

L'astronomie dans le monde



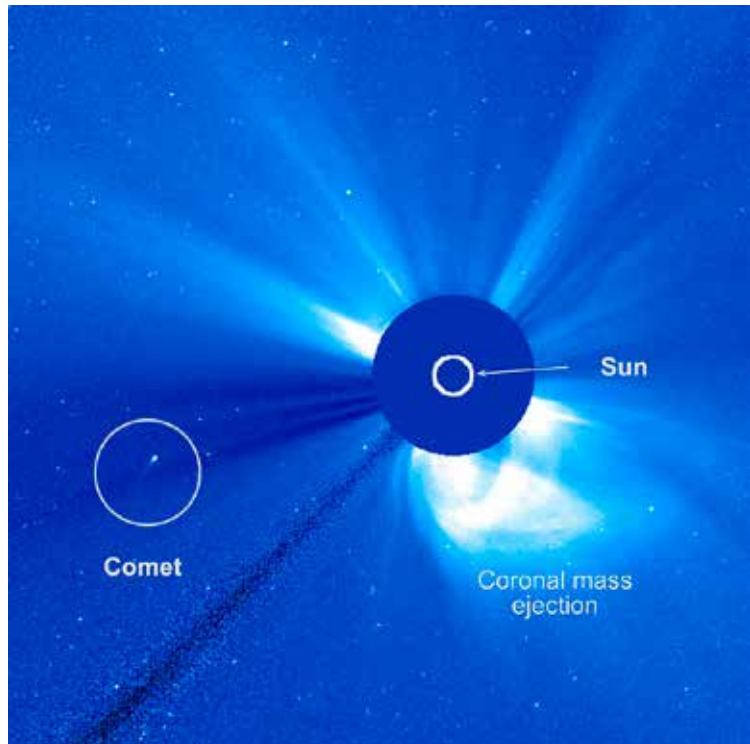
Comète rare

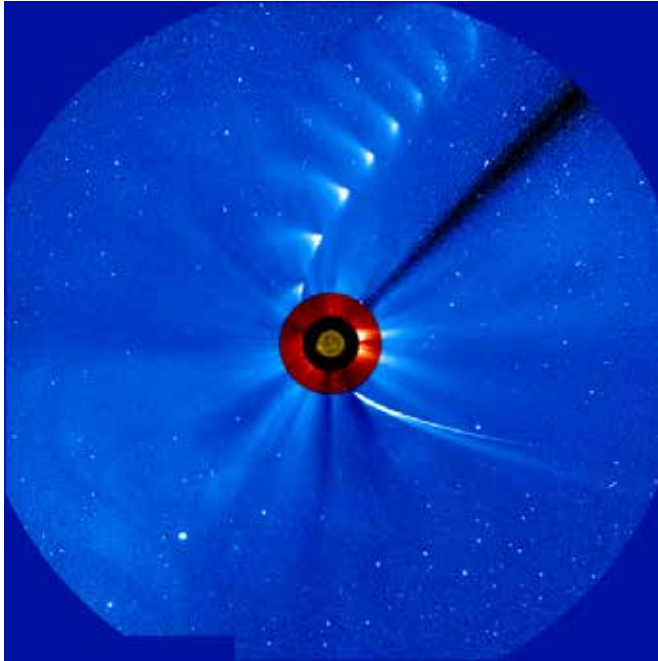
L'observatoire spatial SOHO a découvert une comète inhabituelle tout près du Soleil, à 3,5 millions de kilomètres. Non seulement C/2015 D1 n'appartient à aucun des groupes connus de « sungrazers » (frôleuses de Soleil), mais elle a semblé survivre sans dommage à la fournaise solaire. Ce n'était qu'une apparence car rapidement elle s'est disloquée ne laissant plus qu'un nuage de gaz et de poussière qui allait en se dispersant.

Les comètes sungrazers sont coutumières du fait. La comète ISON (C/2012 S1) était passée à 1,1 million de km de la surface solaire le 28 novembre 2013 (voir l'article consacré à cette téméraire visiteuse dans *Le Ciel* de janvier 2014, 13-29). Un éphémère regain d'éclat dans les

heures suivant le périhélie, lorsque ISON retraversait le champ du coronographe C2, fit croire que le noyau avait échappé au moins partiellement à l'érosion solaire. Après quelques jours, les images des observatoires spatiaux STEREO ne montraient que la faible lueur d'un nuage de débris et aucune trace du noyau ne fut plus jamais observée.

