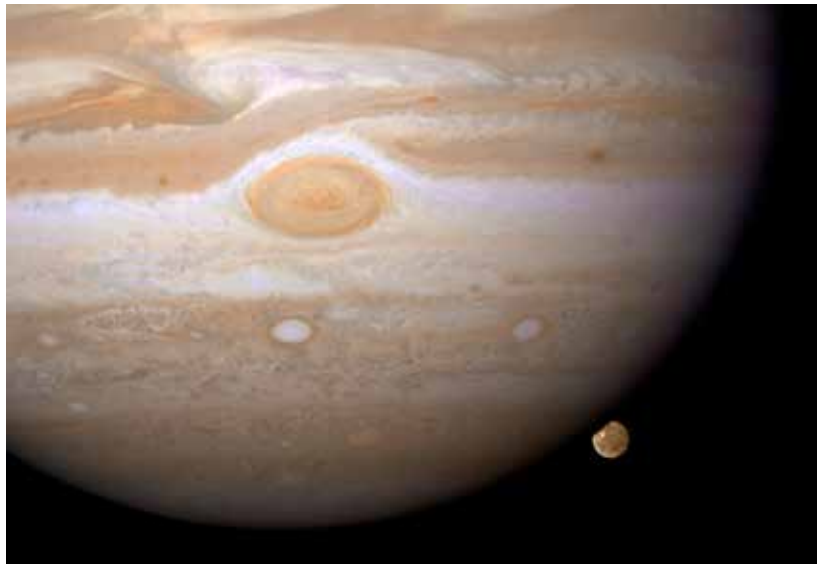
Les diverses bandes parallèles de la planète correspondent à des vents de directions contraires selon la latitude – les vents peuvent atteindre des vitesses de 650 km/h. Les couleurs des bandes dépendent de l'altitude et de l'épaisseur des nuages d'ammoniac. Les nuages hauts et épais sont clairs alors que les nuages bas, plus fins, sont brunâtres.

Image étalée montrant la planète entière.

(NASA, ESA, A. Simon/Goddard Space Flight Center, M.H. Wong/University of California, Berkeley)



Cette image de Jupiter prise le 9 avril 2007 avec la Wide Field Planetary Camera 2 de Hubble montre combien son aspect peut changer. En bas, Ganymède avec la tache brillante du cratère Tros.
(NASA, ESA, E. Karkoschka/University of Arizona)



1999 KW4

Basé sur un communiqué ESO

L'instrument SPHERE qui équipe le Very Large Telescope de l'ESO a acquis les images les plus nettes à ce jour de l'astéroïde double 1999 KW4 qui a croisé la Terre le 25 mai dernier à une distance de 5,2 millions de kilomètres. Cette distance équivaut à quelque 14 fois la distance Terre-Lune. Cet éloignement est suffisant pour permettre une étude poussée et trop important pour constituer une réelle menace. De nombreux astéroïdes de petite taille s'approchent de la Terre à des distances bien inférieures à celle de 1999 KW4, parfois même inférieures à celle de la Lune. La rencontre la plus récente de la Terre avec un astéroïde se produisit le 15 février 2013 : un astéroïde de 18 mètres de diamètre explosa lors de sa rentrée atmosphérique au-dessus de la ville russe de Chelyabinsk. S'ensuivit une onde de choc et des dommages qui occasionnèrent quelque 1 500 blessés.

Le Réseau International d'Alerte aux Astéroïdes (IAWN) a coordonné une campagne d'observations inter-organisationnelle de l'astéroïde 1999 KW4 lors de son passage. Les scientifiques ont ainsi testé le système d'alerte destiné aux Objets Géocroiseurs (NEO) afin de prouver l'efficacité de la technologie développée par l'ESO pour assurer la première ligne de défense de notre planète.

L'orbite de l'astéroïde étant bien connue, les scientifiques ont été en mesure de prévoir ce survol et de préparer la campagne d'observations.

L'ESO s'est joint à la campagne au moyen de son installation phare, le Very Large Telescope (VLT). Le VLT est muni de SPHERE – l'un des rares instruments au monde capable d'acquérir des images suffisamment résolues pour séparer les deux composants de l'astéroïde, distants de 2,6 km.

SPHERE fut conçu dans le but d'observer les exoplanètes. Il est équipé d'un système d'optique adaptative (AO) à la pointe de la technologie, corrigeant les effets de la turbulence atmosphérique et délivrant des images aussi nettes que si le télescope opérerait depuis l'espace. En outre, il est muni de coronographes destinés à atténuer l'éblouissement généré par les étoiles brillantes et donc à révéler l'éventuelle présence d'exoplanètes.

Délaissant sa quête nocturne d'exoplanètes, SPHERE a acquis des données permettant aux astronomes de caractériser le double astéroïde. Il est notamment désormais possible de différencier les compositions de l'un et l'autre corps.

