

L'astronomie dans le monde

De la vapeur d'eau autour de Cérès

Basé sur des communiqués LESIA et CNRS

L'astéroïde (1) Cérès, maintenant classé planète naine tout comme Pluton, fut le premier astéroïde découvert en 1801 par Piazzi. Il concentre à lui seul environ 1/5 de toute la matière comprise entre Mars et Jupiter, au sein de la ceinture principale des astéroïdes située entre les orbites de Mars et Jupiter.

Malgré ce rôle prédominant parmi les astéroïdes, sa composition reste très mal connue. Les caractéristiques spectrales de Cérès laissent néanmoins penser qu'il doit être composé de minéraux semblables à ceux des météorites chondrites carbonées qui sont parmi les plus primitives connues.

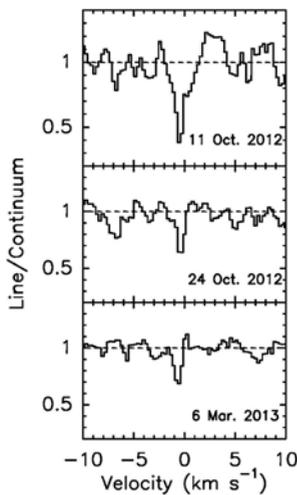
Depuis la fin des années 1970, la question de la présence de glace sur, ou dans Cérès

est fortement débattue. D'un côté les défenseurs de la présence de calottes polaires ou de glace en sous-sol s'appuient sur une signature spectrale dans le proche infrarouge potentiellement indicative de glace, ainsi que sur une détection marginale du radical OH, produit de photodissociation de l'eau, autour de Cérès en 1992. Diverses structures internes sont envisagées, et la présence de larges poches de glace ou même d'un océan interne est jugée possible.

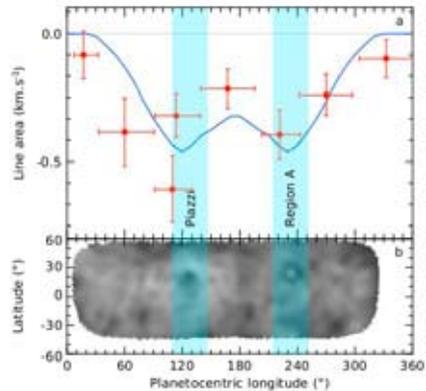
Les détracteurs soulignent quant à eux le lien possible entre ladite signature spectrale et certains minéraux rendant très incertaine la présence de glace, surtout qu'à la distance où orbite Cérès la glace d'eau n'est pas stable

Vue d'artiste de l'émission de vapeur d'eau par Cérès. (© IMCCE - Observatoire de Paris / CNRS / Y. Gominet)





Spectres de la raie à 557 GHz de la vapeur d'eau observés à différentes dates par l'instrument HIFI du télescope spatial Herschel. La raie est observée en absorption devant le continuum thermique de Cérès.



Intensité, en raie sur continu, de la raie de l'eau le 6 mars 2013, en fonction de la longitude du point sub-terrestre. L'intensité est maximale aux longitudes des régions sombres Piazzì et Région A, suggérant que l'eau est émise depuis ces régions. La courbe en bleu est un modèle qui suppose que ces sources émettent 6 kg d'eau par seconde.

et se sublime très rapidement. D'autre part, la détection de 1992 n'avait jamais pu être confirmée, semant le doute sur sa véracité, malgré divers essais incluant le Very Large Telescope (VLT) de l'observatoire européen austral (ESO).

Cette question a pourtant de fortes implications sur notre conception générale de l'origine de l'eau dans le Système solaire. La vue traditionnelle sépare en effet le Système solaire primitif en une partie « sèche » s'étendant jusqu'à la ceinture principale des astéroïdes et une riche en glace au-delà.

C'est pour clore ce débat sur la présence d'eau sur Cérès que les astronomes ont utilisé le télescope spatial européen Herschel. Après une observation négative en 2011, ils ont clairement détecté la présence d'eau sous forme gazeuse autour de Cérès à plusieurs reprises en 2012 et 2013. L'activité de Cérès semble liée à la variation de sa distance au Soleil au long de son orbite, à l'instar des comètes. L'orbite

de Cérès est en effet faiblement excentrique. L'excentricité, mesurant l'écart à la trajectoire circulaire, est de 0,08, entre celle de la Terre (0,02) et celle de Mars (0,09).