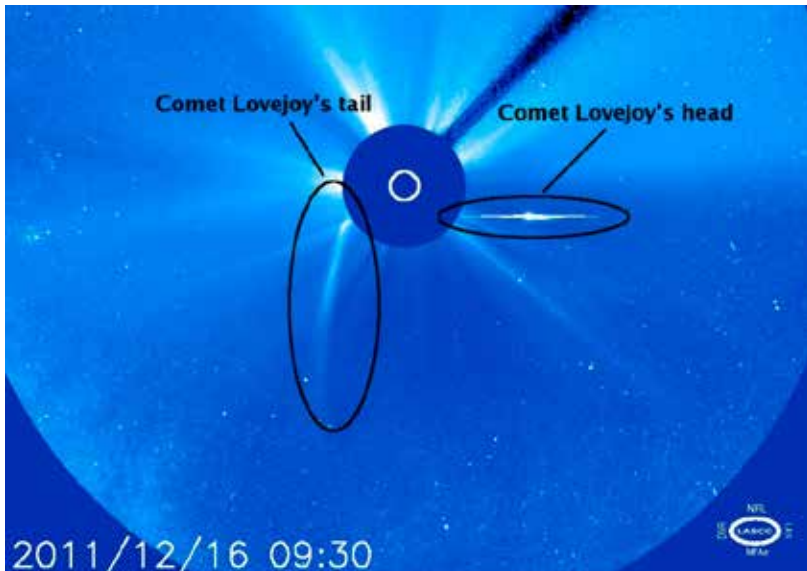
Image de la comète fantôme avant sa dislocation. Photo obtenue le 20 février. (ESA/NASA/SOHO/Hill)





Séquence d'images SOHO montrant la comète ISON en novembre 2013 lors de son passage près du Soleil. Elle aussi avait paru sortir indemne de l'aventure. (ESA/NASA/SOHO/SDO/GSFC)

La comète Lovejoy (C/2011 W3) a résisté plus longtemps malgré un passage très rapproché, à 120 000 km de la photosphère. L'image montre la tête d'un côté du Soleil alors que la queue s'étire encore de l'autre côté. (LASCO, SOHO Consortium, NRL, ESA, NASA)



Comet Lovejoy's tail

Comet Lovejoy's head

2011/12/16 09:30



La comète Lovejoy (C/2011 W3) avait fait parler d'elle deux années plus tôt. Surnommée « Grande Comète de Noël 2011 », c'était la plus brillante comète depuis la fameuse McNaught de 2007. Elle atteignait une brillance comparable à celle de Vénus et montrait une queue remarquable avant le périhélie. Malheureusement, son observation à l'œil nu était rendue difficile par la proximité du Soleil. Elle promettait beaucoup dans la phase post-périhélie mais elle non plus n'a pas résisté au Soleil. Elle s'est fragmentée et a perdu beaucoup de matière. Très vite elle échappait aux instruments des astronomes. Son héroïque résistance, comparée à ISON, malgré une distance de seulement 140 000 km au périhélie, est certainement due à un noyau beaucoup plus gros et massif.

C/2015 D1 (SOHO) est la 2875^e comète découverte par l'observatoire spatial solaire SOHO depuis son lancement en 1995. La plupart de ces astres appartiennent à l'une ou l'autre famille, en général la famille de Kreutz. On ne compte que quelques comètes

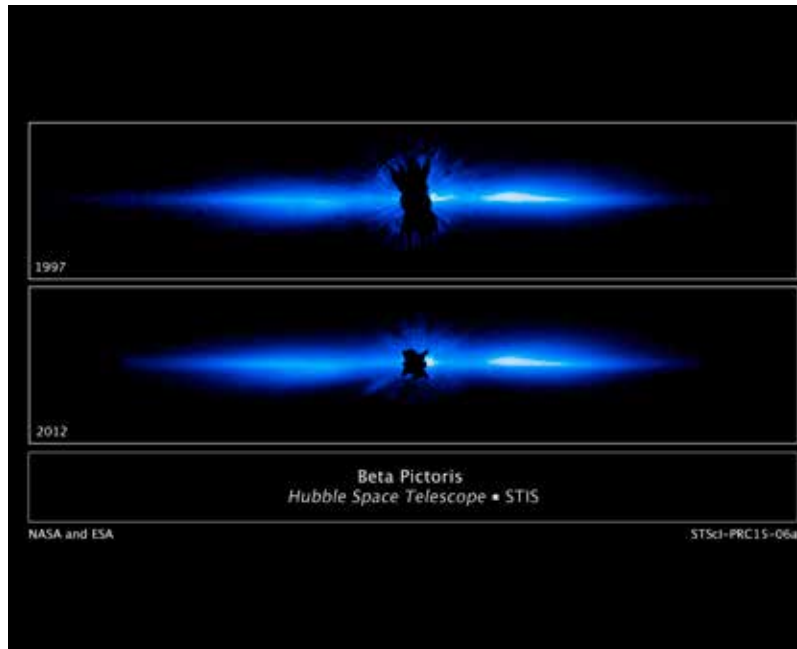
sans famille connue. Les comètes d'une même famille partagent une orbite commune et l'on voit leur origine dans les fragmentations successives d'une plus grosse comète.

Bêta Pictoris

On sait depuis 1984 que l'étoile Bêta (β) Pictoris est entourée d'un disque de débris – c'en était d'ailleurs le premier exemple connu. C'est aussi auprès de β Pictoris que l'on a observé directement en 2009 la première planète enfouie dans un disque de poussière. La période orbitale de la planète est d'une vingtaine d'années. La comparaison d'images obtenues par le télescope spatial Hubble à quinze ans d'intervalle montre que le disque a peu changé dans ce carrousel qu'il partage avec la planète.

Le disque de β Pictoris est souvent considéré comme le prototype du disque protoplanétaire, même s'il semble exceptionnellement dense, et son étude est d'un grand intérêt pour comprendre la naissance des systèmes planétaires.