***Illustration de la distance de 1999 KW4 par rapport à celle de la Lune au moment de son passage au plus près de nous.
(ESO)***





Ces données, combinées à celles acquises par les autres télescopes participant à la campagne lancée par l'IAWN, se révéleront essentielles pour évaluer l'efficacité des stratégies mises en place pour éviter toute collision d'un astéroïde avec la Terre. Dans le pire des cas, les connaissances acquises permettront d'anticiper le type d'interaction d'un astéroïde avec l'atmosphère ou la surface terrestre, et donc d'atténuer les dommages causés par la collision.

Bien que 1999 KW4 ne présente aucune menace réelle, il montre de grandes similitudes avec un autre système d'astéroïdes binaire baptisé Didymos, susceptible de constituer un danger pour la Terre dans un avenir lointain.

Didymos et son compagnon « Didymoon » constituent les cibles d'une prochaine expérience pionnière de défense planétaire. La sonde DART de la NASA percutera Didymoon dans le but de modifier son orbite autour de son compagnon. Cette expé-

À gauche, l'astéroïde double 1999 KW4 observé par SPHERE. La résolution angulaire de cette image est telle qu'elle permettrait d'apercevoir un monument new-yorkais depuis Paris. À droite, une vue d'artiste.
(ESO)

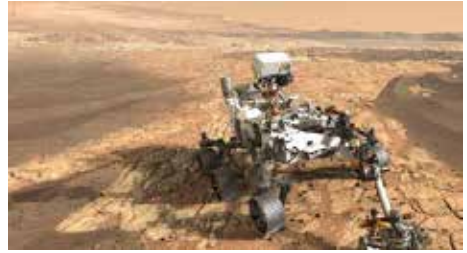
rience vise à tester la faisabilité de l'hypothèse de déflexion des astéroïdes. Après l'impact, la mission Hera de l'ESA survolera les astéroïdes Didymos. Dès 2026, elle collectera des données relatives à la masse de Didymoon, à ses propriétés de surface ainsi qu'à la forme du cratère d'impact de DART.

Le succès de telles missions dépend de la qualité de la collaboration entre organisations. Le suivi des objets géocroiseurs (NEO) constitue l'un des principaux axes de collaboration entre l'ESO et l'ESA. Cet effort de coopération se poursuit depuis la première expérience de suivi réussie d'un objet potentiellement dangereux menée en 2014.