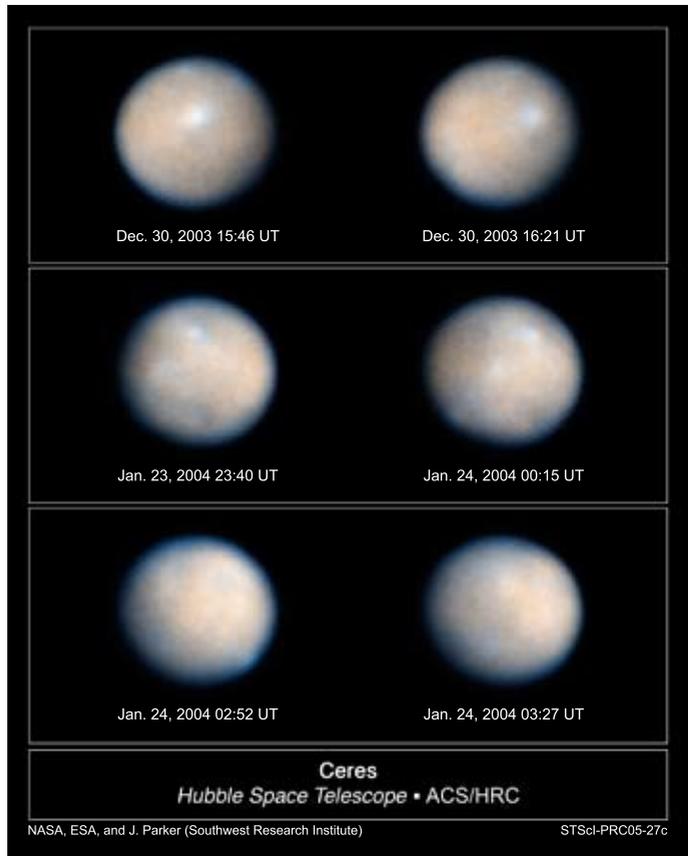
Cérès réservait toutefois une autre surprise. La première analyse des données prises par le télescope Herschel montrait des résultats incohérents. Aidés par la connaissance de la surface de Cérès, cartographiée quelques années auparavant par le télescope spatial Hubble, le W. M. Keck à Hawaii, et le VLT, les astronomes ont pu déterminer que l'eau était éjectée par deux sources bien localisées à la surface de Cérès, à la manière de deux geysers géants. En utilisant un modèle de jet cométaire, ils ont pu montrer que la quantité d'eau émise par chacune des sources est de l'ordre de 6 kg/s, ce qui correspondrait à une surface de glace exposée au Soleil de 0,7 km². Ils ont également pu constater qu'une partie de cette vapeur d'eau devait retomber sur Cérès.

Si l'émission de vapeur d'eau de Cérès s'explique facilement par un comportement cométaire, la question de l'origine de cette eau reste ouverte. Cette planète naine serait composée d'un noyau solide de silicates recouvert d'un manteau de glace de 50 km d'épaisseur, ce manteau étant recouvert d'une croûte de surface de quelques dizaines de mètres. La vapeur d'eau pourrait provenir de la couche de glace mise à nu par des impacts, ou bien pourrait tracer la présence de geysers. La sonde Dawn de la NASA lancée en 2007 est actuellement en route vers Cérès après avoir étudié

l'astéroïde (4) Vesta en 2011. Les images et spectres à haute résolution de la surface de Cérès nous permettront de mieux comprendre l'origine de cette vapeur d'eau.

La présence d'eau sur Cérès semble en accord avec les derniers modèles d'évolution du Système solaire, qui montrent que la migration des planètes aurait engendré un brassage entre astéroïdes et comètes, laissant la ceinture principale actuelle composée d'une multitude de corps divers. Cette migration a placé de nombreux objets riches en eau sur des orbites croisant celle de la Terre, apportant à celle-ci l'eau de ses océans.

*Vues de Cérès
par le télescope
spatial Hubble à
différentes phases
de sa rotation, en
décembre 2003
et janvier 2004.
(NASA, ESA, SRI,
Cornell University,
University of
Maryland, College
Park, STScI)*



La Nébuleuse de la Lagune

Basé sur des communiqués ESO

La Nébuleuse de la Lagune est un objet fascinant situé à environ 5 000 années-lumière de la Terre dans la constellation du Sagittaire. Ce vaste nuage d'une centaine d'années-lumière de diamètre est également connu sous l'appellation Messier 8. Au sein de ses volutes de gaz et de poussière, de nouvelles étoiles se forment régulièrement. L'image présentée ici fait 16 000 pixels de large et a été acquise par le télescope VST (VLT Survey Telescope), l'un des deux télescopes de relevés qui équipent l'observatoire de Paranal de l'ESO au nord du Chili. Une version zoomable de l'image permet aux observateurs d'explorer les moindres recoins de cet objet fascinant.