Images prises à 15 ans d'intervalle du disque de débris entourant β Pictoris, une étoile jeune (20 millions d'années) et proche (63 années-lumière). (NASA, ESA, University of Arizona)



Océan martien

Basé sur un communiqué ESO

Le VLT de l'ESO, l'observatoire W.M. Keck et le Télescope Infrarouge de la NASA ont été utilisés pour surveiller pendant six ans l'atmosphère de la Planète rouge et cartographier les propriétés de la molécule d'eau dans son atmosphère. Il y a quelque quatre milliards d'années, la jeune planète aurait renfermé suffisamment d'eau liquide pour que l'intégralité de sa surface en soit recouverte sur une hauteur d'environ 140 mètres. En raison des reliefs variés, il est probable que l'eau liquide ait formé un océan couvrant près de la moitié de l'hémisphère nord de la planète. En certaines régions, la profondeur de cet océan pouvait dépasser 1,6 kilomètre.

Cette nouvelle estimation a été déduite des observations détaillées de deux isotopes de l'eau présents dans l'atmosphère martienne. L'un de ces isotopes est H_2O , constitué de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. L'autre est HDO, une eau semi-lourde présente à l'état naturel, qui diffère de la molécule d'eau classique H_2O par la présence d'un atome de deutérium, plus lourd que l'hydrogène, en lieu et place de l'un des deux atomes d'hydrogène.

La forme deutérée est caractérisée par une masse supérieure à celle de la molécule d'eau classique. Sa tendance à l'évaporation est donc moindre. Ainsi, le taux d'échappement de l'eau de la planète peut se mesurer grâce au rapport HDO / H_2O qui caractérise l'eau restante.

Les cartes obtenues révèlent l'existence de variations saisonnières ainsi que de microclimats, bien que Mars s'apparente davantage aujourd'hui à un désert.

Les astronomes se sont particulièrement intéressés aux régions situées à la lisière des pôles nord et sud, parce que les calottes de glace polaire constituent les plus vastes réservoirs d'eau connus. L'eau qui y est emprisonnée permet de retracer l'évolution de l'eau sur

Mars depuis la période humide du Noachien qui s'est achevée il y a 3,7 milliards d'années.

Les résultats ainsi obtenus indiquent que la quantité d'eau lourde présente dans l'atmosphère située à proximité des régions polaires a augmenté d'un facteur 7 en comparaison des océans terrestres dans lesquels on trouve 3 200 molécules de H_2O pour une molécule de HDO. Le taux d'enrichissement calculé à partir de ces cartes implique que Mars a perdu un volume d'eau 6,5 fois plus important que celui actuellement stocké au sein des calottes polaires. Le volume de l'océan primitif martien était donc très certainement supérieur à 20 millions de kilomètres cubes.

Il est probable que cette eau ait recouvert les plaines du nord, caractérisées par une faible élévation. L'océan primitif aurait ainsi recouvert 19% de la surface totale de la planète – ce qui est supérieur aux 17% de la surface terrestre qu'occupe actuellement l'océan Atlantique.

Si la planète Mars a effectivement perdu autant d'eau, il est probable qu'elle soit devenue humide, et donc « habitable », durant une période plus longue qu'estimée auparavant. Il est possible que Mars ait renfermé une quantité d'eau bien plus importante encore, dont une partie subsisterait sous la surface. Les nouvelles cartes révèlent l'existence de microclimats et de variations de la teneur en eau de l'atmosphérique au fil du temps. Elles pourraient également s'avérer utiles dans la recherche d'eau souterraine.



