

L'astronomie dans le monde

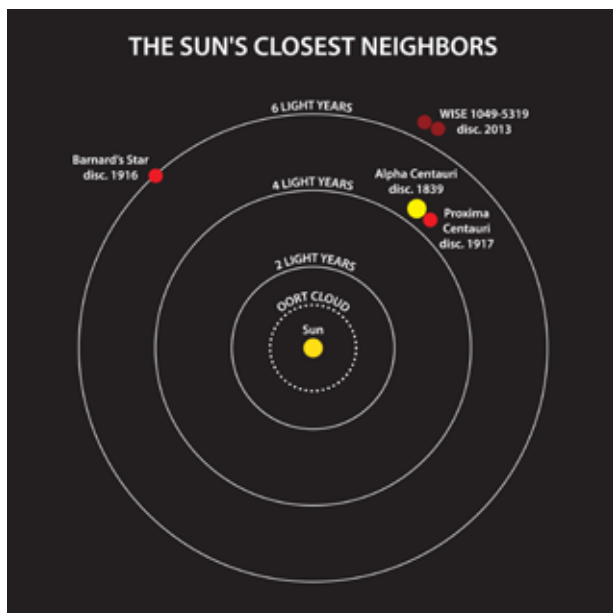
Cartographie d'une naine brune

Basé sur un communiqué ESO

En mars 2013, l'astronome américain Kevin Luhman découvrait un petit système stellaire à 6,5 années-lumière de nous (cf *Le Ciel*, mai 2013, 211) à partir d'images obtenues par le télescope infrarouge WISE. Seules alpha et proxima Centauri ainsi que l'étoile de Barnard sont plus proches. Son appellation officielle est WISE J104915.57-531906.1 mais, plus pratique, l'appellation Luhman 16 est utilisée, Luhman ayant déjà découvert 15 systèmes d'étoiles doubles auparavant. Conformément aux conventions en usage, Luhman 16A désigne l'étoile la plus brillante et Luhman 16B la seconde étoile, tandis que Luhman 16AB signifie le couple.

Diverses observations ont révélé les faibles variations de luminosité de Luhman 16B au cours de sa rotation – un indice susceptible d'expliquer les caractéristiques de surface de cette étoile, moins brillante que Luhman 16A. Ainsi, les astronomes liégeois ont utilisé le télescope Trappist à l'observatoire de l'ESO (La Silla) pour observer de manière intensive le couple et détecter le signal « climatique » correspondant à la naine brune la plus froide, en accord avec le mécanisme de fragmentation des nuages envisagé pour ce type d'astre.

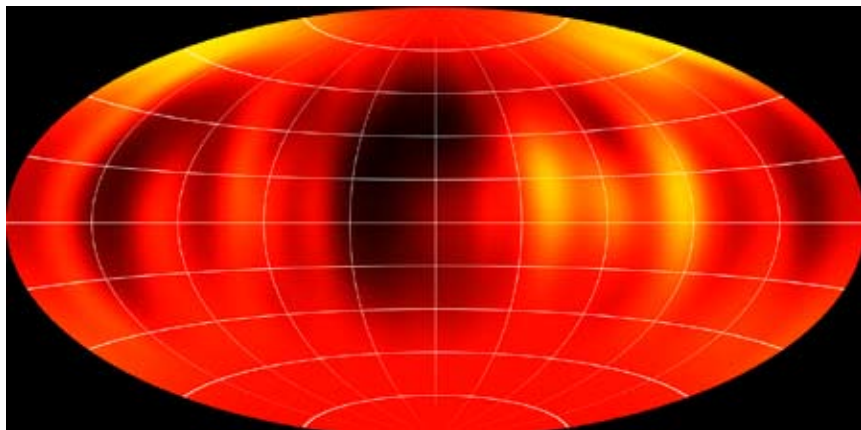
La proximité du système a permis de cartographier grâce au VLT de l'ESO (Paranal) les zones claires et sombres qui parsèment la surface de Luhman 16B. Les naines brunes constituent des objets intermédiaires entre



