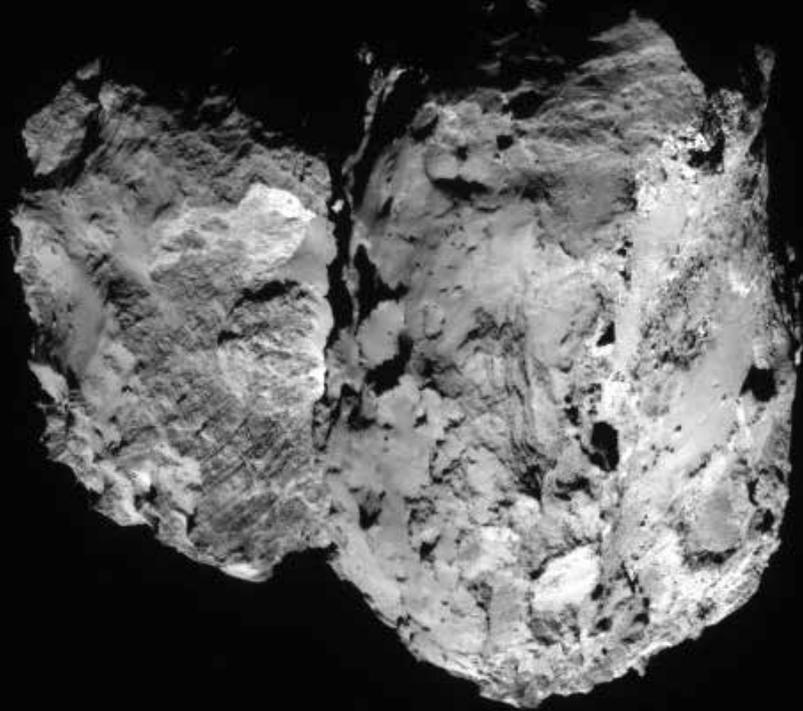


L'astronomie dans le monde



*La comète 67P photographiée le 6 août par
Rosetta d'une distance de 96 kilomètres.
(ESA/Rosetta/NAVCAM)*

La sonde cométaire Rosetta arrive à destination

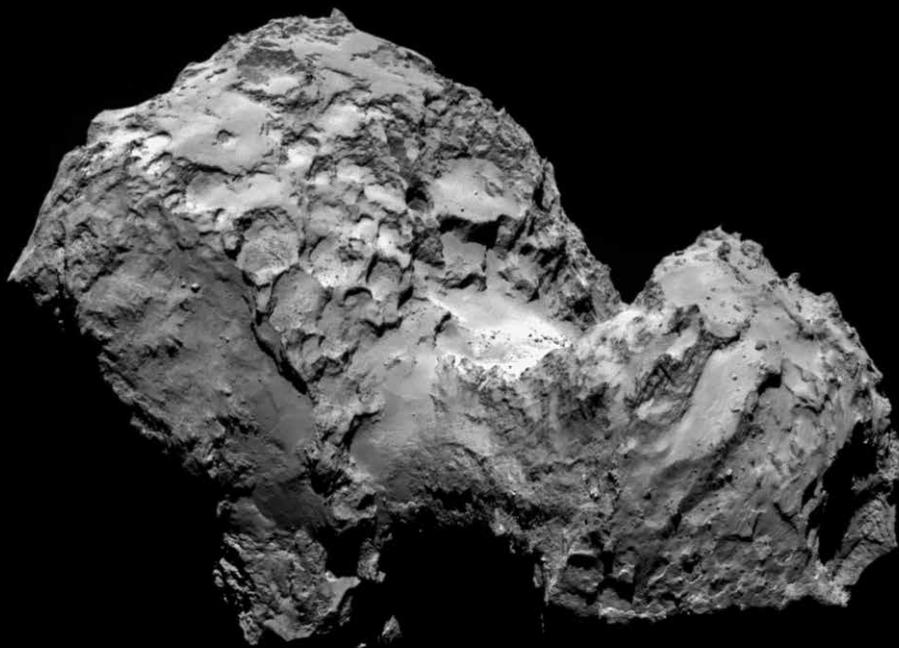
Communiqué de presse ESA

Après un périple de 10 ans à la poursuite de sa cible, la sonde Rosetta de l'ESA est devenue aujourd'hui le premier véhicule spatial à avoir effectué un rendez-vous cométaire, ce qui ouvre un nouveau chapitre dans l'exploration du Système solaire.

La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko et Rosetta qui se trouvent maintenant à 405 millions

de kilomètres de la Terre, quasiment à mi-distance entre les orbites de Jupiter et de Mars, se dirigent vers le Système solaire interne à une vitesse de presque 55 000 km/h.

La comète suit une orbite elliptique de 6,5 ans qui la conduit des confins extérieurs de Jupiter, pour le point le plus éloigné du Soleil, jusqu'à l'espace compris entre les orbites de Mars et de la Terre, pour le point le plus proche du Soleil. Rosetta accompagnera la comète pendant plus d'une année au cours de son voyage autour du Soleil, puis à nouveau en direction de Jupiter.



La comète 67P photographiée le 3 août par Rosetta d'une distance de 285 kilomètres. (ESA/Rosetta/OSIRIS narrow-angle camera)

Les comètes sont considérées comme les constituants primitifs du Système solaire, qui ont probablement contribué à la présence d'eau sur Terre et peut-être même au développement de la vie. Mais de nombreuses questions fondamentales sur ces objets énigmatiques restent sans réponse et, grâce à son étude exhaustive in situ de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, Rosetta a pour mission de percer les secrets qu'elle recèle.

La sonde européenne Rosetta est le premier véhicule spatial à avoir effectué un rendez-vous cométaire. Mais ce voyage vers la comète ne s'est pas fait en une seule étape. Depuis son lancement en 2004, Rosetta a survolé trois fois la Terre et une fois Mars afin de bénéficier d'une assistance gravitationnelle lui permettant d'atteindre son objectif final. Au cours de cet itinéraire complexe, Rosetta s'est également approchée des astéroïdes Steins et Lutetia, dont elle a pris des images exceptionnelles et collecté des données scientifiques du plus haut intérêt.

La comète a commencé à révéler ses caractéristiques alors que Rosetta était encore en phase d'approche. Les images prises par la caméra OSIRIS entre fin avril et début juin ont montré une activité variable. Ainsi, au cours de ces six semaines, la coma de la comète – longue enveloppe de gaz et de poussière – est rapidement devenue plus brillante avant de perdre à nouveau en intensité lumineuse.

Au même moment, les premières mesures prises par l'instrument MIRO (radiomètre-spectromètre hyperfréquences de l'orbiteur de Rosetta) indiquaient que la comète libérait dans l'espace de la vapeur d'eau à raison d'environ 300 millilitres par seconde.

Par ailleurs, les mesures effectuées par l'instrument VIRTIS (spectromètre de cartographie thermique dans le visible et l'infrarouge) révélaient une température moyenne de l'ordre de -70°C , ce qui correspond à une surface globalement sombre et poussiéreuse plutôt que propre et glacée.

Puis, des images étonnantes prises à une distance d'environ 12 000 km ont commencé à montrer que le noyau de la comète est consti-

tué de deux segments distincts reliés par un « cou », ce qui lui donne un peu la forme d'un canard. Les images suivantes ont révélé de plus en plus de détails

Cette structure bilobée résulte-t-elle de la rencontre de deux comètes distinctes à un moment de l'histoire du Système solaire ou s'agit-il d'une comète qui a connu une érosion spectaculaire et asymétrique au fil du temps ? Avec ses instruments, Rosetta est parfaitement positionnée pour étudier au mieux un corps céleste aussi exceptionnel.

Rosetta se trouvait initialement à 100 km de la surface de la comète, mais elle s'en rapproche progressivement. Durant six semaines, elle évolue sur deux trajectoires triangulaires face à la comète, d'abord à une distance de 100 km, puis de 50 km. Dans le même temps, d'autres instruments de la sonde procèdent à une étude scientifique détaillée de la comète afin de trouver un site approprié où l'atterrisseur Philae pourra se poser.

In fine, Rosetta essaiera de se placer sur une orbite rapprochée quasi circulaire à 30 km de la comète, voire encore plus près en fonction de l'activité de celle-ci.