*Océans martiens, vue d'artiste.
(ESO/M. Kornmesser/N. Risinger)*

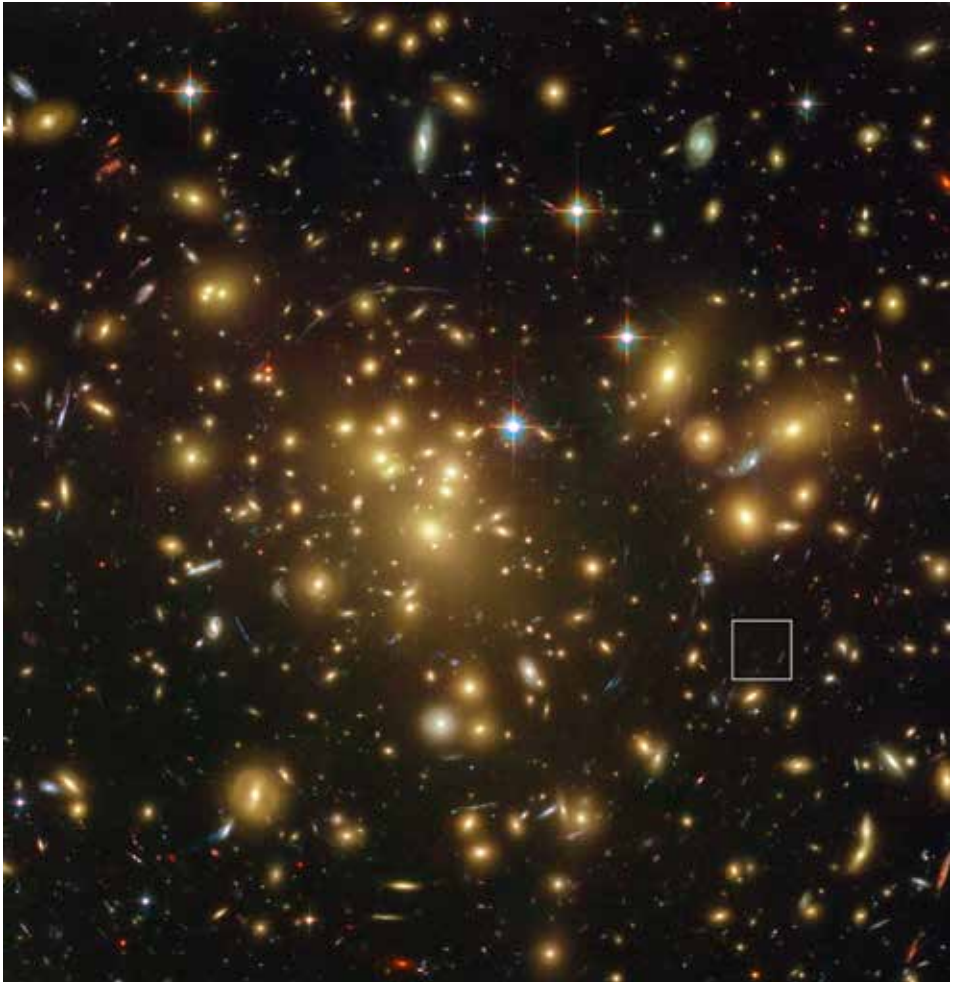
Jeune galaxie vieille

Basé sur un communiqué ESO

Le VLT de l'ESO et le réseau d'antennes ALMA ont observé A1689-zD1, l'une des galaxies les plus jeunes et les plus lointaines. À la surprise des astronomes, le système semble très évolué. La proportion de poussière qu'il renferme est semblable à celle d'une galaxie adulte telle que la Voie lactée, ce qui est essentiel pour la formation de planètes, de molécules complexes et d'étoiles normales.

L'amas de galaxies Abell 1689 observé par par le Télescope Spatial Hubble. L'énorme concentration de masse dévie la lumière en provenance d'objets plus distants ; elle peut augmenter leur luminosité apparente au point de les rendre visibles. A1689-zD1 situé dans la boîte est agrandi dans l'image suivante.

(NASA ; ESA ; L. Bradley, H. Ford/ Johns Hopkins University ; R. Bouwens, G. Illingworth/UC Santa Cruz)



**Zoom sur la galaxie
A1689-zD1.**

**(NASA; ESA; L. Bradley,
H. Ford/Johns Hopkins
University; R. Bouwens,
G. Illingworth/UC Santa
Cruz)**

A1689-zD1 profite d'un effet de lentille gravitationnelle produit par l'amas de galaxie Abell 1689 situé sur la ligne de visée, ce qui augmente sa luminosité apparente d'un facteur 9. En l'absence de cet effet gravitationnel, la jeune galaxie, de faible brillance, n'aurait pu être détectée.

A1689-zD1, observée dans un Univers âgé de 700 millions d'années seulement – 5% de son âge actuel - est d'apparence modeste. Elle est bien moins massive et lumineuse que la plupart des objets de l'Univers jeune étudiés jusqu'ici et elle promet donc d'être plus représentative des galaxies datant de cette époque.

L'Univers était alors à l'époque dite de la « réionisation », lorsque les toutes premières étoiles engendrèrent une aube cosmique, illuminant pour la première fois un milieu devenu transparent.

À cet âge, la galaxie aurait dû présenter un déficit en éléments chimiques lourds – en métaux, comme on désigne en astronomie les éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium. Ces métaux sont produits au cœur des étoiles, puis dispersés dans l'espace lorsqu'elles explosent où soufflent des vents violents. Répété sur de nombreuses générations d'étoiles, ce processus conduit à l'enrichissement significatif de l'Univers en métaux.

Étonnamment, la galaxie A1689-zD1 émet un rayonnement intense dans l'infra-



rouge lointain. Cela laissait supposer qu'elle avait déjà donné naissance à de nombreuses étoiles et produit des quantités significatives de métaux. Ainsi, non seulement elle renfermait une bonne proportion de poussière, mais elle était caractérisée par un rapport poussière/gaz semblable à celui des galaxies plus matures.

L'origine exacte de cette poussière galactique demeure inconnue, mais les observations suggèrent que sa production a commencé très tôt, au cours des 500 millions d'années suivant les premières formations d'étoiles – un laps de temps très court à l'échelle cosmologique, sachant que la plupart des étoiles vivent des milliards d'années.

Les résultats suggèrent que la galaxie A1689-zD1 n'a cessé de créer de nouvelles étoiles à un rythme modéré à compter de 560 millions d'années après le Big Bang, ou bien qu'elle est passée par une phase de création stellaire très intense avant d'entamer une période de déclin.