<http://www.eso.org/public/france/news/eso1403/>

Le VST n'a pas été délibérément pointé en direction de la Nébuleuse de la Lagune. Cette observation s'inscrit dans le cadre d'un vaste sondage englobant tout un pan de la Voie lactée. Ce sondage constitue l'une des trois campagnes d'observation du ciel dans le domaine visible effectuées au moyen du VST. Six campagnes menées en infrarouge avec le télescope VISTA viennent les compléter. VISTA, avec son miroir de 4,1 mètres de diamètre – le plus grand télescope au monde pour les grands sondages – est dédié à l'observation de grandes zones du ciel en profondeur et rapidement, dans les longueurs d'onde du proche infrarouge. Il se prête par conséquent idéalement à l'étude de la naissance des étoiles.

Cette image spectaculaire montre la magnifique région du ciel qui entoure la Nébuleuse de la Lagune (Messier 8). La Lagune figure au centre, la Nébuleuse du Trèfle (Messier 20) en haut de l'image. D'autres nébuleuses, à la fois brillantes et sombres, y apparaissent ; de même, quelques amas d'étoiles. Cette vue résulte de la combinaison d'images issues du Digitized Sky Survey 2. (ESO/Digitized Sky Survey 2 Crédit : Davide De Martin.)









M8 par le VST (ESO/VPHAS)

L'image infrarouge prise par VISTA a été insérée à sa place dans la mosaïque du VST.

Les relevés du ciel s'inscrivent dans le cadre des problématiques astronomiques actuelles parmi lesquelles on peut citer la nature de l'énergie noire, la recherche de quasars brillants dans l'Univers jeune, la détermination de la structure de la Voie lactée, la détection d'objets insolites et cachés, l'étude détaillée des Nuages de Magellan voisins. L'histoire



montre que de tels sondages aboutissent bien souvent à la découverte d'objets inattendus ; ils contribuent ainsi aux avancées de la recherche astronomique.

En complément des neuf campagnes d'observation menées au moyen de VISTA et du VST figurent deux relevés effectués par d'autres télescopes de l'ESO. Le relevé GAIA-

ESO, utilise le VLT, de Paranal pour caractériser les propriétés de plus de 100 000 étoiles de la Voie lactée ; l'autre, PESSTO, est dédié au suivi d'objets transitoires telles que les supernovæ, et utilise le NTT (New Technology Telescope) installé à La Silla.

Certaines de ces campagnes d'observation ont débuté en 2010, d'autres plus récem-



ment. L'ensemble des données acquises est désormais public et accessible à la communauté astronomique mondiale au travers des archives de l'ESO.

Bien qu'elles ne soient pas achevées, ces campagnes d'observation ont déjà permis aux astronomes d'effectuer de nombreuses découvertes. Parmi les résultats obtenus figurent la détection de nouveaux amas d'étoiles, la cartographie la plus aboutie à ce jour des régions centrales de notre Voie lactée, une vue très profonde du ciel infrarouge et, très récemment, la découverte de quasars parmi les plus lointains.

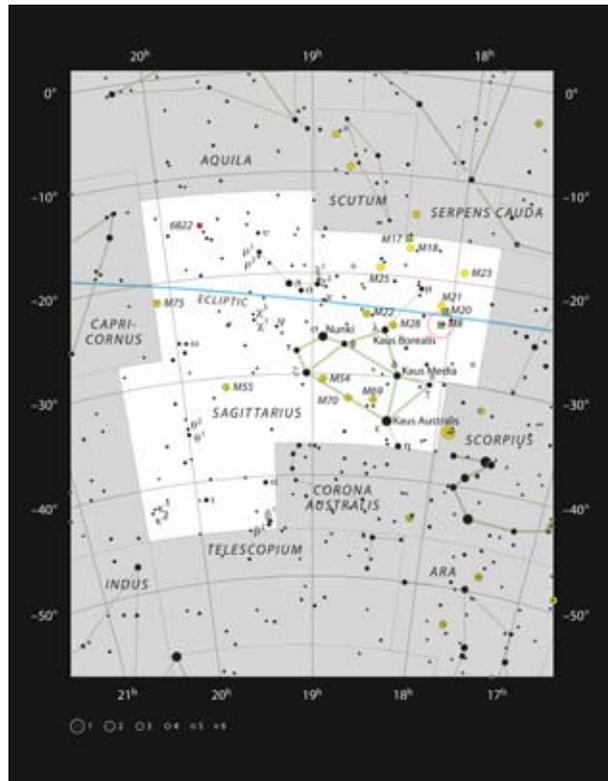
En couverture du *Ciel* de mars 2011, nous présentions une image infrarouge de cette même nébuleuse. Les observations faites à ces plus grandes longueurs d'onde permettent aux astronomes de plonger leur regard au travers des voiles de poussière qui les empêchent de voir les objets célestes en lumière visible. C'est parce que ces longueurs d'onde ont à peu près la taille des grains de poussière et sont fortement dispersées, alors que la lumière infrarouge peut passer à travers la poussière en restant pratiquement intacte.