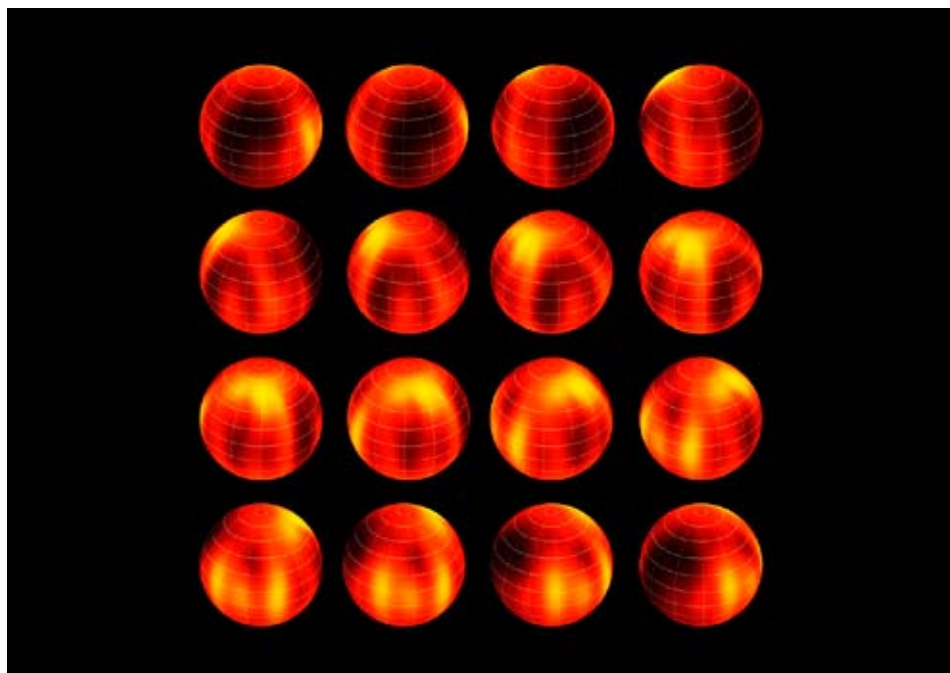
*Les étoiles les plus proches de nous.
(Janella Williams, Penn State University)*

les planètes géantes gazeuses telles Jupiter et Saturne et les étoiles froides de faible luminosité. Leur masse est insuffisante pour que des réactions de fusion nucléaire se déclenchent en leur cœur ; en conséquence, elles rayonnent faiblement dans le domaine infrarouge. La toute première détection confirmée d'une naine brune date d'une vingtaine d'années à peine et seuls quelques centaines de ces objets insaisissables ont été répertoriés à l'heure actuelle.

Les exoplanètes de type Jupiter chaud se situent à très grande proximité de leurs étoiles hôtes, caractérisées par une brillance bien plus élevée. Parce qu'elle se fond dans la lumière



Le VLT de l'ESO a été utilisé pour dresser la toute première carte météo à la surface d'une naine brune, en l'occurrence Luhman 16B, l'une des deux naines brunes récemment découvertes et qui forment une paire située à seulement six années-lumière du Soleil. (ESO/I. Crossfield)



émise par l'étoile, la faible lueur en provenance de la planète est quasiment impossible à détecter. Toutefois, dans le cas des naines brunes, rien ne vient parasiter la faible lueur en provenance de l'objet lui-même ; il est donc beaucoup plus facile d'effectuer des mesures fines.

Afin de cartographier cette surface, les astronomes ont utilisé une méthode pour le moins astucieuse. Ils ont observé les naines brunes au moyen de l'instrument CRIRES qui équipe le VLT. Ils ont ainsi pu, non seulement suivre les variations de luminosité de Luhman 16B au cours de sa rotation, mais également déterminer le sens de déplacement des zones claires et foncées le long de la ligne de visée. La combinaison de ces données leur a ensuite permis de dresser la carte des taches claires et sombres qui parsèment sa surface.

Les atmosphères des naines brunes sont très semblables à celles des exoplanètes géantes constituées de gaz chaud. Ainsi donc, l'étude comparative des naines brunes faciles à observer peut permettre aux astronomes d'approfondir leur connaissance des atmosphères entourant les jeunes planètes géantes – l'installation, en 2014, du nouvel instrument SPHERE sur le VLT, a pour objet d'en découvrir un grand nombre dans un futur proche.

Des observations antérieures suggéraient l'existence de marbrures à la surface des naines brunes ; aujourd'hui, nous sommes en mesure de les cartographier. Bientôt, nous serons capables d'observer la formation, l'évolution ainsi que la dissipation des structures nuageuses à la surface de cette naine brune – à terme, les exo-météorologues pourraient être en mesure de prévoir la présence ou non de nuages dans le ciel de Luhman 16B à l'arrivée d'un voyageur de l'espace.

2006DP14

Le petit astéroïde 2006DP14 qui vient de passer « près » de nous a été photographié en radar par l'antenne de 70 mètres de Goldstone, en Californie. Ces observations ont révélé que l'astéroïde a une forme allongée. Il mesure 400 mètres de long pour 200 de large et tourne sur lui-même en six heures. Sa forme en grosse cacahuète n'est pas inhabituelle pour les astéroïdes : l'imagerie radar effectuée à Goldstone et à Arecibo (Porto Rico) indique qu'un astéroïde sur dix de plus de 200 mètres est du type binaire de contact, comprenant deux lobes

Vue extraite d'une collection d'images radar prises le 11 février 2014 de l'astéroïde « near-Earth » 2006 DP 14, d'une taille d'environ 400 mètres. L'antenne de 70 mètres du Deep Space Network à Goldstone, Calif., a été utilisée. L'astéroïde se trouvait environ 11 fois plus loin que la Lune. La résolution spatiale est de l'ordre de vingt mètres par pixel. (NASA/JPL-Caltech/GSSR)



semblant se toucher. Les données ont été obtenues sur un intervalle de 2 heures et demie et ne couvrent donc même pas une demi rotation.