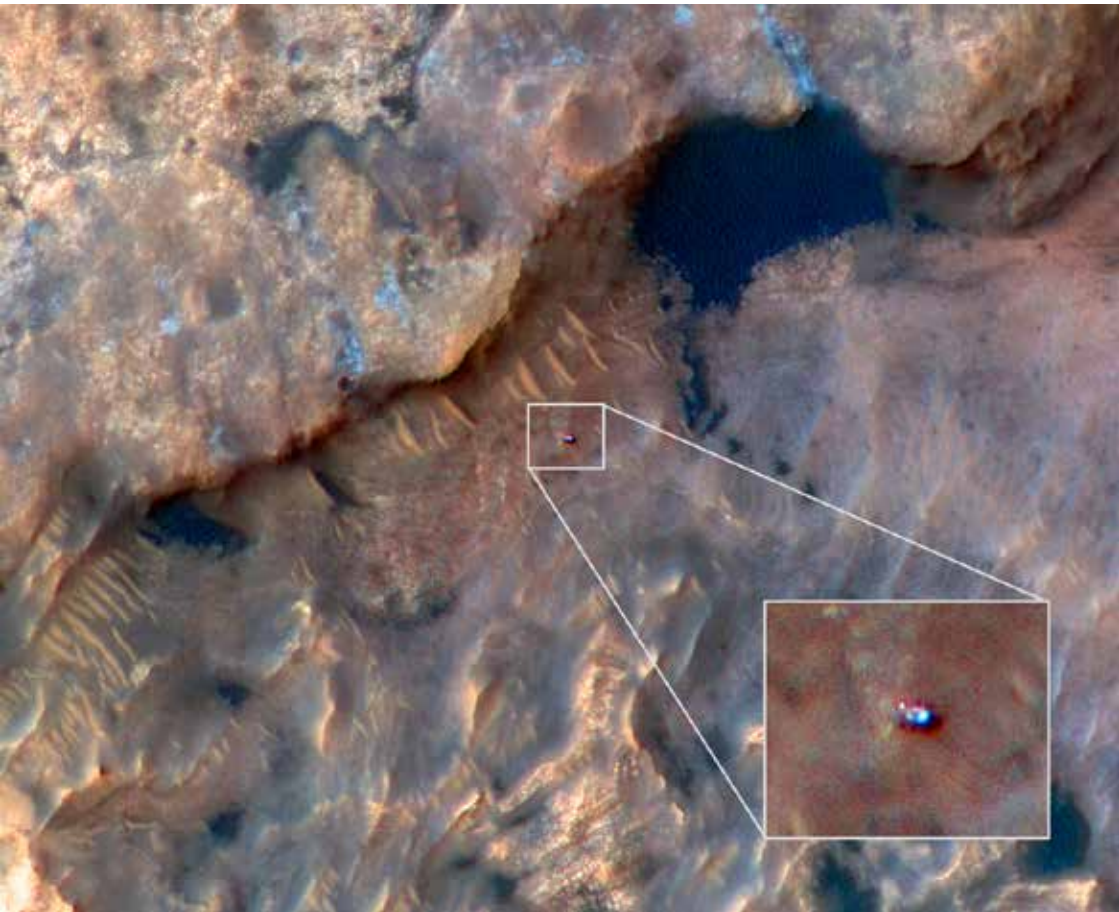
Curiosity

Une réflexion par la « tête » du rover Curiosity apparaît comme un point brillant sur cette image prise le 31 mai par la caméra HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment) du satellite MRO (Mars Reconnaissance Orbiter). À ce moment le rover était tourné à 65 degrés du nord, dans le sens antihorlogique. Il se trouvait sur les flancs du Mont Sharp, à un endroit baptisé « Woodland Bay » dans une zone argileuse.

▼ *Curiosity vu par le MRO.*
(NASA/JPL-Caltech)



▲ *La tête de Curiosity contient pas moins de 7 caméras : le Remote Micro Imager, quatre caméras de navigation et deux caméras couleur.*
(NASA/JPL-Caltech)



Super-Terre ou sous-Neptune ?

On a pour la première fois identifié la composition chimique de l'atmosphère d'une planète de taille intermédiaire entre la Terre et Neptune – un type inconnu dans le Système solaire mais commun près d'autres étoiles puisqu'il représente probablement 80% des planètes de la Galaxie. Cet astre, Gliese 3470 b (=GJ 3470 b) est 12,6 fois plus massif que notre planète alors que Neptune fait plus de 17 fois la Terre. Il possède un gros noyau rocheux masqué par une épaisse atmosphère d'hydrogène et d'hélium.

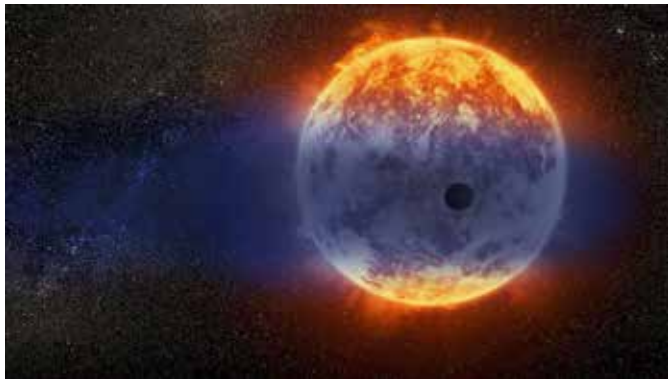
Beaucoup de ses semblables ont été découverts par le télescope spatial Kepler dont la mission s'est terminée l'an passé. Cependant, la composition de leur atmosphère restait mystérieuse.

En combinant des observations des télescopes spatiaux Hubble et Spitzer, les astronomes ont maintenant une idée de cette composition. Ils ont observé au total 32 éclipses ou transits. Lors d'une éclipse de la planète la lumière réfléchie par celle-ci disparaît. Lors d'un transit, celle de l'étoile est partiellement absorbée par l'atmosphère planétaire.

L'atmosphère s'est révélée étonnamment claire, avec seulement quelques minces voiles

de brume de sorte que l'on peut voir très profondément. Les astronomes s'attendaient à trouver comme sur Neptune une forte proportion d'éléments lourds tels que l'oxygène et le carbone formant en abondance des composés comme l'eau et le méthane. En réalité la mixture atmosphérique d'hydrogène et d'hélium ressemble beaucoup plus à celle du Soleil.

On pense que les exoplanètes du type Jupiter chaude se forment loin d'une étoile puis migrent vers elle. GJ 3470 b semble plutôt s'être formée tout près de son étoile comme un astre rocheux, sans atmosphère, entouré d'un disque protoplanétaire de composition primordiale, c'est-à-dire essentiellement d'hydrogène et d'hélium. Par la suite, la planète a accreté son atmosphère à partir du disque.



▲ *En raison de la proximité de l'étoile, l'atmosphère de GJ 3470 b s'évapore rapidement. Impression d'artiste.*
(Wikipedia - CC BY 4.0)