Supernova quadruple

Revenons sur la supernova quadruple (*Le Ciel*, janvier 2015, 35). L'image multiple est créée par l'effet de lentille gravitationnelle de l'amas massif de galaxies MACS J1149.6+2223 distant de cinq milliards d'années-lumière. La supernova, quant à elle, se trouve à plus de neuf milliards d'années-lumière.

On a pris l'habitude de voir des images démultipliées de galaxies et de quasars, mais il restait à observer celle d'une supernova. Ce

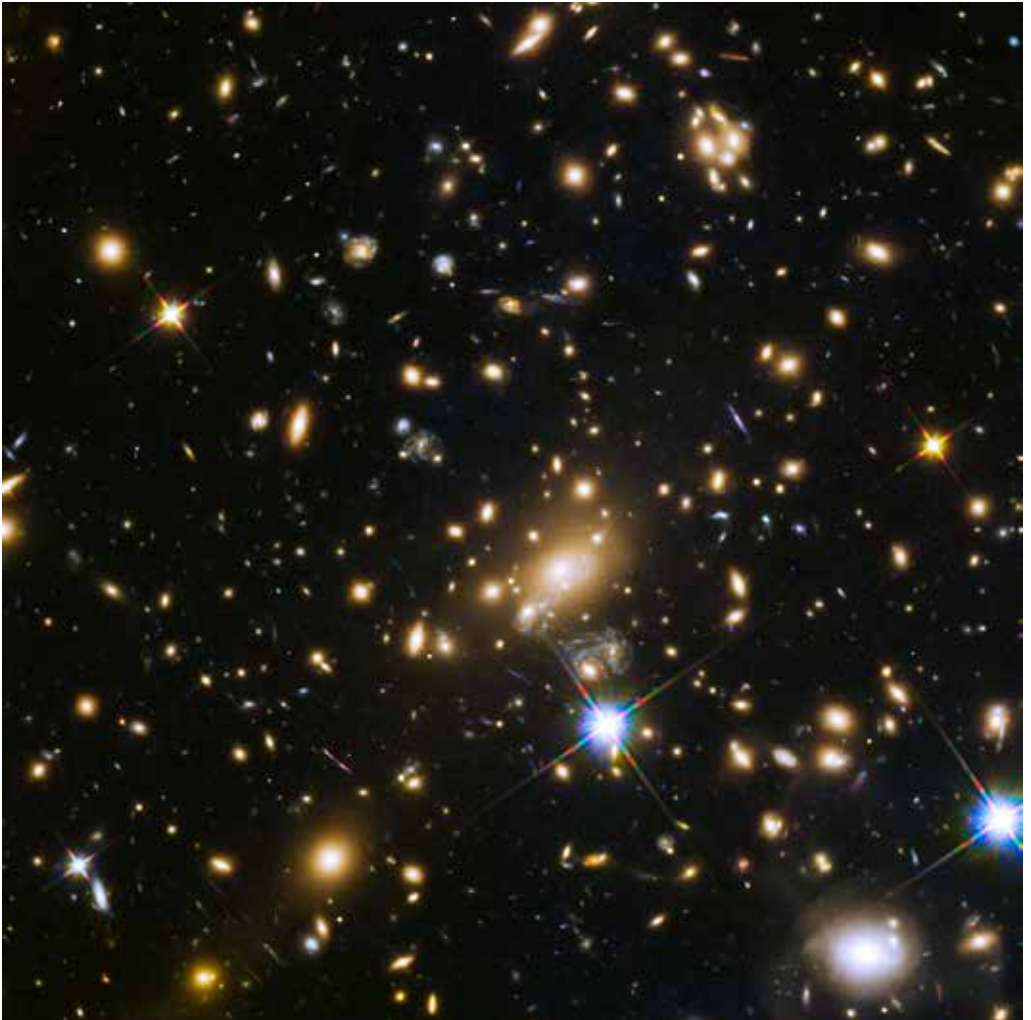
n'était qu'une question de temps et les astronomes travaillant dans les projets FrontierSN (Frontier Field Supernova Search) et GLASS (Grism Lens Amplified Survey from Space) guettaient leur premier objet depuis 2013. La lumière de la supernova est déviée par un double mécanisme. L'amas de galaxies

***Les quatre images de la supernova Refsdal entourent une galaxie de l'amas MACS J1149.6+2223. Photo par le télescope spatial Hubble.
(NASA, ESA, JHU, FrontierSN, GLASS, STScI, CLASH)***



divise les rayons lumineux en trois faisceaux et l'un d'eux est à nouveau partagé par une des galaxies de l'amas se trouvant exactement sur la ligne de visée. In fine, la lumière de la supernova est amplifiée d'un facteur 20 et les images sont disposées aux sommets d'un quadrilatère que l'on appelle une Croix d'Einstein – nom attribué pour la première fois à l'image multiple d'un quasar, QSO 2237+0305.