Cette approche n'est que la première étape d'une aventure encore plus extraordinaire qui va comporter de nombreux autres défis à mesure que nous apprendrons comment travailler dans cet environnement inexploré, comment évoluer en orbite autour de la comète et comment faire atterrir un engin à sa surface. Pas moins de cinq sites d'atterrissage possibles doivent être identifiés avant le choix du site de référence à la mi-septembre. La séquence d'événements conduisant au déploiement de Philae – actuellement prévu le 11 novembre prochain – sera confirmée à la mi octobre.

Après l'atterrissage de Philae, Rosetta continuera d'accompagner la comète jusqu'à ce qu'elle atteigne son point le plus rapproché du Soleil en août 2015. Ensuite, Rosetta scrutera de près son comportement et nous donnera en temps réel des données précieuses sur l'évolution de la comète lorsque celle-ci évoluera autour du Soleil.

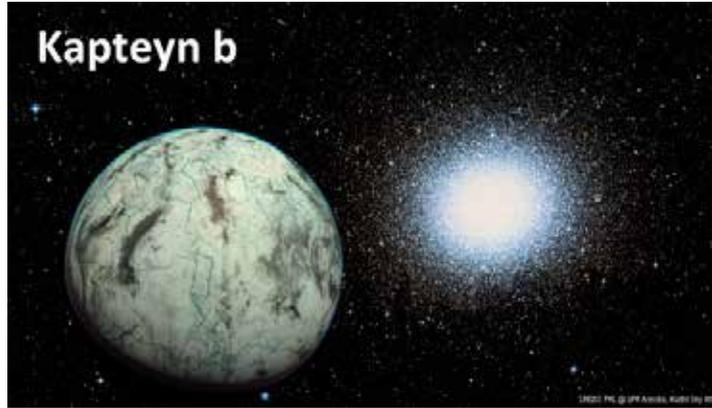
Exoplanètes remarquables

Kapteyn b

L'étoile de Kapteyn (appelée également GJ 191, HD 33793 ou CD-45 1841) doit son nom à l'astronome hollandais Jakobus Kapteyn (1851–1922) qui reconnut son grand mouvement propre (plus de 8 secondes d'arc par an) dès 1897 alors qu'il travaillait sur les plaques photographiques devant servir au catalogue Cape Photographic Durchmusterung (en abrégé CPD ou CD, une extension australe du célèbre Bonner Durchmusterung (BD)). Seule l'étoile de Barnard, découverte en 1916) possède un mouvement propre plus rapide (plus de dix secondes d'arc par an).

La distance de l'étoile de Kapteyn est de 12,8 années-lumière. Cette étoile est une sous-naine rouge de neuvième magnitude. C'est une variable du type BY Draconis (elle porte la désignation de variable VZ Pic) montrant une activité magnétique et des taches comme le Soleil, mais sur une plus grande échelle.

L'étoile fait partie d'un groupe décrivant des trajectoires similaires dans la Voie lactée, le courant de Kapteyn. Sur base de similarités de composition, on a suggéré qu'elles provenaient de l'amas globulaire oméga du Centaure.



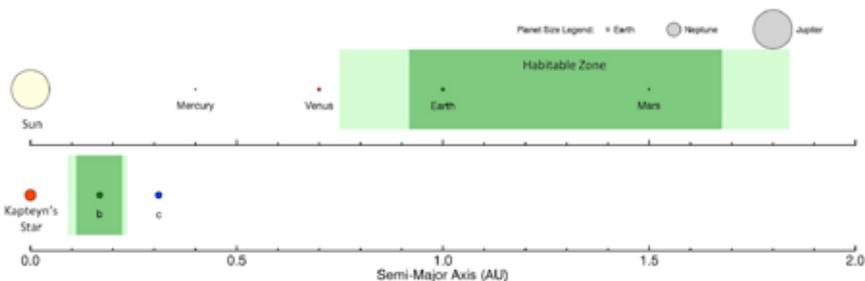
Représentation de la planète Kapteyn b avec en arrière-plan l'amas globulaire du Centaure, cœur d'une ancienne galaxie naine qui a fusionné avec la nôtre, lui léguant l'étoile de Kapteyn.

(PHL @ UPR Arcibo)

Zones habitables autour du Soleil et de l'étoile de Kapteyn. Celle du Soleil est plus éloignée et plus vaste que celle de Kapteyn en raison de la différence de luminosité des deux étoiles.

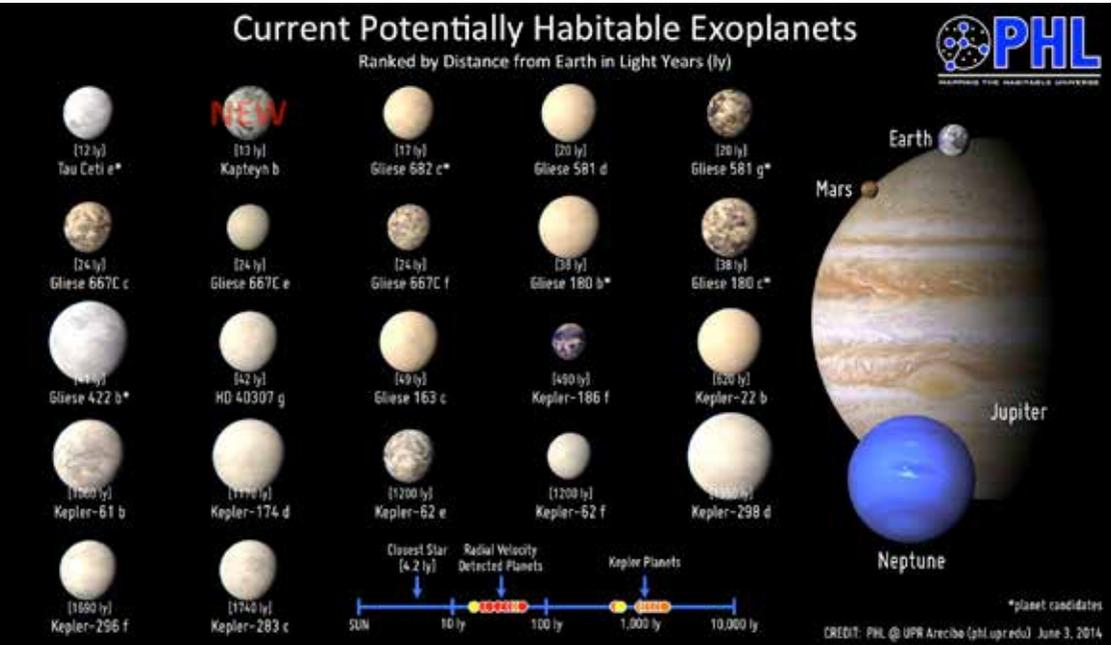
(PHL @ UPR Arcibo, Aladin Sky Atlas)

Inner Solar System and Kapteyn's Star



Stars Magnified x10, Planets Magnified x100

Credit: PHL @ UPR Arcibo



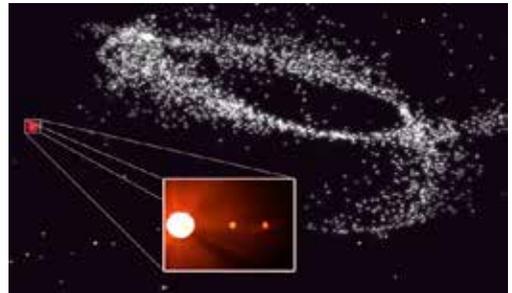
Elles en auraient été arrachées lors d'un passage rapproché. N'étant pas intégrées au disque de la Voie lactée, ces étoiles font partie du halo, et l'étoile de Kapteyn est la plus proche d'entre elles. Si cela est avéré, l'étoile serait âgée d'environ 11,5 milliards d'années, nettement plus que les 4,6 milliards du Soleil.

Des mesures spectroscopiques réalisées avec les spectromètres HARPS de l'ESO (La Silla, Chili), HIRES (observatoire Keck, Hawaii) et PFS au télescope Magellan (Las Campanas, Chili) ont permis de découvrir deux planètes autour de l'étoile de Kapteyn. L'une d'elles, Kapteyn b, se trouve dans la zone habitable, de sorte que l'eau peut y exister à l'état liquide en surface. Il s'agit d'une super Terre, de masse égale à cinq fois celle de notre planète. Son année est de 48 jours. L'autre planète, Kapteyn c et nettement plus loin et plus froide, probablement en dehors de la zone habitable. Son année est de 121 jours.