Les étoiles se forment généralement dans de grands nuages moléculaires de gaz et de poussière qui s'effondrent sous leur propre poids. Toutefois, la Nébuleuse de la Lagune héberge également un certain nombre de régions bien plus compactes de gaz et de poussière en train de s'effondrer appelées globules de Bok. Ces nuages sombres sont si denses qu'ils peuvent bloquer la lumière des étoiles situées en arrière-plan, même dans l'infrarouge. Mais la structure la plus connue de la nébuleuse, d'où elle tient d'ailleurs son nom, est la bande de poussière en forme de lagon qui dessine sa trace sinueuse au travers du nuage de gaz rougeoyant.

Les jeunes étoiles chaudes, qui émettent un intense rayonnement dans l'ultraviolet, sont à l'origine de la forte luminosité de la nébuleuse. Mais la

Nébuleuse de la Lagune héberge également de bien plus jeunes étoiles venant à peine de naître. Ces étoiles détectées dans la nébuleuse sont encore entourées par leur disque d'accrétion. Elles éjectent occasionnellement des jets de matière depuis leurs pôles. Quand ces jets se frayent un passage dans le gaz environnant, il se forme des traînées lumineuses appelées objets de Herbig-Haro, rendant ces bébés-étoiles facilement repérables. Au cours des dernières années, plusieurs objets de Herbig-Haro ont été détectés dans la Nébuleuse de la Lagune, le baby-boom est donc clairement toujours en cours ici.

Messier 8, Nébuleuse de la Lagune, dans le Sagittaire. (ESO, IAU, Sky & Telescope)



Le réveil de Rosetta

Basé sur un communiqué ESA

Un chapitre de l'odyssée de la sonde spatiale Rosetta dans l'espace lointain trouve un épilogue heureux après une attente éprouvante : après un sommeil de 31 mois, la sonde a repris contact avec l'ESA le 20 janvier.

Rosetta sera la première mission spatiale à tenter de poser un atterrisseur sur une comète puis à la suivre lorsqu'elle s'approchera du Soleil. Sa cible est la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. La mission initiale visait la comète 46P/Wirtanen qui aurait dû être atteinte en 2011 mais un problème avec le lanceur Ariane n'avait pas permis de profiter de la fenêtre de lancement. S'en était suivi la recherche fiévreuse d'une autre comète présentant des caractéristiques adéquates pour réaliser la mission. Les possibilités étaient limitées et on a retenu 67P, une comète nettement plus massive que la petite 46P. Mis à part le délai de trois ans pour le rendez-vous cométaire, le

Position (en mauve) de la sonde Rosetta, de la comète 67P, de la Terre et de Mars à trois moments clés de la mission. Les astéroïdes 21 et 2867 ont été observés par la sonde. (Wikipedia, Eryn Blaireová)

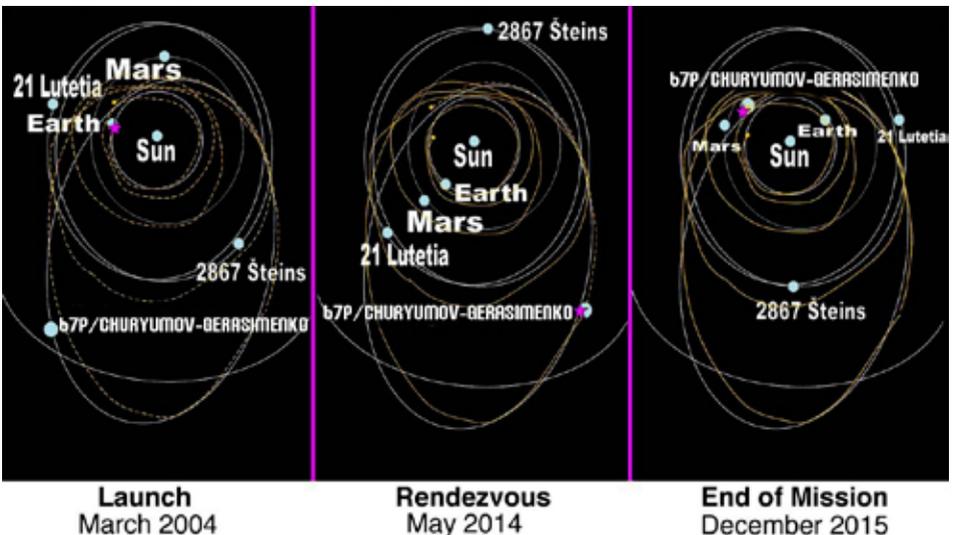


Le signal indiquant le réveil de Rosetta, le 20 janvier 2014 à 18 h 17 TU. (ESA)

changement majeur a consisté en une modification du train d'atterrissage pour tenir compte d'une plus grande vitesse d'impact.