Vue d'ensemble de l'amas MACS J1149.6+2223 prise par le télescope spatial Hubble. La Croix d'Einstein est sous la grosse galaxie centrale, au-dessus de l'étoile brillante. (NASA, ESA, JHU, FrontierSN, GLASS, STScI, CLASH)



La galaxie UZC J224030.2+032131 (ou lentille d'Huchra) située à 400 millions d'années-lumière produit la première Croix d'Einstein observée, c'est-à-dire quatre images d'un quasar lointain (QSO 2237+0305) régulièrement disposées autour d'elle. La galaxie lentille est la tache centrale.
Le champ de l'image est de 26 secondes d'arc. (ESA/Hubble, NASA)



La supernova a été baptisée du nom de Sjur Refsdal, l'astronome qui avait proposé dès 1964 la recherche de tels objets pour étudier l'expansion de l'Univers.

Les photons de la supernova empruntent plusieurs chemins pour nous parvenir et, comme pour des itinéraires routiers, le temps pris pour le voyage varie d'un trajet à l'autre. On voit ainsi les quatre images dérouler l'explosion de la supernova avec un décalage temporel. L'étude de ce décalage renseignera les astronomes sur les chemins parcourus et permettra de contraindre le modèle de distribution de la masse dans l'amas de galaxies, c'est-à-dire, essentiellement de la matière noire qui constitue l'essentiel de la masse de l'Univers.

Les modèles actuels indiquent que les quatre parcours observés ne sont pas les seuls. Il y en a au moins deux autres. L'un d'eux était très direct et a dû donner lieu à une image unique de la supernova il y a une vingtaine d'années. Le second était le chemin des écoliers et les photons qui l'ont emprunté devraient nous faire revivre la supernova dans cinq ans environ. Cette observation que les astronomes attendent avec impatience devra permettre de contraindre encore plus les modèles de distribution de la matière noire dans l'amas de galaxies.

Galaxies naines satellites

Au moins trois nouvelles galaxies naines satellites de la Voie lactée ont été découvertes grâce aux données du Dark Energy Survey - une campagne de photographie du ciel austral au moyen d'une énorme caméra de 570 mégapixels (la dark Energy Camera) actuellement attachée au télescope M. Blanco de 4 mètres de Cerro Tololo dans les Andes.

D'autres objets très faibles demandent confirmation. Certains pourraient être non pas des galaxies naines mais des amas globulaires, c'est-à-dire des objets assez analogues mais non tenus gravitationnellement par la matière noire. Les vraies galaxies naines contiennent jusqu'à 99 pour cent de cette matière noire.

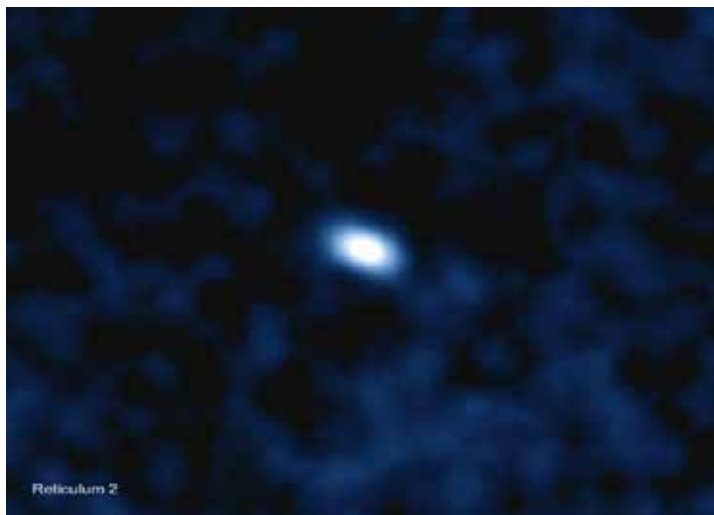
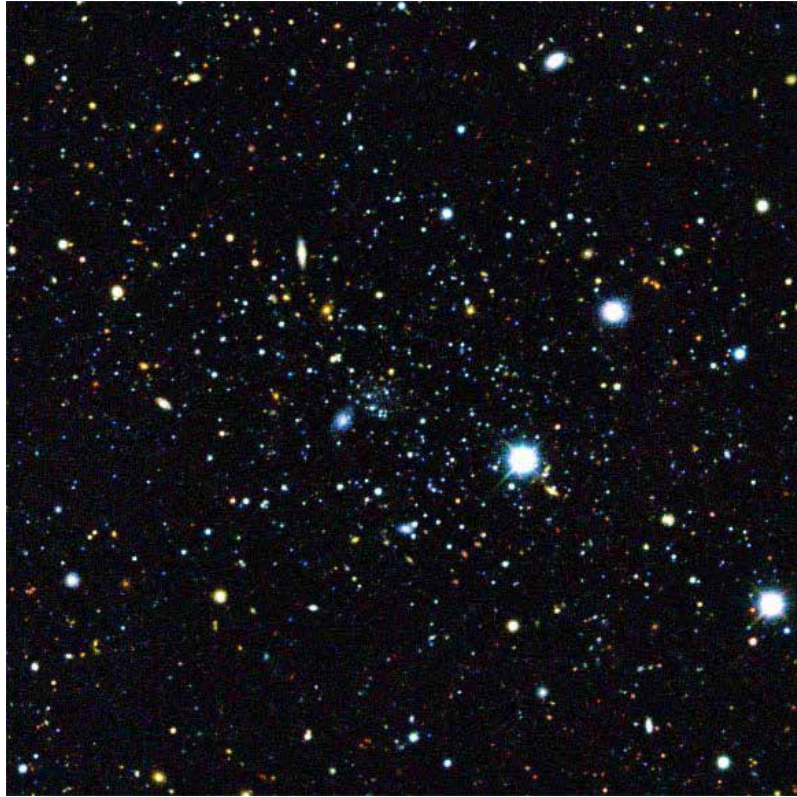
Ces galaxies sont un milliard de fois moins lumineuses que notre galaxie et un million de fois moins massives. Leur distance va de 95 000 (une petite galaxie dans le Réticule) à plus d'un million d'années-lumière (une plus grosse galaxie, dans l'Éridan, qui paraît