◀ *Tailles relatives de la Terre et de GJ 3470 b.*

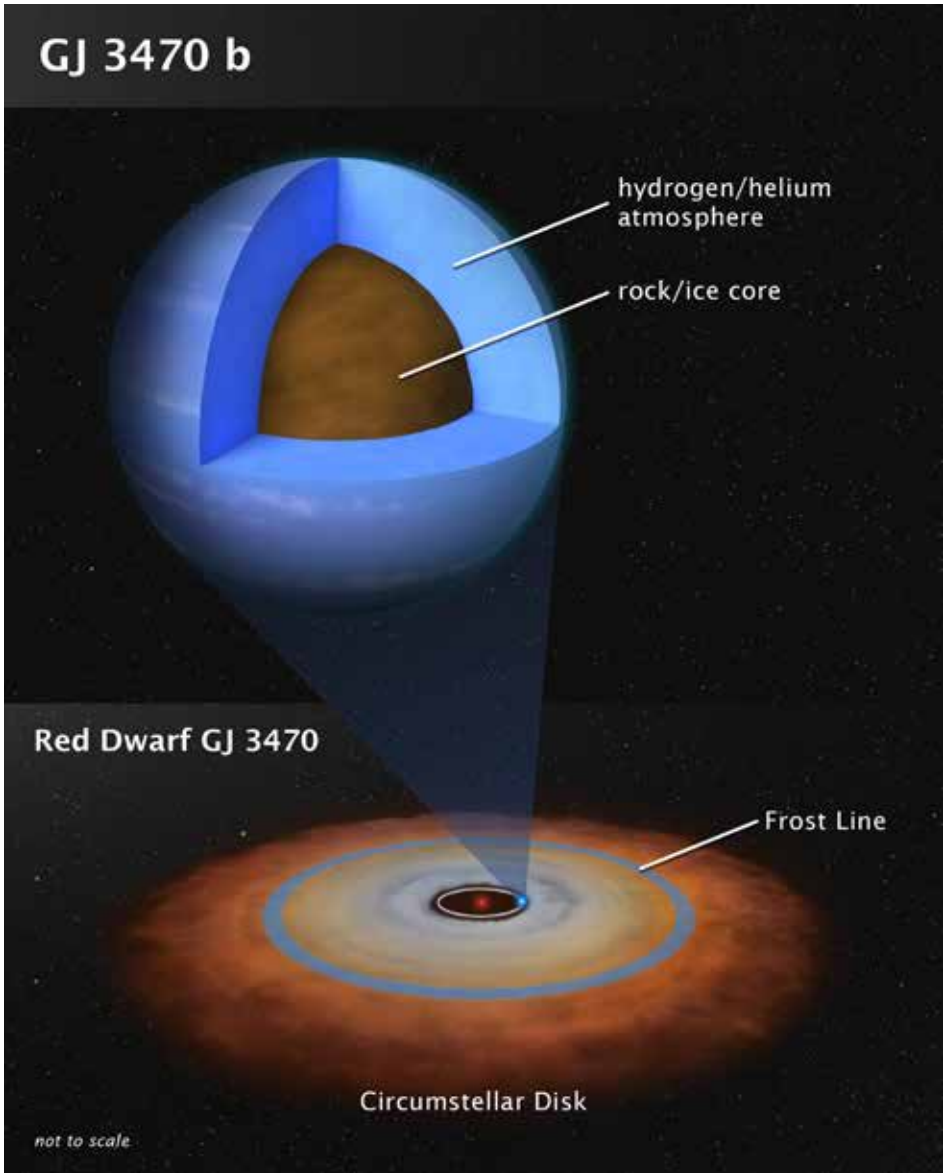


Illustration de la structure interne de l'exoplanète GJ 3470 b. D'une masse comprise entre celles de la Terre et de Neptune, elle s'est peut-être formée comme un

astre rocheux près de la naine rouge GJ 3470, avant d'attirer une atmosphère épaisse à partir d'un disque d'accrétion. (NASA, ESA, L. Hustak/STScI)

Tsunami martien

Basé sur un communiqué CNRS/INSU

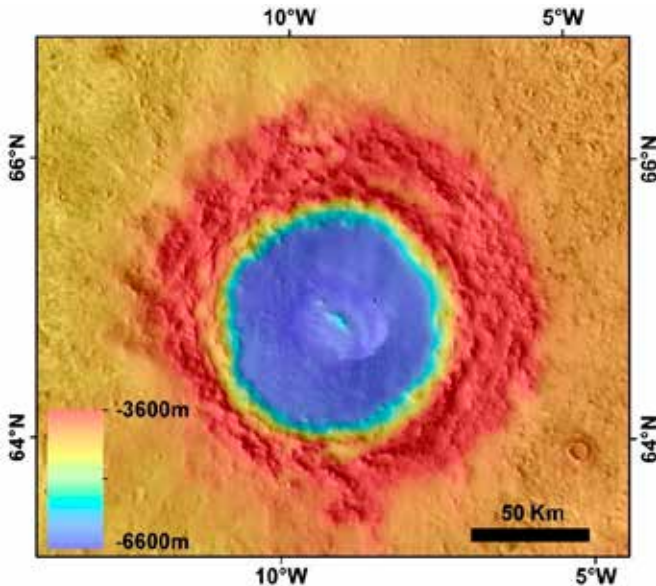
La recherche d'indices prouvant ou non la présence d'un ancien océan dans l'hémisphère nord de Mars est un véritable challenge. L'hypothèse que les plaines boréales de la planète furent recouvertes par un océan est renforcée par la récente identification d'un cratère à l'origine d'un méga-tsunami ayant recouvert les paléo-rivages de la région d'Arabia Terra.