Kapteyn b est l'exoplanète en zone habitable la plus proche de nous après tau (τ) Ceti e (11,9 années-lumière).

La catalogue des planètes habitables contient 22 objets. (PHL @ UPR Arcibo)

L'étoile de Kapteyn et ses planètes proviennent probablement d'une galaxie naine qui a été absorbée par la Voie lactée. Kapteyn fait désormais partie du halo galactique, un nuage étendu d'étoiles en orbite elliptique autour de notre galaxie. (© University of California - Irvine : Victor Robles, James Bullock and Miguel Rocha)



Échelles de similarité et d'habitabilité

Pour éviter les limitations inhérentes à la définition de la zone habitable, les astronomes ont inventé un index permettant d'estimer le degré de similarité d'une planète avec la Terre (ESI, Earth Similarity Index), index qui va de 0 à 1, la valeur unité indiquant une planète identique à la nôtre pour ce qui est des dimensions, de la densité moyenne, de la vitesse de libération et de la température de surface.

On considère qu'avec un ESI supérieur à 0.80, un astre est certainement rocheux comme la Terre.

La table ci-jointe donne l'indice ESI de quelques exoplanètes, réelles, possibles ou improbables. Dans le Système solaire, Mars a un ESI de 0.60, Vénus, la sœur de la Terre, 0.44 seulement. Cette dernière valeur est due en grande partie à l'énorme différence de température entre Vénus et la Terre. Pour mieux préciser les différences on a proposé d'utiliser deux indices ESI distincts, l'un (ESI interne) ne tenant compte que du rayon et de la densité, l'autre (ESI de surface) de la température et de la vitesse de libération. L'ESI global, incorporant les quatre paramètres est une moyenne géométrique des deux. Vénus a un ESI interne très proche de l'unité (0.98) montrant sa grande similarité de rayon et de masse, mais un ESI de surface de 0.20 seulement.

Indice ESI d'exoplanètes

Gliese 581 g	0.92	n'existerait pas
KOI-3284.01	0.90	à confirmer
KOI-1686.01	0.89	à confirmer
KOI-3010.01	0.87	à confirmer
Gliese 667C c	0.84	
KOI-4742.01	0.83	à confirmer
Kepler-62 e	0.83	
KOI-1422.04	0.82	à confirmer
Gliese 832 c	0.81	
Kepler-186 f	0.64	

Indices PHI

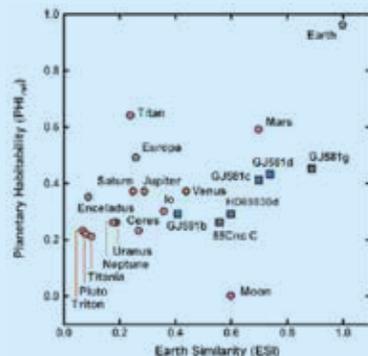
Terre	0.96
Vénus	0.37
Mars	0.59
Lune	0.00
Titan	0.64
Europe	0.49
Gliese 581 g	0.45
55 Cnc c	0.26

Les lunes, les astéroïdes ou les planètes naines peuvent naturellement être inclus dans le classement. Notre satellite se voit attribuer le score de 0.56, Titan 0.24. Une lune possible de l'exoplanète HD 222582 b aurait la valeur de 0.86, de même que des lunes non confirmées de plusieurs exoplanètes elles-mêmes non confirmées.

L'index ESI ne suffit pas à estimer l'habitabilité, une qualité qui dépend d'une foule d'autres facteurs. Un astre peut être dans la zone d'habitabilité et avoir un ESI proche de 1 et ne pas posséder d'atmosphère. Le simplisme du classement ESI lui vaut d'ailleurs le surnom facile d'« easy scale ».

Les astronomes ont alors mis au point l'indice d'habitabilité planétaire (PHI, Planetary Habitability Index) pour mesurer la possibilité de vie, un indice moins géo-centré que le degré de similarité et non biaisé vers la vie telle que nous la connaissons. Ce nouvel index tient compte du fait que la vie nécessite de la chimie, mais pas nécessairement à base de carbone, des fluides, mais pas obligatoirement de l'eau, des sources d'énergie, mais peut-être pas celle de l'étoile hôte.

La seconde table donne l'indice PHI de quelques astres. La Terre n'obtient pas le maximum en raison de la faiblesse de l'apport d'énergie par effet de marée. Les scores de Titan et Mars sont remarquables.



Relation entre les indices d'habitabilité et de similarité. (Schultze et al, 2011)

C'est aussi la plus vieille et il est remarquable que ce système planétaire ait pu subsister aussi longtemps malgré une histoire particulièrement mouvementée. Le Système solaire n'aura pas le loisir de durer aussi longtemps, le Soleil évoluant beaucoup plus vite que les étoiles naines.

Comme toujours, il est bon de rappeler que la notion de zone habitable pour les astronomes est très large ; Bien d'autres facteurs que la distance à l'étoile interviennent pour faire d'une planète un havre de vie.

Les données manquent encore pour pouvoir établir des indices de similarité ou d'habitabilité (voir page 367), cette planète ne se trouve donc pas dans le tableau.

Les naines rouges représentent un cas intéressant. Leur grand nombre – elles constituent la majorité des étoiles – et leur taille en font des cibles intéressantes pour la détection de planètes. Que ce soit par la méthode des transits ou des vitesses radiales, les effets d'une planète sur l'étoile sont plus importants et plus faciles à mettre en évidence que pour une grosse étoile massive. La proportion du disque occultée par une planète passant devant une naine est substantielle. Les variations de la vitesse radiale de l'étoile avec le mouvement de la planète sont plus fortes. Les étoiles naines tournant généralement lentement ont des raies spectrales très fines qui permettent des mesures de vitesse précises.

Le revers de la médaille est que les planètes des naines rouges sont soumises à l'humeur fort capricieuse de ces étoiles. Des vents continuels de particules doivent interagir avec l'atmosphère et le champ magnétique éventuels des planètes, créer de formidables aurores, souffler peu à peu l'atmosphère et la dissiper dans l'espace. La proximité de l'étoile fait que la rotation de la planète est synchrone avec le mouvement orbital. La même face est toujours tournée vers l'étoile ce qui entraîne un énorme gradient de température entre les hémisphères et entretient des vents très violents – tant que l'atmosphère existe.

Gliese 832 c

Gliese 832c (= HD 204961, LHS 3685) figure en troisième position dans le top des exoplanètes habitables, avec un indice ESI de 0.81. C'est la plus proche des trois ce qui justifie un intérêt particulier pour cet astre. Gliese 832 se trouve en effet à seulement 16 années-lumière, dans la constellation de la Grue.

Sa masse est plus de cinq fois celle de notre planète ce qui rend probable la présence d'une atmosphère dense et un effet de serre important. Elle doit être des plus inhospitalières et serait une super-Vénus avec une pesanteur écrasante, une atmosphère toxique sans doute très épaisse et tout aussi écrasante, et une température infernale. Ajoutons que l'étoile hôte est, comme pour Kapteyn b et beaucoup d'autres exoplanètes, une naine rouge, avec les effets délétères que cela peut entraîner. L'excentricité de l'orbite, parcourue en 36 jours, est forte, ce qui pour couronner le tout entraîne de fortes variations saisonnières.

Une première planète, Gliese 832 b, avait découverte en 2008. Il s'agit d'une géante gazeuse tournant autour de l'étoile en 9 ans environ. Avec beaucoup d'imagination, l'arrangement de ces deux planètes fait un peu penser à un Système solaire miniature.

Représentation artistique de Gliese 832 c à côté de la Terre. (PHL / UPR Arcibo)



Gliese 581

Il semble maintenant définitivement établi qu'il n'y a pas de planètes habitables dans le système de Gliese 581. Les signaux qui avaient laissé croire à leur présence sont dus à l'étoile elle-même.

Gliese 581 (= BD-07°4003, LHS 394) est, elle aussi, une naine rouge et une variable de type BY Dra (nom de variable : HO lib).