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. En cours de route elle s'est approchée des astéroïdes Steins et Lutetia.

Rosetta, qui fonctionne uniquement à l'énergie solaire, a été placée dans un sommeil profond en juin 2011, alors qu'elle se dirigeait au-delà de l'orbite de Jupiter, à près de 800



millions de kilomètres du Soleil qui alimentait jusque-là ses panneaux photovoltaïques.

Elle est depuis revenue à « seulement » 673 millions de kilomètres de notre étoile, ce qui est suffisamment proche pour qu'elle puisse à nouveau bénéficier de son rayonnement.

Le 20 janvier, alors qu'il restait à Rosetta environ 9 millions de kilomètres à parcourir pour atteindre la comète, un réveil interne pré-programmé l'a tirée de son sommeil. Une fois ses principaux instruments de navigation réactivés, sa mise en rotation destinée à la stabiliser s'est arrêtée et la sonde a pointé son antenne principale vers la Terre pour faire savoir aux responsables de la mission qu'elle avait survécu à son épopée dans l'espace lointain.

Ce signal a été reçu par les deux stations au sol de Goldstone et Canberra de la NASA à 18 h 18 TU, la sonde ayant tiré parti de la

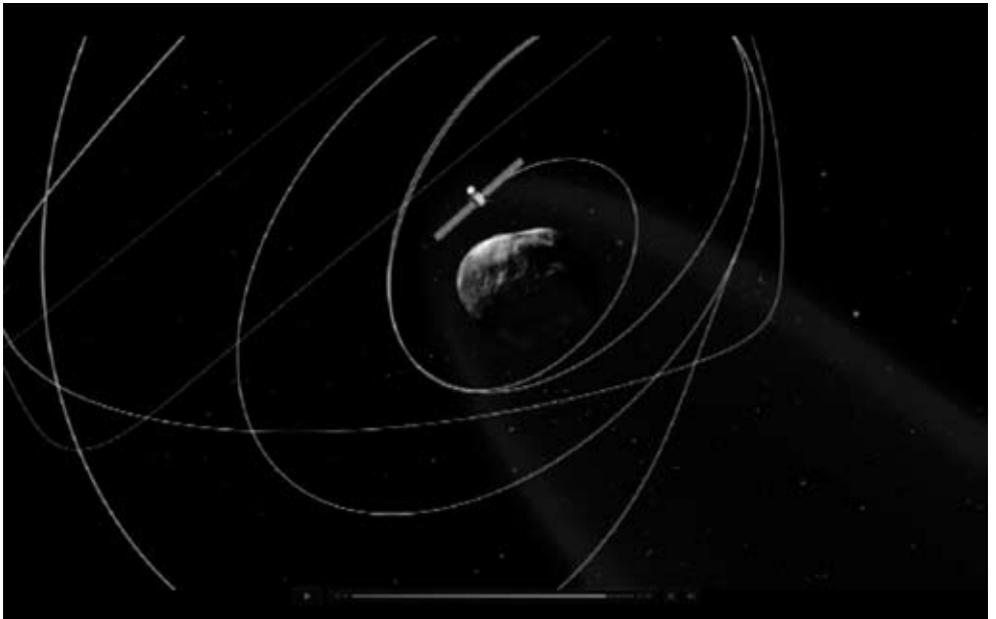
première occasion qui lui était offerte de communiquer avec la Terre. Ce signal a été immédiatement confirmé par le Centre européen d'opérations spatiales de l'ESA à Darmstadt et le réveil de la sonde a été annoncé ainsi sur le compte Twitter @ESA_Rosetta : « Salut, le monde ! »

Grâce à Rosetta, nous allons franchir une nouvelle étape dans l'exploration des comètes. Cette mission exceptionnelle poursuit la série historique de premières réalisées dans

Impression d'artiste de la sonde Rosetta larguant le lander Philae vers la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko.