***La galaxie naine
Eridanus 2. (Sergey
E. Koposov et al
/ Dark Energy
Survey)***

accompagnée d'un amas globulaire). Toutes semblent avoir été associées aux Nuages de Magellan dans le passé. Elles en étaient peut-être des satellites avant d'être éjectées. Mais peut-être faisaient-elles partie d'un groupe plus important, comprenant les Nuages de Magellan, et tombant vers la Voie lactée.

La petite galaxie du Réticule (Reticulum 2) semble associée à une source de rayons gamma, ce que certains interprètent comme un signal lié à la matière sombre. Une théorie veut que la matière noire soit faite de WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), des particules qui peuvent s'annihiler l'une l'autre en émettant des rayons gamma de haute énergie.

***La galaxie naine
Reticulum II.
(Sergey E. Koposov
et al / Dark Energy
Survey.)***



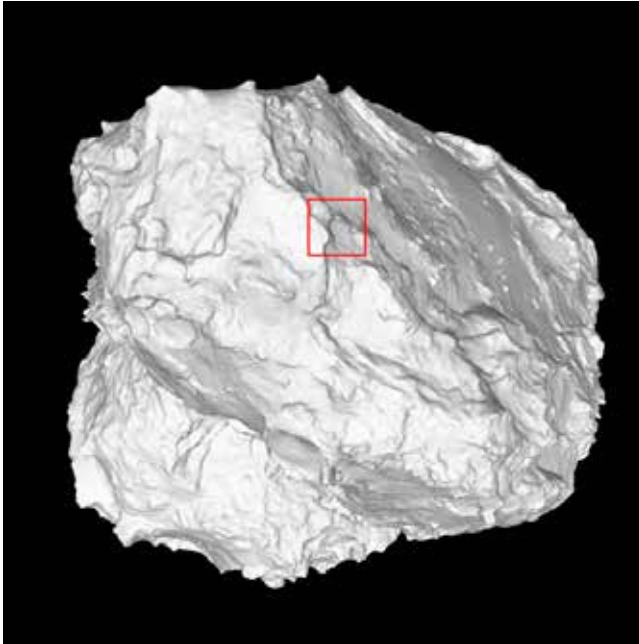
L'ombre de Rosetta

Basé sur un communiqué CNRS/INSU

Le passage en rase-motte – 6 kilomètres tout de même - de Rosetta sur la comète Chury le 14 février 2015 a permis de prendre des images avec une résolution remarquable de 11 centimètres par pixel révélant des structures de surface cométaire avec un niveau de détail encore jamais atteint. Étant donné qu'au point le plus rapproché de ce survol, le Soleil, Rosetta et la comète étaient presque parfaitement alignés, la sonde a pu photographier son ombre, ou plus exactement la pénombre, portée sur la surface du noyau.

***Vue rapprochée de la région d'Imhotep prise par la Narrow angle camera de l'instrument OSIRIS le 14 février 2015 lors du survol à basse altitude (6 kilomètres) par Rosetta de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. On peut voir l'ombre de la sonde, qui se projette sur le bas de l'image.
(ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA)***





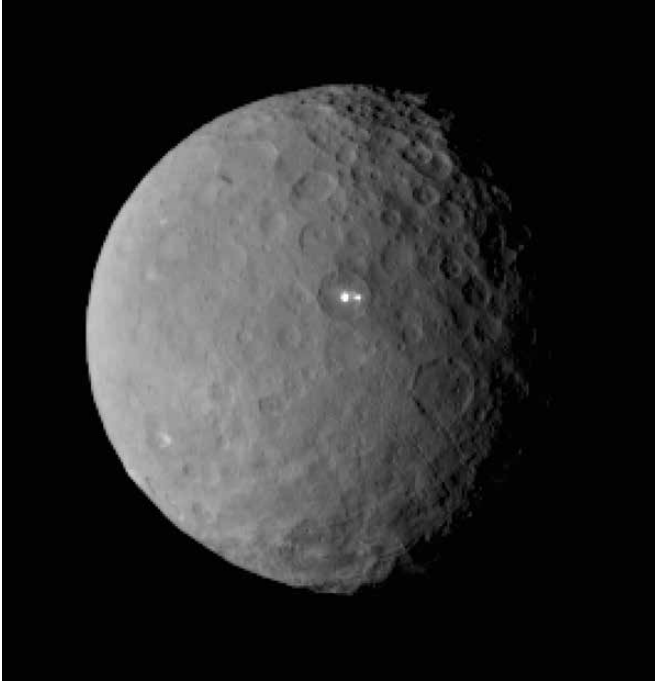
Sur cette modélisation, le carré rouge montre la zone de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko photographiée par OSIRIS-NAC lors du survol. Il s'agit de la région d'Imhotep. (ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA)

L'ombre de Rosetta que l'on voit très bien en bas de l'image de la page précédente forme un rectangle de 20 mètres par 50. Ces dimensions correspondent bien à la pénombre créée par la sonde éclairée par une source lumineuse étendue, en l'occurrence le Soleil.