Des études successives avaient conduit à suggérer l'existence de jusqu'à six planètes autour de l'étoile. La première Gliese 581 b, de la taille de Neptune, a été découverte en 2005. La deuxième, plus légère (5 fois la Terre) a été trouvée en 2007, suivie de Gliese 581 d (7 fois la Terre) qui avait la particularité d'être dans la zone habitable. En 2009, une quatrième planète, très petite (2 fois la Terre) était découverte très près de l'étoile.

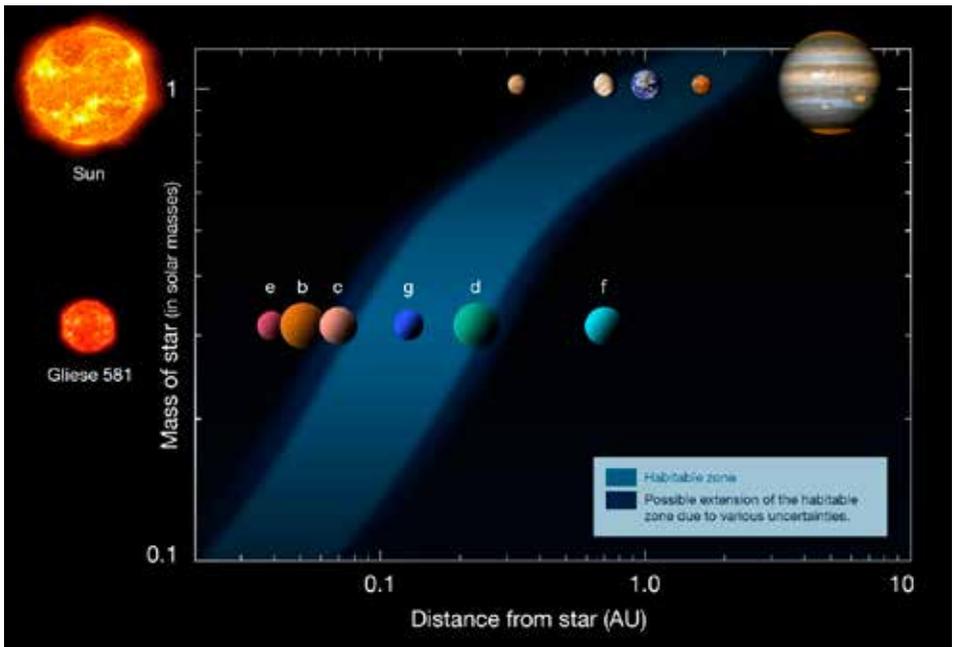
Deux autres planètes (f et g) étaient annoncées en 2010 (cf *Le Ciel*, novembre 2010, p. 368) et l'une d'elle, de type terrestre, devait se trouver en plein dans la zone habitable.

Les estimations des indices ESI et PHI la plaçaient au top de la liste des sœurs possibles de la Terre.

La complexité du système augmentait encore avec une ceinture de type Kuiper à plusieurs dizaines d'unités astronomiques de l'étoile.

L'existence de 581 f et g a été contestée dès le début par diverses analyses. 581 f fut la première à disparaître. Les taches de l'étoile produisaient le minuscule signal qui avait conduit à suggérer cette planète. Finalement une dernière étude conduit à abandonner définitivement les planètes d et g, les deux qui auraient dû se trouver dans la zone habitable. C'est évidemment assez fâcheux et Gliese 581 g reste maintenant avec seulement trois planètes confirmées, b, c et e, dont aucune dans la zone habitable.

Système de Gliese 581 au temps de sa splendeur, comparé à celui du Soleil. Les échelles sont logarithmiques. (ESO)





OGLE-2013-BLG-0341LB b

Parmi la faune exotique des exoplanètes, on en connaît – les circumbinaires – qui tournent autour d'étoiles doubles. Pour que le système soit stable, on imagine bien que les deux étoiles doivent être serrées, se comportant comme une seule source d'attraction.

Aucune de ces planètes n'est un tant soit peu semblable à la Terre. Par exemple Kepler 16 b qui accompagne un couple d'étoiles plus petites que le Soleil est un monde froid du type de Saturne, situé bien au-delà de la zone habitable. Le cas le plus curieux est peut-être celui de PSR B1620-26 b, découverte dès 1993, qui s'est avérée une planète 2,5 fois plus massive que Jupiter et qui tourne autour d'un pulsar et d'une naine blanche dans l'amas globulaire M44.

La détection de plusieurs systèmes circumbinaires par le télescope spatial Kepler via la méthode des transits montre qu'ils sont relativement nombreux. Le plan de la planète est généralement le même que celui des étoiles et la courbe de lumière présente donc à la fois les transits planétaires et les éclipses stellaires.

Comme une bonne partie, peut-être plus de la moitié, des étoiles sont multiples, l'étude de planètes circumbinaires est certainement d'un grand intérêt. Il est remarquable que la majorité de telles planètes parmi celles recensées par Kepler se trouvent dans la zone habitable, ou n'en sont pas loin, mais il faut

reconnaître que, d'une part elles doivent se trouver assez loin des étoiles pour que leur orbite soit stable et, d'autre part, leur détection est d'autant plus difficile qu'elles sont éloignées des étoiles.

Des circumbinaires ont été détectées autrement que par des transits, par exemple par une analyse fine des éclipses des binaires. Il y a même eu des découvertes par imagerie directe, ce qui concerne obligatoirement des planètes très éloignées de leurs soleils. Ainsi la binaire DT Vir (= Ross 458 AB) est accompagnée à 1 200 unités astronomiques d'une planète une petite dizaine de fois plus massive que Jupiter.

Le hasard des effets de lentille gravitationnelle a finalement permis la découverte d'une planète de type terrestre dans un système binaire, et elle s'est révélée d'un type tout à fait inédit. D'une masse deux fois plus grande que celle de la Terre, elle tourne autour d'une des étoiles du couple OGLE-2013-BLG-0341LB en une orbite semblable à celle de notre planète autour du Soleil. L'autre étoile est bien plus loin, à une position équivalente à celle de Saturne. Il ne s'agit donc pas d'une circumbinaire. Faisons confiance à l'imagination des astronomes pour trouver un nom à cette association. Ils devront aussi expliquer comment les planètes peuvent se former dans tous ces systèmes aussi variés.



Vision d'artiste de la planète tournant autour d'une des étoiles du couple OGLE-2013-BLG-0341LB b. (Cheongho Han, Chungbuk National University, Corée)

Les étoiles de OGLE-2013-BLG-0341LB ne sont pas de type solaire et bien trop faibles pour que la planète soit habitable. Ces objets sont distants de nous d'environ trois mille années-lumière.

En décembre 2012, une planète de masse terrestre avait été signalée autour de l'une des composantes du système double alpha (α) Centauri AB. La planète était censée se trouver très près de B et tournait autour d'elle en un peu plus de trois jours. Le couple AB est très écarté et a une période 80 ans, la présence de A ne devait donc pas beaucoup perturber l'orbite de la planète. Une troisième composante du système stellaire, la fameuse Proxima du Centaure est encore bien plus loin et, avec une masse moindre, elle n'a aucune influence. Alpha Cen Bb aurait constitué un premier exemple de planète terrestre autour d'un membre d'une binaire. Las, l'accumulation d'observations semble invalider cette découverte.

Les binaires dont l'un des membres possède une planète sont d'un grand intérêt. Comprendre comment un tel système peut naître et évoluer sollicite la sagacité des chercheurs. L'échantillon limité accessible actuellement a permis de comparer l'évolution de deux étoiles de même âge en présence et en l'absence de planètes. Ce genre d'étude a déjà pu montrer que les « Jupiters chauds » retardent le vieillissement des étoiles en entrete-

nant leur dynamo. L'activité stellaire apparaît donc plus forte qu'elle ne le devrait. Il faut donc tenir compte de cet effet lorsque l'on évalue l'âge des étoiles au travers de leur activité stellaire (taches, rayons X).

L'effet de lentille gravitationnelle avait déjà été invoqué pour annoncer la découverte d'une planète circumbinaire,

97-BLG-41 b, encore plus lointaine (10 000 années-lumière, mais il est apparu que les données avaient été mal interprétées.