Sur Terre, les cratères marins présents dans les fonds océaniques ont été à l'origine de méga-tsunamis comme le cratère Chicxulub il y a 66 millions d'années et dont on trouve encore aujourd'hui la trace grâce aux dépôts clairement identifiés le long des paléo-côtes du golfe du Mexique. Ces cratères marins terrestres sont connus pour présenter une morphologie bien particulière. Au moment de l'impact dans un océan peu profond, il se forme une cavité transitoire qui va subir des déformations importantes causées par le contexte marin avec des remparts de cratères larges et effondrés et des dépôts importants de sédiments dans le cratère lors du remplissage soudain du cratère par la mer.

C'est en utilisant ces mêmes indices que les scientifiques ont été conduits à identifier le cratère Lomonosov (120 km de diamètre) comme étant à l'origine d'un gigantesque tsunami.

C'est en couplant les images de la caméra HRSC de la sonde Mars Express de l'ESA et les données topographiques, qu'il a été possible de mettre en évidence le caractère unique de ce cratère. Celui-ci se distingue par une topographie bien particulière comme les nombreux effondrements de son rempart, des ouvertures le long du rempart, le remplissage en sédiments dans le fond du cratère et le déficit en volume de son rempart. Autant d'indices qui ne peuvent s'expliquer que par le contexte marin provoquant l'effondrement de la cavité transitoire au moment de l'impact dans un océan peu profond. Il se trouve que l'âge de ce cratère (déterminé par la technique du comptage de cratères) correspond à l'âge des dépôts de tsunamis précédemment identifiés dans la région d'Arabia Terra.

On savait que Mars contenait un océan primitif, mais la récente identification de ce cratère à l'origine des dépôts de tsunamis suggère qu'un océan était aussi présent bien plus récemment il y a environ 3 milliards d'années sur Mars. Cette conclusion de l'étude relance le débat de l'existence de cet hypothétique océan et a de fortes implications sur les conditions climatiques qui devaient régner à cette époque.



Le cratère Lomonosov de 120 km de diamètre. Données altitudinales du Mars Orbiter Laser Altimeter. (NASA/JPL/USGS)

Météorites de l'Atacama

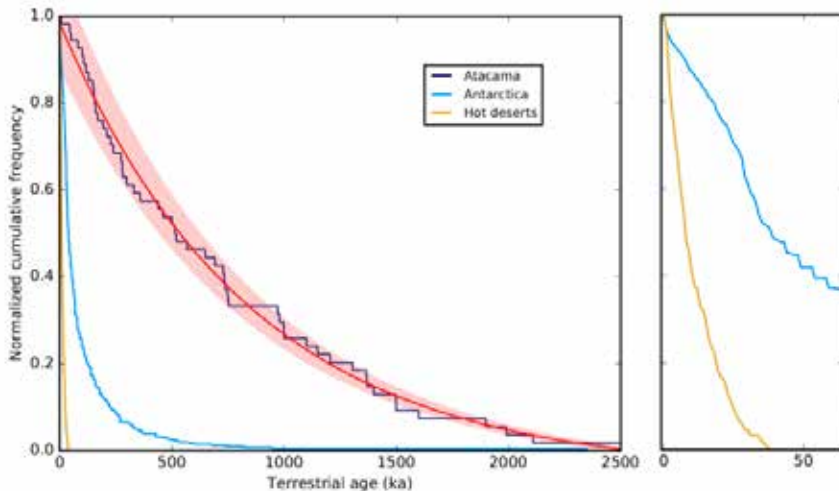
Basé sur un communiqué CNRS/INSU

La datation des chutes de météorites collectées dans la dépression centrale du désert d'Atacama (Chili) révèle qu'avec une moyenne de 700 000 ans (700 ka), cette collection de météorites est de loin la plus ancienne sur Terre. Certaines de ces météorites sont au sol depuis plus de 2 millions d'années (2 Ma), soulignant l'extrême stabilité de ce désert. Bien plus ancienne que les collections issues d'autres déserts chauds et même d'Antarctique, la collection de météorites d'Atacama offre l'opportunité unique de sonder la variabilité du flux de météorites sur les deux derniers millions d'années.

Au cœur du Chili, l'Atacama est le plus vieux désert sur Terre, avec des âges de surface dépassant par endroit les 20 Ma. Des expéditions successives ont montré qu'il abritait les plus grandes densités de météorites au sol, jusqu'à 200 météorites par km². Coïncidence ou corrélation ? Pour le déterminer, des scientifiques ont mesuré les âges terrestres (âges de chute sur Terre) d'un échantillon aléatoire de 54 météorites (chondrites) de la région El Médano parmi les 400 retrouvées à ce jour.