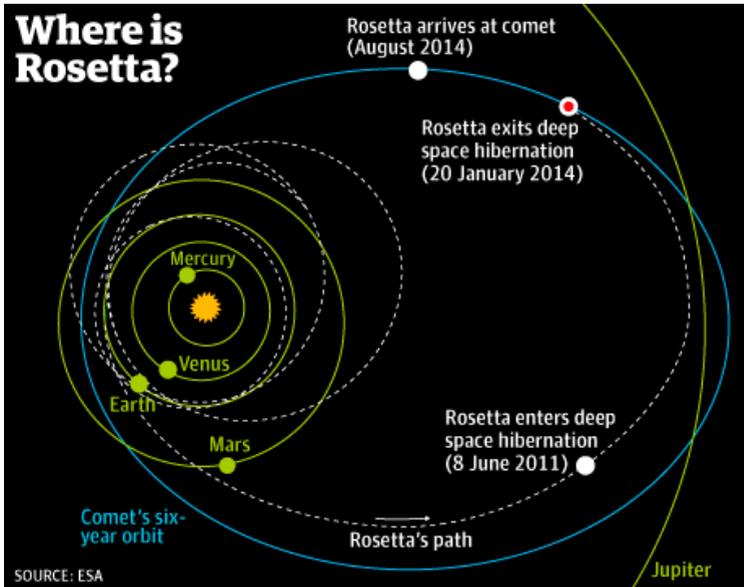
Après une phase extensive de reconnaissance par l'orbiteur en juillet et août, un site d'atterrissage sera choisi et Philae effectuera ses mesures à la surface du noyau en novembre. (ESA-J. Huart)





La manoeuvre d'approche de Rosetta sera très complexe comme le montrent ces deux extraits d'une vidéo produite par l'ESA.

Where is Rosetta?



Ce diagramme montre que l'hibernation de Rosetta s'est prolongée sur l'arc de sa trajectoire le plus éloigné du Soleil, ménageant ainsi les ressources énergétiques. (ESA)

Mais il faut tout d'abord vérifier l'état de santé de la sonde. Ce n'est qu'ensuite que les onze instruments de l'orbiteur et

ce domaine, depuis la réussite technologique et scientifique de la première mission ESA dans l'espace lointain, Giotto, qui a envoyé les premières images prises à proximité du noyau d'une comète, lors de son survol de la comète de Halley en 1986.

Les comètes sont considérées comme les constituants primitifs du Système solaire, et ont probablement contribué à la présence de l'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 espère percer les secrets qu'elle recèle.

Toutes les missions cométaires ont jusqu'à présent été des survols, qui ont permis de capter des moments fugitifs de la vie de ces corps glacés. Avec Rosetta, on retracera l'évolution d'une comète au jour le jour et pendant plus d'un an, ce qui nous donnera des informations uniques sur son comportement et nous aidera in fine à découvrir le rôle joué par ces objets dans la formation du Système solaire.

les dix de l'atterrisseur seront activés et préparés pour l'étude de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko.

Les techniciens seront très occupés dans les mois qui viennent pour préparer la sonde et ses instruments aux défis opérationnels que pose l'étude prolongée et approfondie d'un astre dont nous savons pour le moment fort peu de choses.

Rosetta devrait envoyer les premières images de la comète en mai, alors qu'elle se trouvera encore à 2 millions de kilomètres de sa cible. Vers la fin du mois de mai, elle effectuera une importante manœuvre d'alignement sur la comète en prévision du rendez-vous qui devrait avoir lieu en août.

Une fois cette étape franchie, Rosetta procédera pendant deux mois à une cartographie exhaustive de la surface de la comète, ainsi qu'à d'importantes mesures de sa gravité, de sa masse et de sa forme; elle étudiera par ailleurs son atmosphère gazeuse et chargée de poussières, la coma. L'orbiteur analysera quant à lui l'environnement plasmique et ses interactions avec l'atmosphère extérieure du Soleil, le vent solaire.



Grâce à ces données, les scientifiques choisiront le site où se posera la sonde Philae, l'atterrisseur d'une centaine de kilos embarqué sur Rosetta. L'atterrissage est prévu pour le 11 novembre.

Comme le noyau de la comète, qui mesure 4 km de large, présente une gravité négligeable, Philae devra utiliser des vis et des harpons pour ne pas rebondir et être renvoyée dans l'espace après avoir touché la surface glacée.

La mission de Philae est prévue pour un minimum d'une semaine, mais elle pourrait se prolonger sur plusieurs mois, tant que l'électronique ne surchauffera pas. L'érosion continue du noyau finira par avoir raison de l'ancrage de Philae mais, sauf hasard malencontreux, cela devrait prendre plusieurs révolutions autour du Soleil.