Une étude théorique de 19 des binaires les plus proches de nous conclut que 17 d'entre elles permettraient l'existence de planètes de masse terrestre dans la zone habitable d'au moins l'une des composantes. Leur découverte n'est peut-être qu'une question de temps. Les candidates les plus prometteuses qui pourraient montrer les plus grands effets Doppler sont déjà recensées : HIP 14699, 30920, 106972, 114922, et 116132.

Dernièrement une binaire, XO-2, s'est révélée posséder des planètes autour de chacune de ses composantes. XO-2Nb, un Jupiter chaud, avait été découvert par ses transits devant l'étoile N. L'étude des vitesses radiales de XO-2S a démontré la présence de deux planètes autour d'elle.

Kepler-421b

Avec une année de 704 jours, Kepler-421b est l'exoplanète avec la période orbitale la plus longue que l'on connaisse. Elle est du type de Neptune et tourne autour d'une étoile de type K, un peu plus froide et plus petite que le Soleil, à une distance d'environ 175 millions de kilomètres, ce qui lui assure une température de -90°C .

Les chances de pouvoir observer les transits d'une planète aussi distante de son étoile

sont minimales. Il faut que le plan de l'orbite soit très précisément aligné vers nous. De plus, les événements se reproduisent rarement. En quatre ans d'observations, Kepler n'a observé que deux transits de cet objet. La plupart des 1 800 planètes déjà découvertes par cet observatoire spatial sont beaucoup plus proches de leur étoile.

Kepler-421b est située au-delà de la « ligne de glace », là où l'eau se condense en particules solides qui peuvent s'assembler pour créer des planètes géantes. On pense que toutes les planètes géantes ont dû se former au-delà de cette ligne. La présence de nombreuses géantes très près d'étoiles, avec des orbites de quelques jours, voire quelques heures, suggèrent qu'il y a eu une migration très tôt dans l'histoire de ces systèmes. Kepler-421b est le premier cas parmi les découvertes de Kepler où ce scénario n'est pas nécessaire.

Mars

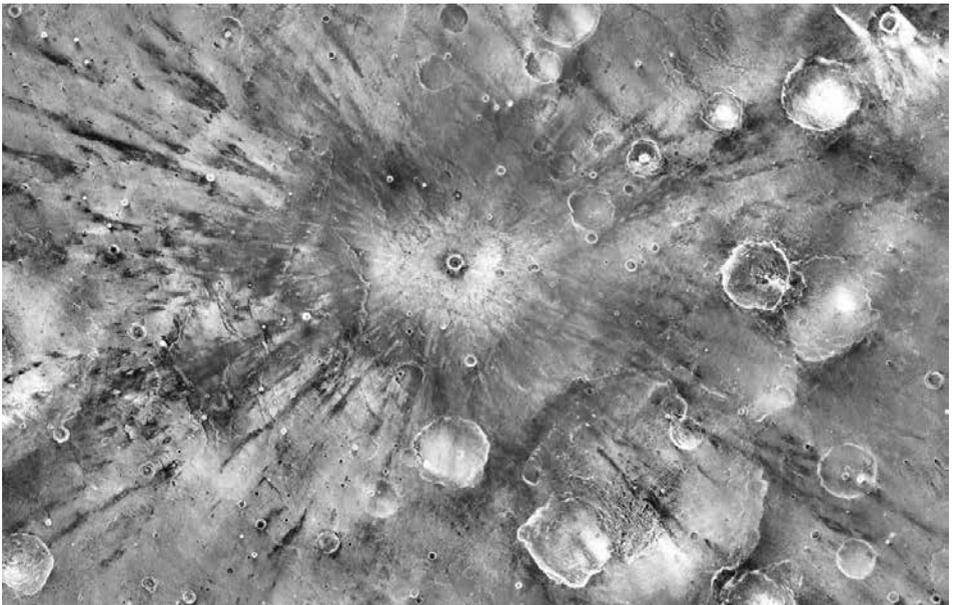
La caméra THEMIS (Thermal Emission Imaging System) embarquée sur l'orbiteur martien Odyssey a permis de construire une

carte à haute résolution des propriétés de surface de la Planète rouge. Pour cela les chercheurs ont utilisé pas moins de 20 000 images prises dans la nuit martienne.

Cette carte permet de déduire la nature du sol à partir de son inertie thermique, de savoir s'il est constitué de roches ou couvert de poussière et sur quelle épaisseur.

Les variations de température dans le cycle des jours et des nuits permettent de calculer l'inertie thermique en chaque endroit, la taille d'un pixel étant ici celle d'un terrain de football.

Gratteri, un petit cratère d'impact de 7 km de diamètre à la surface de Mars. Contrairement aux photos en lumière visible, cette image thermique montre les températures codées en niveaux de gris. Les zones brillantes sont les plus chaudes et signalent une surface rocheuse alors que les sombres correspondent à des endroits poudreux. Ainsi les anneaux brillants révèlent les bords surélevés de cratères où les roches ont été exposées. Les rayons sombres sont dus aux retombées des poussières levées par les impacts.
(NASA/JPL-Caltech/Arizona State University)



Les matériaux fins, comme le sable et la poussière changent très vite de température et possèdent donc une inertie thermique faible. Les roches, par contre, gardent plus longtemps leur température.

Vesta remet en question l'origine de la Terre

Basé sur un communiqué EPFL

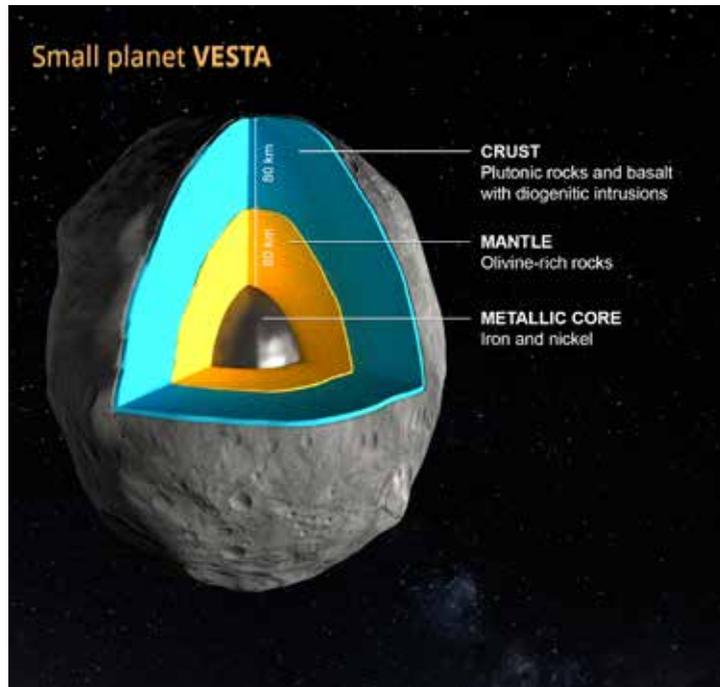
Avec ses 500 km de diamètre, Vesta est l'un des plus gros embryons de planète connus. Il s'est formé aux débuts du Système solaire. Les scientifiques s'y intéressent de près, et c'est pourquoi la NASA a envoyé la sonde Dawn sur son orbite durant une année, entre juillet 2011 et juillet 2012.

Une nouvelle étude des données rapportées par Dawn suggère que la croûte de l'astéroïde serait près de trois fois plus épaisse que la théorie ne le prévoyait ! Ce travail ne fait pas que nous renseigner sur la structure de ce corps céleste, perdu entre les orbites de Mars et Jupiter. Il remet également en question une donnée fondamentale utilisée dans les modèles de formation des planètes, à savoir la composition du matériau de base qui s'est agrégé, s'est échauffé, a fondu puis s'est cristallisé pour les constituer.