La détermination des âges repose sur la mesure de la concentration des grains de métal des météorites en ³⁶Cl, un isotope radioactif qui est produit jusqu'à saturation dans le météoroïde précurseur de la météorite par exposition aux rayons cosmiques pendant le transfert de plusieurs millions d'années depuis la ceinture d'astéroïdes jusqu'à la Terre. Une fois sur Terre, l'atmosphère protège la météorite de ces rayonnements énergétiques et la production de ³⁶Cl devient infime. Le capital en ³⁶Cl de la météorite s'évanouit alors progressivement par désintégration radioactive. La détermination

Distribution cumulative normalisée des âges terrestres des météorites d'Atacama (bleu, cette étude) et meilleure approximation exponentielle (rouge). Les résultats sont mis en comparaison avec la distribution obtenue dans les autres déserts chauds de la planète (ocre) et celle d'Antarctique (bleue). Le panneau de droite est un agrandissement sur les âges entre 0 et 65 milliers d'années. Le domaine coloré représente l'incertitude maximale sur les âges, estimée à 90 milliers d'années.
 (A. Drouard et al., 2019)





de l'abondance en ^{36}Cl permet ainsi d'estimer avec une précision de l'ordre de 50 000 ans l'âge de la chute sur Terre de la météorite. Pour obtenir l'abondance en ^{36}Cl , il a fallu au préalable séparer la fraction métallique des autres minéraux des échantillons puis en extraire le ^{36}Cl par précipitation du chlorure d'argent. Finalement, les mesures d'abondance en ^{36}Cl ont été obtenues avec un spectromètre de masse.

La distribution des âges obtenus montre que les météorites chiliennes constituent de loin la plus ancienne collection de météorites sur Terre. L'âge terrestre moyen y est de 710 ka, comparé à 12 ka pour les autres déserts chauds et 99 ka en Antarctique. Par ailleurs, les plus anciennes chondrites d'Atacama qui ont été retrouvées sont arrivées sur Terre il y a plus de 2,5 millions d'années ! Ces résultats concordent bien avec l'ancienneté et l'hyperaridité de ce désert et expliquent la forte densité de météorites dans la région. Sur la base de ces

Campagne de recherche systématique de météorites dans le désert d'Atacama, Chili.
(A. Drouard et al., 2019)

mesures, l'équipe a également pu estimer que tombaient en moyenne 222 météorites de plus de 10 grammes par km^2 et Ma sur Terre, affinant de précédentes estimations.

L'existence d'une collection si ancienne offre une opportunité unique de sonder la variabilité temporelle du flux de météorites sur des échelles de temps assez longues pour être pertinentes au vu de la durée classique des transferts des météorites depuis la ceinture d'astéroïdes vers la Terre. À partir de leur échantillonnage, les scientifiques ont observé en particulier une variabilité significative dans la composition du flux de météorites avec des variations significatives des abondances relatives des deux plus gros contributeurs (les

chondrites ordinaires des groupes L et H) sur le dernier million d'années. Ce dernier résultat, même s'il demande confirmation sur une collection de météorites indépendante, montre que le désert d'Atacama offre la possibilité unique d'apporter de nouvelles contraintes sur l'histoire collisionnelle des corps parents des météorites et des mécanismes de transfert des météoroïdes vers la Terre.

Les conditions qui font de l'Atacama un site idéal pour observer le ciel en font aussi l'endroit rêvé pour les chasseurs de météorites. Le village de San Pedro abrite même un musée des météorites contenant plus de 3 000 de ces pierres. (Otavio Piske - Flickr : Museo Del Meteorito)

▲ *Au cours des derniers millions d'années, il est tombé sur Terre environ 222 météorites d'un poids supérieur à 10 grammes par kilomètre carré et par million d'années.*
(Jérôme Gattacceca, CEREGE)

▼ *La météorite la plus célèbre de l'Atacama est sans doute la pallasite d'Imilac trouvée en 1822. Une coupe montre par transparence les cristaux d'olivine.*
(NHM)