Outre les nombreuses mesures scientifiques auxquelles elle procédera, Philae enverra des images du panorama qui l'entoure, ainsi que des photos à très haute résolution de la surface. Elle réalisera une analyse in situ de la

Impression d'artiste montrant l'atterrisseur Philae posé sur le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. (ESA/ATG medialab)

composition des glaces et des matières organiques et forera la surface jusqu'à une profondeur de 23 cm afin de prélever des échantillons qui seront analysés par son laboratoire embarqué.

La mission entrera ensuite dans la phase d'« escorte », au cours de laquelle Rosetta accompagnera la comète dans son voyage en direction du Soleil, en suivant l'évolution permanente des conditions à sa surface, au fur et à mesure de son réchauffement et de la sublimation de ses glaces.

C'est le 13 août 2015 que la comète sera au plus près du Soleil, à environ 185 millions de kilomètres, approximativement entre les orbites de la Terre et de Mars. Rosetta la suivra encore jusqu'à la fin de l'année, alors qu'elle s'éloignera du Soleil et que son activité commencera à décroître.

Planètes de M67

Basé sur un communiqué ESO

Jusqu'à présent très peu de planètes ont été découvertes au sein d'amas d'étoiles et ce, en dépit du fait que la plupart des étoiles sont nées dans des amas. Aucune planète n'a été détectée au sein d'un amas globulaire, et une demi-douzaine dans des amas ouverts. Ces deux dernières années, des exoplanètes ont également été découvertes dans les amas NGC 6811 et Messier 44, et, plus récemment encore, l'une d'elles a été détectée au sein du brillant amas des Hyades.

Les astronomes se demandaient si le processus de formation planétaire dans les amas d'étoiles se déroulait différemment et, pour approfondir le sujet, ils ont étudié tout particulièrement l'amas Messier 67. Toutes les étoiles y sont d'âge et de composition semblables à ceux du Soleil. Cet amas constitue donc un parfait laboratoire d'étude du processus de formation planétaire dans un environnement surpeuplé : combien de planètes sont-elles susceptibles de s'y former ? Se forment-elles principalement à proximité d'étoiles très massives ou peu massives ?

La plupart des amas ouverts se dissipent après quelques dizaines de millions d'années. Toutefois, les amas très riches en étoiles peuvent subsister bien plus longtemps. Messier 67 constitue un exemple d'amas âgé

ayant survécu de nombreux millions d'années – il est d'ailleurs le plus âgé et le mieux étudié de tous les amas de ce type situés à proximité de la Terre.

L'étude a été effectuée avec le spectrographe HARPS qui équipe le télescope de 3,6 mètres de l'ESO à l'observatoire de La Silla. Les résultats obtenus ont été complétés par des observations effectuées au moyen d'autres instruments disséminés sur le globe : SOPHIE qui équipe l'Observatoire de Haute-Provence en France, le télescope Léonhard Euler installé à La Silla, et le télescope Hobby Eberly installé au Texas. Les astronomes ont soigneusement sélectionné et suivi, sur une période de six ans, 88 étoiles de l'amas afin de repérer, le long de la ligne de visée, les très faibles mouvements d'étoiles qui révéleraient la présence de planètes en orbite.



*La région de l'amas
M67. (ESO/Digitized
Sky Survey2; Davide
De Martin)*

Cet amas se situe à environ 2 500 années lumière de la Terre dans la constellation du Cancer et contient quelque 500 étoiles. Les étoiles d'amas sont pour la plupart moins brillantes que celles habituellement observées par les chasseurs d'exoplanètes. Pour tenter de détecter le faible signal induit par la possible présence de planètes, HARPS a donc été poussé dans ses derniers retranchements.

Trois planètes ont été découvertes : deux d'entre elles orbitent autour d'étoiles semblables au Soleil ; la troisième est en rotation autour d'une géante rouge bien plus massive et évoluée. Les deux premières planètes ont une masse voisine du tiers de celle de Jupiter et tournent autour de leurs étoiles hôtes en sept et cinq jours respectivement. La troisième planète, plus massive que Jupiter met quant à elle plus de 122 jours à faire le tour de son étoile.

La première de ces planètes s'est avérée être en orbite autour d'une étoile pour le moins remarquable – l'un des jumeaux solaires les plus semblables au Soleil identifié à ce jour (cf *Le Ciel*, octobre 2013, 383). Il s'agit, de plus, du tout premier jumeau solaire doté d'une planète découvert au sein d'un amas.