L'absence d'un minéral particulier – l'olivine – sur la surface de l'astéroïde intrigue particulièrement les chercheurs. Composant principal des manteaux planétaires – la couche qui se trouve sous la croûte – l'olivine aurait dû se trouver en grande quantité à la surface de Vesta, en raison d'un double impact de météoro-

rite qui, d'après les simulations numériques, a « creusé » le pôle sud du corps céleste jusqu'à une profondeur de 80 km, rejetant d'énormes quantités de matière à la surface. Les deux impacts sur Vesta ont été si puissants que plus de 5% des météorites retrouvées sur Terre en sont issues. Ces cataclysmes n'ont pourtant pas suffi pour percer la croûte et atteindre le manteau de Vesta. Les météorites originaires de Vesta retrouvées sur Terre le confirment, puisqu'elles ne présentent généralement pas d'olivine, ou alors rarement et dans une proportion infime, comparé à ce que l'on devrait observer dans un manteau planétaire. Quant à la sonde Dawn, elle n'a pas trouvé de trace de ce minéral là où on pouvait l'attendre, notamment dans les deux cratères. Cela signifie que la croûte de l'astéroïde ne mesure pas 30 km d'épaisseur, comme le voulaient les modèles, mais plus de 80 km.

La composition des planètes rocheuses est remise en cause. Ces nouvelles découvertes invitent à reconsidérer le scénario de la for-



*L'intérieur de Vesta
(EPFL, Lausanne)*

mation de Vesta et des planètes rocheuses du Système solaire. Et notamment celui de son refroidissement, vraisemblablement accompagné de phénomènes de « refusion » en profondeur d'éléments auparavant solidifiés. La croûte aurait été épaissie par la formation de « plutons », c'est-à-dire des intrusions de roches magmatiques, de plusieurs centaines de mètres, dont certaines affleurent à la surface. Si Vesta comporte moins de manteau (riche en olivine) et plus de croûte (riche en pyroxène), cela signifie que la proportion des matériaux dont Vesta est composée, et qu'elle partage probablement avec la Terre et les autres planètes dites telluriques (Mars, Venus, Mercure), n'est pas celle qu'on croyait. Il faut donc reconsidérer le modèle de formation des planètes – un modèle complexe, qui ne dépend pas seulement des matériaux de base, mais aussi de l'orbite et de la taille de l'objet qui influent sur la durée de refroidissement.

Vesta, seul astéroïde connu à partager une structure commune avec les planètes rocheuses – avec une croûte, un manteau et un noyau – est, du fait de sa taille modeste par rapport à la Terre, un formidable laboratoire pour tester hypothèses et théories.

Météorite ferreuse sur Mars

La découverte d'une grosse météorite ferreuse par le rover Curiosity confirme que ce type de météorite est majoritaire sur Mars, contrairement à la Terre où les météorites pierreuses dominent. Cette différence provient sans doute d'une érosion plus rapide d'un type par rapport à l'autre.

Cette roche, appelée Lebanon, ressemble par sa forme et son aspect aux météorites ferreuses déjà découvertes par Spirit et Opportunity. Lebanon fait environ deux mètres de large. À l'avant-plan on peut voir un fragment plus petit, Lebanon B.

Cette vue combine une série d'images rondes, à haute résolution, prises par la caméra de ChemCam (Chemistry and Camera) et des images couleur contextuelles de la caméra du mat de Curiosity (Mastcam).

Les cavités caractéristiques de la météorite pourraient résulter de l'érosion préférentielle le long de zones cristallines. Elles pourraient marquer le site de cristaux d'olivine

Météorite ferreuse martienne photographiée le 25 mai par le rover Curiosity (NASA/JPL-Caltech/LANL/CNES/IRAP/LPGNantes/CNRS/IAS/MSSS)

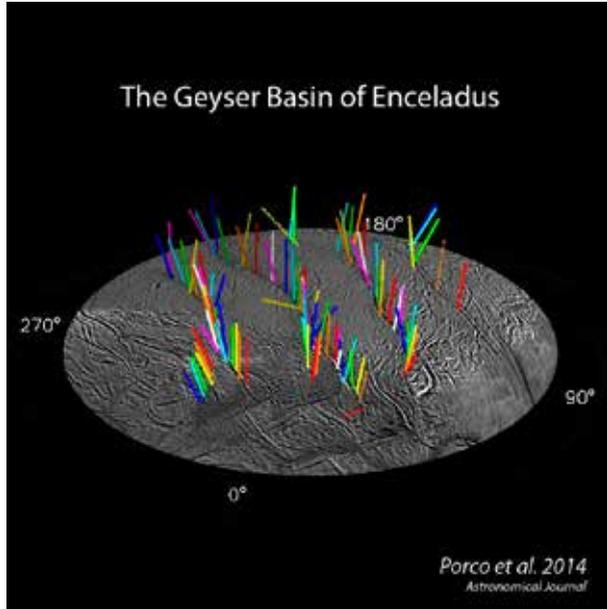


comme on en trouve dans un certain type de météorites ferro-pierreuses, les pallasites, formées au cœur d'un astéroïde, à la limite du manteau et du noyau.

Encelade

Les survols d'Encelade par Cassini au cours de sept années ont permis d'identifier une centaine de geysers sur la lune de Saturne. L'analyse de ces données indique que l'eau peut remonter de l'océan souterrain jusqu'à la surface en suivant des fractures.

Les geysers coïncident avec des points chauds de quelques dizaines de mètres seulement marquant les endroits où la vapeur d'eau se dépose en se condensant. L'activité des geysers varie avec les marées qui déforment continuellement Encelade.



Modèle 3-D de 98 geysers dont la position et l'orientation ont été trouvées par triangulation dans les images du pôle sud d'Encelade par Cassini. Certains jets sont fortement inclinés, mais la plupart d'entre eux sont confinés dans quatre plans verticaux. (NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute)

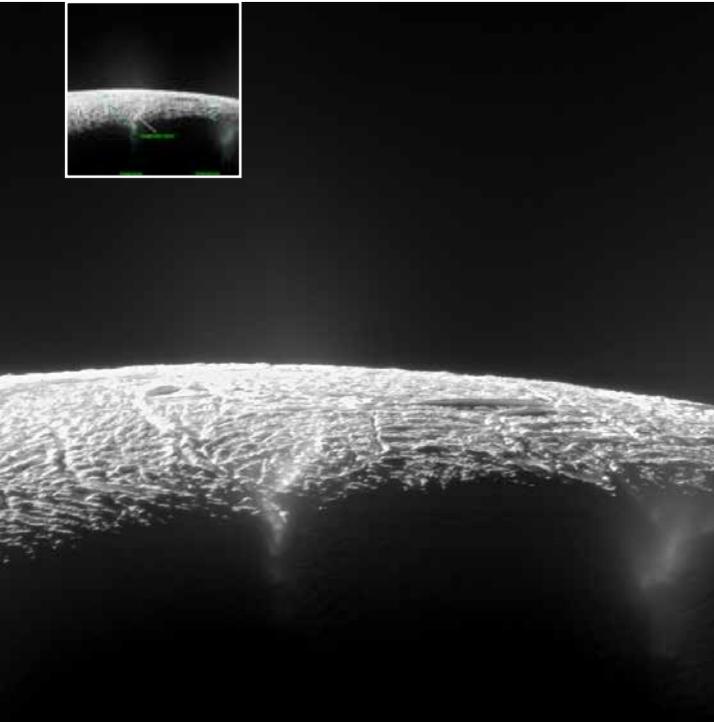
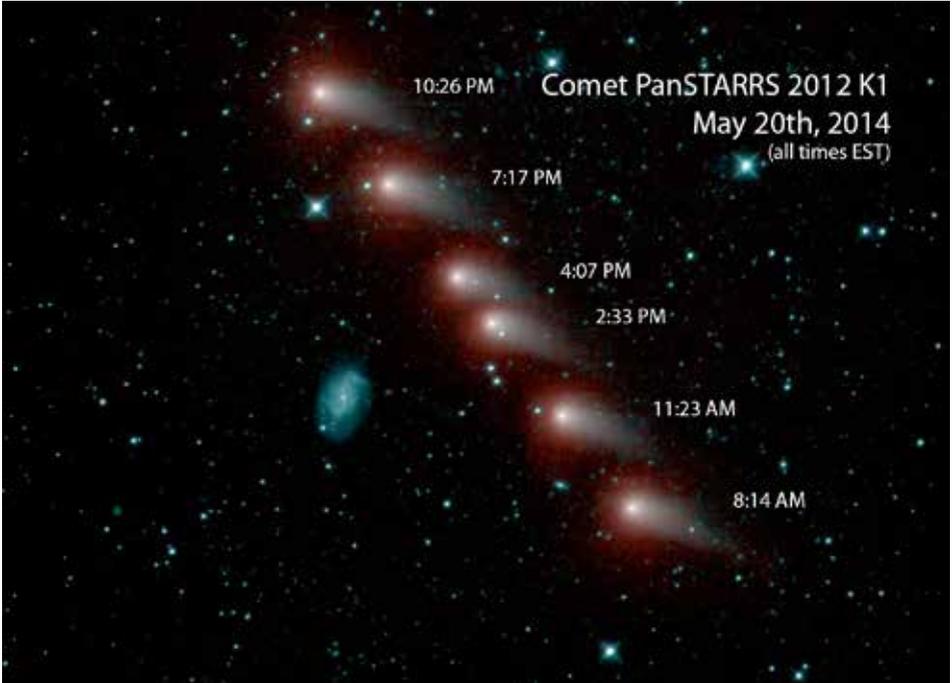