L'alignement entre le Soleil, la sonde et la comète offre des conditions d'observation tout à fait singulières qui permettent de mieux caractériser les propriétés de la surface. On note en particulier la présence d'une vaste zone circulaire centrée sur l'ombre de Rosetta légèrement plus brillante que le reste de la surface. Cette auréole (ou gloire) est due à la rétrodiffusion de la lumière amplifiée par la présence de petites particules à la surface de la comète – un phénomène bien observé sur la Lune et d'autres petits corps recouverts d'une couche de fines poussières. C'est le même principe qui produit le gegen-schein, cette faible lueur des poussières interplanétaires à l'opposé du Soleil que l'on peut distinguer lorsque les conditions d'observation sont idéales. C'est aussi la gloire que chacun peut observer autour de son ombre lorsque celle-ci est portée sur un nuage de fines gouttelettes (observation fréquente en avion, ou en montagne), ou sur la rosée d'une pelouse.

Gloire autour de l'ombre d'un avion.
(Wikipedia)



*Cérès vu par la sonde Dawn le 19 février depuis une distance de 46 000 kilomètres. La tache blanche que l'on connaît depuis longtemps est en réalité double et située au fond d'un cratère.
(NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)*

*Image de Cérès prise par Dawn le 1 mars juste quelques jours avant la capture en orbite de la sonde. Celle-ci entamait un lent passage du côté nuit du gros astéroïde et s'en trouvait à la distance d'environ 48 000 kilomètres.
(NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)*

Cérès

La sonde Dawn a, comme prévu, été capturée par Cérès le 6 mars alors qu'elle s'en trouvait à 61 000 km. Elle est du côté nuit de la petite planète et il faudra attendre la mi-avril pour obtenir à nouveau des vues assez rapprochées de la face éclairée. Le 15 avril, la distance sera de 22 000 km et le disque de la petite planète sera illuminé à près de 50 %.

Cérès est la première planète dite « naine » à être visitée, puisque la petite planète Vesta, cible précédente de Dawn, n'a pas ce statut.

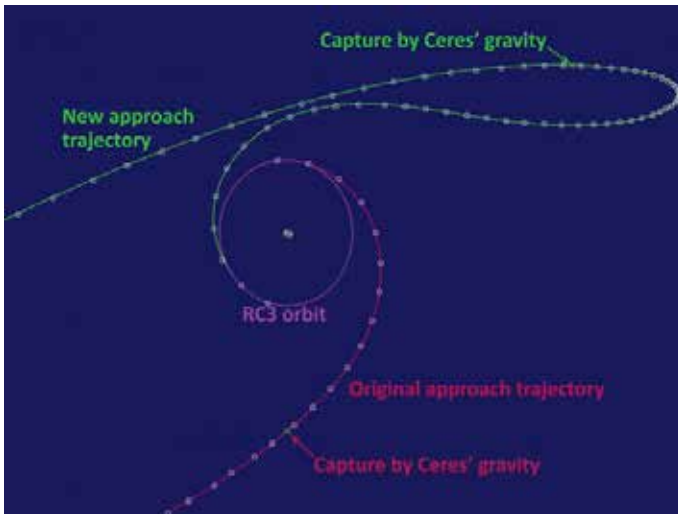
L'image ci-dessus montre le gros astéroïde bien éclairé en février. On y voit la tache blanche double qui intrigue tant les astronomes. La distance était alors de 46 000 km. Sur la photo ci-contre, on ne voit plus qu'un croissant et la distance était passée à 48 000 km quelques jours avant la capture, laquelle s'est faite à plus de 60 000 km.



Cette augmentation de la distance alors que la sonde approchait de sa capture peut paraître étrange mais elle s'explique par l'effet de la trajectoire adoptée et de la poussée continue du moteur ionique.

En fait la trajectoire prévue était plus simple et se terminait en spirale vers l'astéroïde. Un problème technique dû à l'impact

d'un rayon cosmique a obligé à trouver une autre solution. En gros la sonde a dépassé Cérès sur son orbite tout en freinant constamment. À un moment la vitesse relative est tombée sous la valeur critique de libération. La sonde était alors plus loin qu'au début de l'approche.



Trajectoire finale de la sonde Dawn près de Cérès vue de côté (image du haut) et depuis le nord (en bas). Le Soleil est à gauche.

L'approche initialement prévue de Dawn est représentée en rouge dans le premier dessin. Elle l'amenait sous le pôle sud et puis elle spiralaît vers l'orbite dite « RC3 ».

En réalité Dawn a suivi un autre chemin, représenté en vert qui l'a conduite bien en avant de Cérès.

(NASA/JPL)