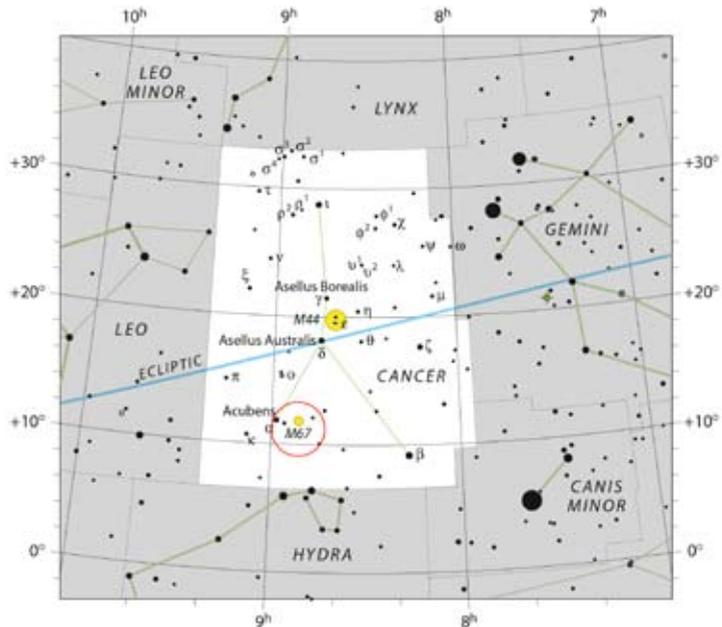
Deux des trois planètes sont des « Jupiters chauds », à savoir des planètes de taille comparable à celle de Jupiter mais de température beaucoup plus élevée parce qu'elles se situent très près leur étoile. Les trois planètes sont d'ailleurs trop proches de leurs soleils respectifs pour occuper la zone habitable à l'intérieur de laquelle l'eau pourrait exister sous forme liquide.

Un taux de détection de 3 planètes au sein d'un échantillon de 88 étoiles dans l'amas Messier 67 est proche de la fréquence

moyenne de planètes détectées autour d'étoiles isolées dans l'espace.

Ces nouveaux résultats démontrent que l'existence de planètes dans les amas d'étoiles ouverts est sans doute tout aussi banale et courante qu'autour d'étoiles isolées. Simplement, elles sont plus difficiles à détecter. Les nouveaux résultats entrent en contradiction avec des études antérieures qui échouaient à détecter l'existence de planètes au sein d'amas, mais ils viennent conforter de plus récentes observations. Les astronomes continuent d'observer M67 afin de déterminer les différences de masse et de composition chimique qui distinguent les étoiles dotées de planètes de celles qui en sont dépourvues.

Carte du Cancer montrant l'emplacement de l'amas M67. (ESO, IAU, Sky & Telescope)

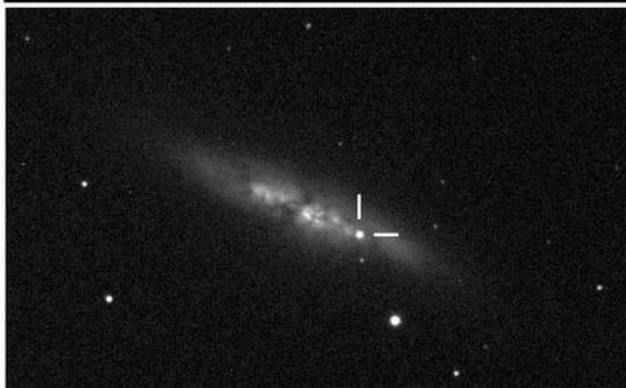


Une supernova dans M82

La supernova 2014J qui a explosé dans la galaxie M82 semble avoir atteint son maximum d'éclat au début de février avec une magnitude de 10,5. L'occasion de voir une supernova avec de simples jumelles est assez rare (voir article p 129) et il ne fallait pas la rater. Elle devrait avoir décliné au-delà de la douzième magnitude lorsque paraîtra ce bulletin, et sera donc toujours accessible aux petites télescopes.

L'étoile nouvelle a été découverte le 21 janvier par des étudiants de l'University College de Londres. Elle est apparue à environ une minute d'arc du centre de cette célèbre galaxie irrégulière de la Grande Ourse. Il s'agit d'une supernova du type le plus courant, Ia, résultant de l'explosion d'une naine blanche. Des images prises avant la découverte indiquent que l'explosion avait eu lieu le 14 ou le 15 janvier.

(Voir aussi les photos dans la galerie astro)



La supernova de M 82.
*(UCL/University of London
Observatory/Steve Fossey/Ben
Cooke/Guy Pollack/Matthew
Wilde/Thomas Wright)*



**L'un des deux télescopes
Celestron C14 de l'ULO
utilisés pour trouver la
supernova de M82.**
(UCL MAPS/O. Usher)