Image du pôle sud d'Encelade montrant la position des geysers dans deux vallées particulièrement actives. (NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute)



Comète 2012 K1 (PanSTARRS)

Le télescope spatial WISE, rebaptisé NEOWISE dans son dernier avatar, a obtenu cette séquence d'images de la comète 2012 K1 (PanSTARRS) le 20 mai 2014 alors qu'elle passait devant la galaxie spirale NGC 3726. Sa distance était alors de 230 millions de kilomètres, autrement dit près de nous quand on réalise que la galaxie, à 55 millions d'années-lumière, était deux mille milliards de fois plus éloignée que la comète.

Cette comète partage actuellement le ciel avec d'autres relativement brillantes : C/2014 E2 (Jacques), C/2013 V5 (Oukaimeden). En septembre toutes les trois pourraient être de sixième magnitude, ou mieux, Jacques étant la mieux placée.

Les images NEOWISE montrent une grosse queue de gaz et de fines poussières.

Comète 2012 K1 (PanSTARRS).
Les images ont été obtenues au travers de deux filtres infrarouges aux longueurs d'onde de 3,4 et 4,5 microns, codés respectivement en cyan et rouge. (NASA/JPL-Caltech)

Une autre queue, invisible sur ces images, est composée de poussières plus grosses.

Après avoir rempli sa mission initiale qui était de cartographier le ciel en infrarouge, et avoir subi deux ans d'hibernation, le télescope spatial WISE a été réactivé en septembre 2013 sous le nom de NEOWISE pour aider la NASA dans la recherche des astéroïdes pouvant menacer la Terre. NEOWISE s'occupe aussi d'analyser des comètes et des astéroïdes déjà connus.

SN2010jl

Basé sur un communiqué ESO

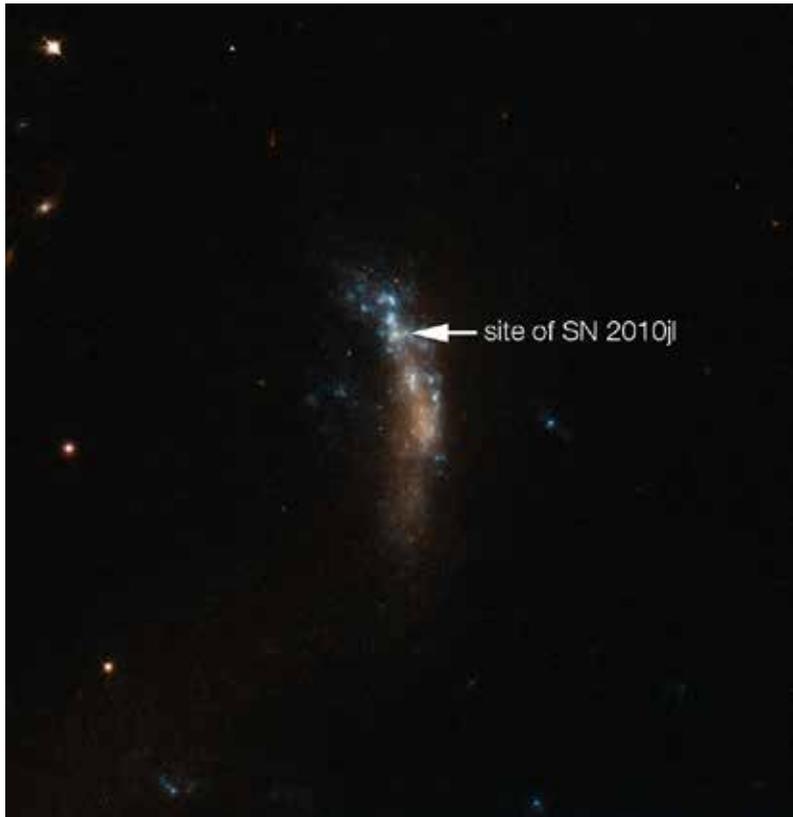
L'origine de la poussière cosmique présente au sein des galaxies demeure, aujourd'hui encore, un mystère. Les astronomes pensent que les supernovæ en sont la première source, en particulier dans l'Univers jeune, mais le processus de condensation et de croissance des grains de poussière est mal connu, tout comme leur résistance aux conditions hostiles qui règnent dans les galaxies fabriquant des étoiles.

Des observations de la supernova SN2010jl effectuées avec le VLT de l'ESO, lèvent le voile sur ce mystère. Cette supernova d'une brillance exceptionnelle résulte de l'explosion d'une étoile massive au sein de la

galaxie naine UGC 5189A. La supernova, apparue en 2010, est de type II_n. Les supernovæ de type II résultent de la violente explosion d'une étoile dont la masse excède les huit masses solaires. Celles de type II_n montrent des spectres dotés de fines raies d'hydrogène. Ces raies résultent de l'interaction entre la matière éjectée par la supernova et la matière déjà présente dans l'environnement de l'étoile.

Les observations ont été effectuées à dix reprises : neuf fois au cours des mois qui ont suivi l'explosion, puis 868 jours après l'explosion, à la fois dans les domaines du visible et du proche infrarouge. Elles ont permis d'étudier le processus d'absorption des différentes longueurs d'onde de la lumière par la poussière située autour de la supernova. La formation de poussière débute peu après l'explosion

Cette image obtenue par le Télescope Spatial Hubble du consortium NASA/ESA montre la galaxie naine irrégulière UGC 5189A. Cette galaxie à formation d'étoiles fut le siège de l'explosion de la brillante supernova SN2010jl. Des observations effectuées au moyen du VLT ont montré que ces usines de poussière cosmique fabriquent leurs grains en deux étapes : débuté peu après l'explosion, le processus se poursuit longtemps après. (ESO)



et se poursuit très longtemps. Les nouvelles mesures ont fourni de précieuses informations concernant la taille des grains de poussière ainsi que leur composition. Ces découvertes vont au-delà des résultats obtenus par le réseau d'antennes de l'Atacama (ALMA). Pour mémoire, ALMA avait détecté les restes d'une supernova récente riche en poussière nouvelle : la célèbre supernova du Grand Nuage, SN 1987A.

Les grains de poussière dont le diamètre est supérieur au micron se sont formés rapidement au sein de la matière dense qui entoure l'étoile. C'est cette taille étonnamment élevée qui leur permet de survivre aux conditions extrêmes dans l'environnement des restes de supernovæ. Ces dimensions supposent l'existence d'un processus encore inconnu, rapide et efficace, de formation des grains.

Les astronomes pensent connaître le site de formation de cette nouvelle poussière : au cœur de la matière expulsée par l'étoile avant même que celle-ci n'explose. Lorsque l'onde de choc de la supernova s'est propagée dans l'espace, elle a créé une enveloppe de gaz froid et dense – en d'autres termes, un environnement propice à la création et à la croissance des grains de poussière.

Les résultats des observations suggèrent que, dans un second temps, après quelques centaines de jours, un processus accéléré de formation de la poussière à partir de la matière éjectée de la supernova se met en place. Si la création de poussière au sein de SN2010jl se poursuit au rythme observé, 25 ans après l'explosion de la supernova, la masse totale de poussière représentera l'équivalent d'une demi-masse solaire. Cette quantité de poussière est voisine de celle observée dans l'environnement d'autres supernovæ telle SN 1987A.