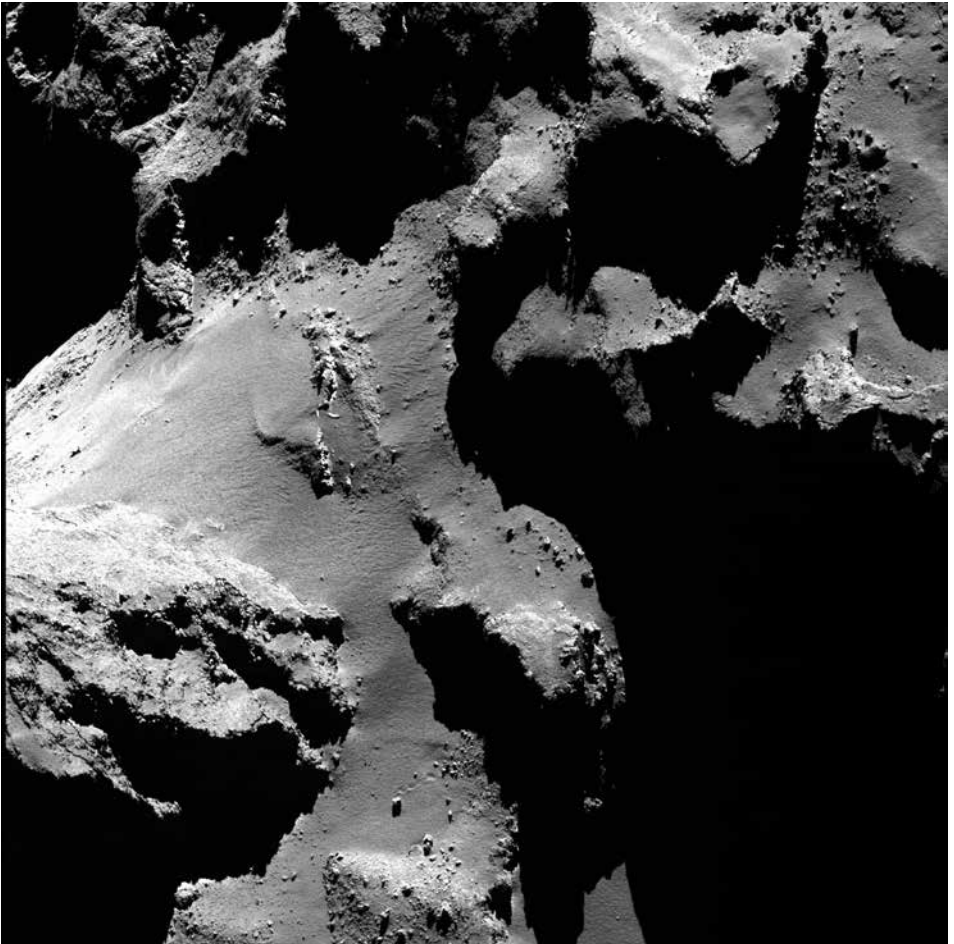
Comète 67P/Churyumov-Gerasimenko

En analysant les images prises par la sonde Rosetta de l'ESA, les scientifiques ont observé de nouveaux exemples de roches déplacées et de falaises effondrées.

Rosetta a rôdé autour de 67P/Churyumov-Gerasimenko d'août 2014 à septembre 2016, enregistrant des données relatives à l'environnement de gaz et de poussières, à sa surface et à sa structure interne.

Parmi ces données, figurent quelque 76 000 images à haute résolution capturées par la caméra OSIRIS, ce qui a permis de rechercher des changements à la surface du noyau, particulièrement après la phase la plus active correspondant au passage au périhélie.

Au bas de l'image on peut voir les traces qu'un rocher a laissées en roulant sur la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. (ESA/Rosetta/MPS/OSIRIS Team, MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA; CC BY-SA 4.0)



Le noyau est parsemé de débris. Parfois on peut voir des rochers propulsés dans l'espace ou roulant sur la surface. Un nouvel exemple a été identifié dans la région du « cou » reliant les deux lobes du noyau, une région qui a subi pas mal de changements notables durant la mission. Un rocher d'une dizaine de mètres est apparemment tombé d'une falaise de 50 mètres de haut et a rebondi plusieurs fois sur le sol meuble sans se briser, laissant des empreintes nettes. On estime sa masse à 230 tonnes et c'est sans doute le plus gros fragment de tout un éboulement.

La résolution des images n'est pas suffisante pour localiser avec précision le départ de l'éboulement, la sonde Rosetta ayant dû garder ses distances en raison justement de la forte activité du noyau.

L'étude de ces événements à divers endroits du noyau permet de déterminer les propriétés mécaniques du sol ainsi que des roches. En général les constituants du noyau ont une faible cohésion. Les rochers y sont une centaine de fois plus friables que de la neige tassée.

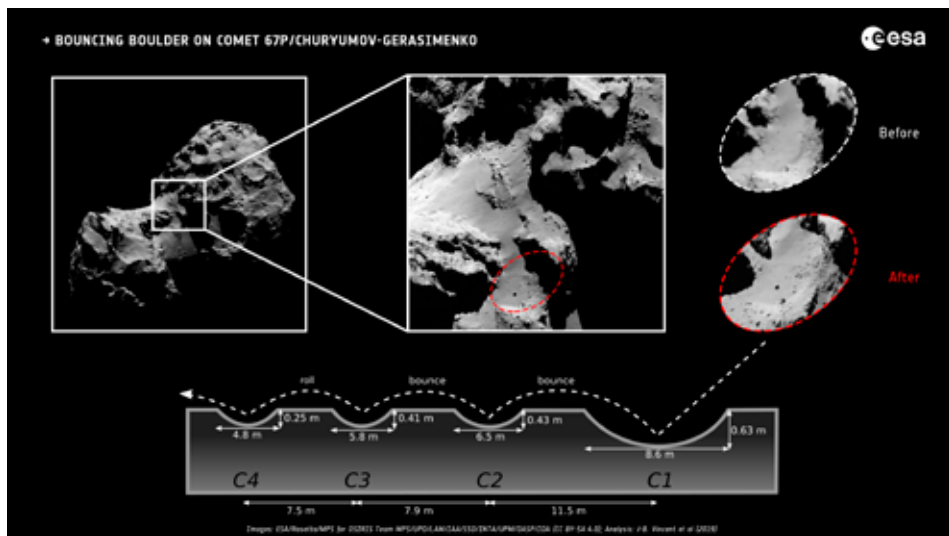
On a aussi vu sur 67P l'effondrement de falaises le long de lignes de rupture. Ainsi en juillet 2015 tout un segment de 70 mètres de la falaise Aswan s'est écroulé. Le 12 septembre