Les observations antérieures avaient montré l'existence de vastes quantités de poussière au cœur des restes de supernovæ et avaient pu prouver que de faibles quantités de poussière étaient effectivement formées lors des explosions de supernovæ. Les nouvelles observations permettent de résoudre cette apparente contradiction.

NGC 4651

La galaxie NGC 4651 dans la Chevelure de Bérénice (Coma) doit ses sobriquets (« parapluie », « ombrelle » ou « parasol ») à une curieuse structure, très complexe, dont les composantes les plus évidentes reproduisent la forme de ces protections climatiques. Un examen plus attentif montre diverses traînées entourant la galaxie. Les astronomes attribuent cela au démembrement par effet de marée d'une petite galaxie qui s'est aventurée dans le champ de gravitation de NGC 4651. Les débris



forment un long ruban entortillé autour de la galaxie et ils finiront tôt ou tard par être absorbés par cette dernière.

La fusion de petites galaxies dans les grandes est un phénomène courant dans l'Univers mais il est difficile à détailler car, une fois disloquées, les petites galaxies passent inaperçues. Pour s'attaquer à NGC 4561, les astronomes ont utilisé les plus grands télescopes, les jumeaux Keck de dix mètres et le Subaru de huit mètres, à Hawaï. Le but était de mesurer le mouvement des étoiles afin de

Cette image de la galaxie NGC 4651 combine des données obtenues avec le télescope Subaru de 8 m 20 et la caméra Suprime-Cam (NAOJ) avec des poses couleur prises au télescope de 50 cm du Blackbird Observatory. En vignette on voit un petit amas stellaire qui est tout ce qui reste de la galaxie.

(Collaboration C. Foster (Australian Astronomical Obs.), H. Lux (U. Nottingham, Oxford), A. Romanowsky (San Jose State, UCO), D. Martínez-Delgado (Heidelberg), et al. ; ©2009-2014 R. Jay GaBany, Cosmotography.com)



déterminer leur trajectoire et de remonter dans le temps vers leur origine. Mais, même les plus gros télescopes ne peuvent analyser des étoiles individuelles distantes d'une soixantaine d'années-lumière. Les astronomes se sont donc contentés des objets brillants permettant de mesurer des vitesses radiales : des amas globulaires, des nébuleuses planétaires et des régions HII. Des simulations numériques ont alors permis de reconstituer la suite des événements.

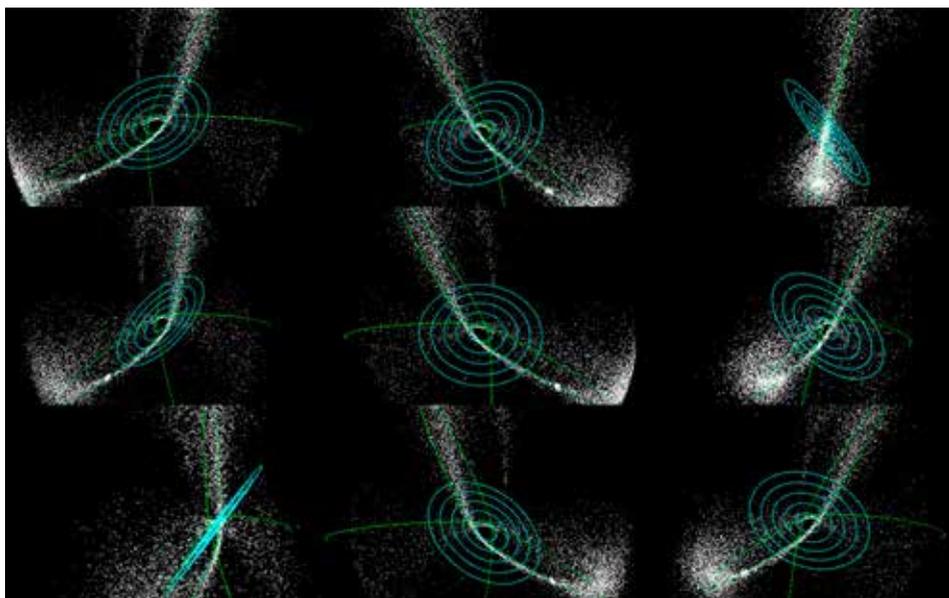
L'étude de NGC 4561 a été menée suite aux observations de huit galaxies spirales isolées au moyen de petits télescopes robotiques. Six de ces galaxies, dont NGC 4561, ont révélé la présence de nuages de débris, témoins de fusions galactiques.

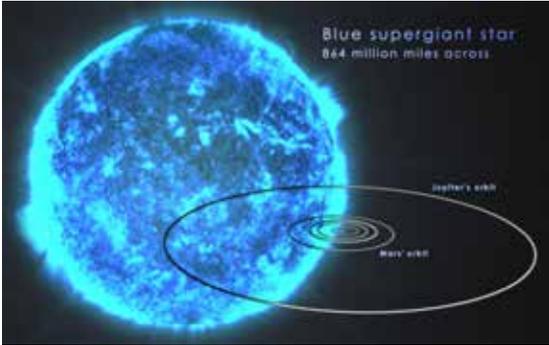
Ces vues d'une modélisation 3-D de NGC 4561 représentent le disque de la galaxie comme des cercles bleus concentriques. La trajectoire de la galaxie naine satellite est la courbe verte. Les étoiles arrachées à la galaxie naine sont les points blancs. On peut voir la concentration correspondant au noyau subsistant de la galaxie naine. (Singh/UCSC)

GRB ultra-long

Le 25 septembre 2013, le télescope spatial Swift décelait un pic de rayons gamma en provenance de la constellation du Fourneau. D'autres satellites, Fermi, Wind et INTEGRAL observèrent aussi l'événement (dénomé GRB 130925A) que l'on localisa rapidement dans une galaxie située à 3,9 milliards d'années-lumière.

Les sursauts gamma (GRB) sont les explosions les plus lumineuses de l'Univers. Jusqu'à très récemment, on les classait en deux catégories. Les sursauts courts, durant moins de deux secondes, sont probablement dus à la fusion de deux étoiles à neutrons ou d'une étoile à neutrons et d'un trou noir. Les sursauts longs, durant généralement entre 20 et 50 secondes représentent probablement l'effondrement d'une étoile massive en un trou noir. Le sursaut GRB 130925A a duré près de deux heures, plus de cent fois plus longtemps qu'un GRB long typique et l'objet présenta pendant six heures une intense luminosité X assortie d'importantes éruptions.





*Impression d'artiste d'une supergéante bleue, source probable du sursaut gamma ultra-long GRB 130925A. Ces étoiles contiennent une vingtaine de fois la masse du Soleil, et sont aussi étendues que l'orbite de Jupiter.
(NASA's Goddard Space Flight Center/
S.Wiessinger)*

Cela fait de GRB 130925A l'un des très rares exemples de sursaut gamma de type ultra-long (pouvant perdurer pendant des milliers de secondes). Ils s'expliqueraient par l'effondrement de supergéantes bleues pauvres en éléments lourds – des étoiles similaires à celles de population III des débuts de l'Univers. L'enveloppe de ces gigantesques étoiles doit mettre très longtemps pour s'affaler dans le nouveau trou noir, entretenant ainsi la source d'énergie du GRB.

E-ELT

Une nouvelle étape vient d'être franchie vers la réalisation du télescope géant européen de 39 mètres (E-ELT). Le sommet du Cerro Armazones, qui culmine à 3 000 mètres d'altitude, a été en partie dynamité en vue de son nivellement. L'explosion a libéré quelque 5 000 mètres cube de roches. Mais ce n'est qu'un début. Au total, ce seront 220 000 mètres cube de roches qui devront être extraits afin de créer la plateforme de 150 mètres sur 300 destinée à l'E-ELT.

En vignette, une vue d'artiste du futur télescope géant. (ESO)



Voie lactée et Andromède

La Voie lactée ne serait que moitié moins massive que la galaxie d'Andromède et la matière noire constituerait 90 % des deux galaxies.

Jusqu'à présent, les astronomes n'avaient utilisé que les mouvements des galaxies naines satellites des deux spirales pour évaluer leur masse. La nouvelle étude tient compte des galaxies plus éloignées afin de distinguer les mouvements locaux, induits par la gravité, de ceux dus à l'expansion générale.