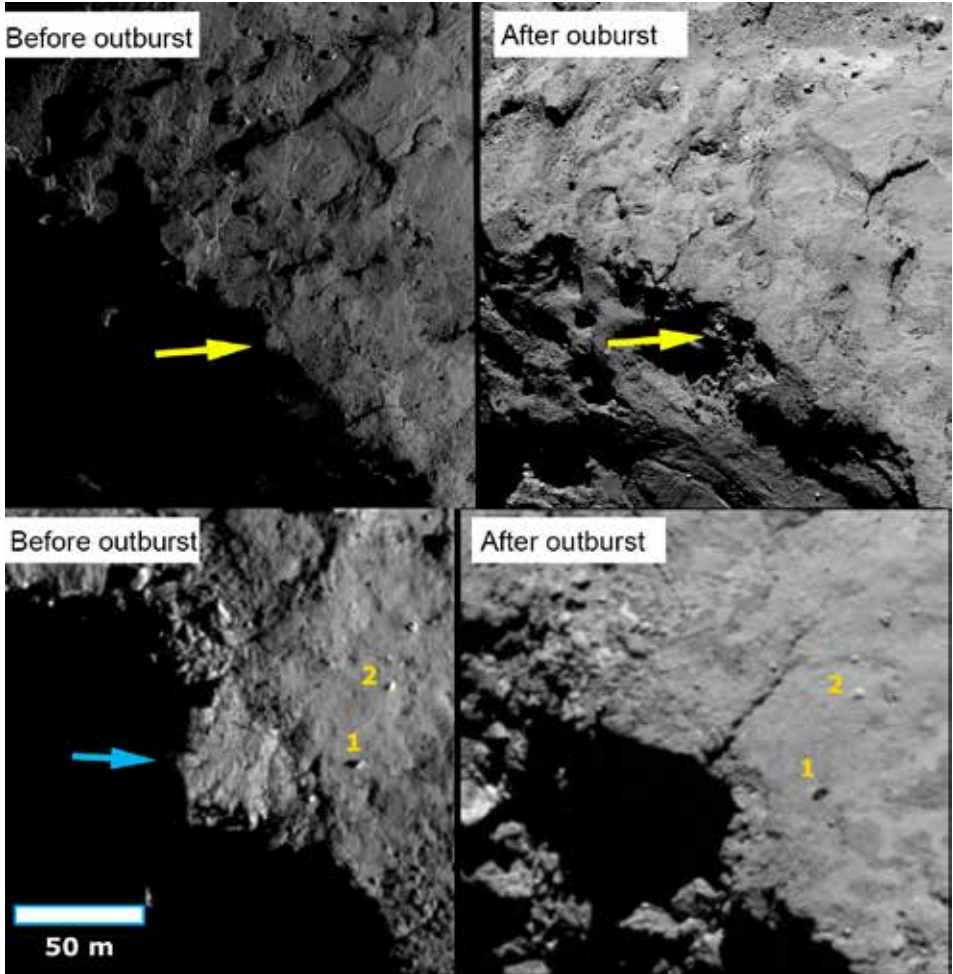
de la même année, un sursaut d'éclat de la comète semble pouvoir être mis en relation avec un effondrement encore plus important, sur environ 2 000 mètres carrés, à la rencontre des hémisphères nord et sud. Au périhélie, l'hémisphère sud était tourné vers le Soleil et sujet à une très forte activité.

L'examen des débris autour des éboulements montre que des événements encore plus importants ont dû se produire dans le passé. On y voit des blocs de toutes tailles, certains nettement plus gros que ceux tombés lors de l'écroulement de la falaise Aswan et qui ne faisaient que quelques mètres de diamètre.

Tous ces accidents qui ont jalonné la vie de la comète nous renseignent sur sa structure interne et nous permettent de mieux comprendre son évolution.

La première image montre où se situe le rocher qui s'est déplacé. Les vignettes montrent un gros plan de la région avant (17 mars 2015) et après (19 juin 2016) le mouvement. Il a dû tomber de la falaise proche qui fait 50 mètres de haut. Le graphique du bas donne une modélisation des rebonds sur le régolithe mou. (ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA; CC BY-SA 4.0; J-B. Vincent et al, 2019)





Images prises avant et après l'éboulement d'une falaise sur le noyau de 67P/Churyumov-Gerasimenko. En haut, les flèches jaunes indiquent la position d'une crevasse à la frontière entre l'hémisphère nord éclairé et l'hémisphère sud obscur du petit lobe du noyau, avant et après un gros sursaut d'activité de la comète (respectivement septembre 2014 et juin 2016). Les images du bas sont des agrandissements. La flèche bleue montre la falaise qui s'est effondrée. Les roches 1 et 2 sont marquées comme repères. (ESA/Rosetta/MPS/OSIRIS Team ; MPS/UPD/LAM/ IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA; CC BY-SA 4.0)

De gauche à droite et de haut en bas, cinq phases d'une violente éruption subie par la comète 67P le 12 septembre 2015.

(ESA/Rosetta/MPS/OSIRIS Team ; MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA; CC BY-SA 4.0)