Les images ont été prises la veille du passage de 2006DP14 au plus près de la Terre à environ 2,5 millions de kilomètres.

Le radar est une technique très puissante pour étudier les astéroïdes proches : orbite, forme, dimensions, rotation, état de surface. Alors que l'astéroïde reste une image ponctuelle pour les plus gros télescopes optiques, le radar peut en distinguer les contours et

mesurer sa distance exacte. Cette dernière donnée permet de raffiner la connaissance de l'orbite et d'établir des prédictions beaucoup plus sûres.

Le désavantage du radar est naturellement sa portée relativement limitée qui le contraint à n'observer que les objets qui ont le bon goût d'approcher notre planète. Mais ceux-ci ont un intérêt tout particulier, ne serait-ce qu'en ce qui concerne les risques de collision.

***L'antenne de 70 mètres de Goldstone.
(NASA/JPL)***

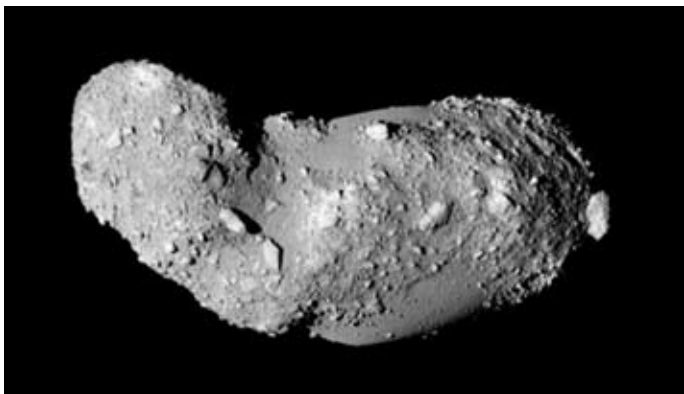


Anatomie d'un astéroïde

Basé sur un communiqué ESO

En effectuant des mesures d'une extrême précision, les astronomes ont découvert l'existence de zones de densités différentes au sein de l'astéroïde (25143) Itokawa. Découvrir ce qui se cache sous la surface des astéroïdes ne renseigne pas uniquement sur leur processus de formation mais également sur les effets de leurs collisions avec d'autres corps du Système solaire, et donc sur la formation des planètes.

Cet astéroïde de petite taille est un curieux objet, semblable à une énorme cacahuète, d'après les images transmises par la sonde japonaise Hayabusa en 2005. Afin de sonder sa structure interne, les astronomes ont utilisé des images collectées entre 2001 et 2013 par le New Technology Telescope (NTT) de l'ESO à La Silla au Chili. Ils ont aussi fait appel à toute une armada d'instruments : le télescope de 1,5 m de l'observatoire Palomar



Itokawa (© JAXA)

(Californie, États-Unis), l'observatoire de Table Mountain (Californie, États-Unis), le télescope de 1,5 m de l'observatoire Steward (Arizona, États-Unis), le télescope Bok de 2,25 m de l'observatoire Steward (Arizona, États-Unis), le télescope Liverpool de 2 m (La Palma, Espagne), le télescope Isaac Newton de 2,5 m (La Palma, Espagne) et le télescope Hale de 5 m de diamètre qui équipe l'observatoire Palomar (Californie, États-Unis).

La mesure des variations de luminosité a permis de déterminer avec précision la période de rotation de cet astéroïde ainsi que ses variations temporelles. Les astronomes ont pu explorer sa structure interne et découvrir, pour la première fois toute sa complexité – une étape importante dans la compréhension des corps rocheux du Système solaire. Les calculs ont montré que la densité interne varie de 1,75 à 2,85 grammes par centimètre cube. Ces densités sont relatives aux deux zones distinctes qui constituent Itokawa.

La rotation d'un astéroïde, et plus généralement celle des petits corps dans l'espace, peut être perturbée par le rayonnement en provenance du Soleil. Ce phénomène, baptisé effet Yarkovsky-O'Keefe-Radzievskii-Paddack (YORP), se produit lorsque la lumière solaire absorbée est renvoyée par la surface de l'objet sous forme de chaleur. Lorsque l'astéroïde pré-



Itokawa (© JAXA)

sente une forme très irrégulière, la chaleur n'est pas émise uniformément ; un faible couple s'exerce alors sur le corps et modifie sa vitesse de rotation.

L'effet YORP se traduit par une faible accélération de la vitesse de rotation d'Itokawa. La variation de cette vitesse de rotation est faible – voisine de 0,045 secondes par an seulement. Mais ce résultat pour le moins inattendu ne peut s'expliquer que par la différence de densité qui caractérise les deux zones de l'astéroïde en forme de cacahuète.

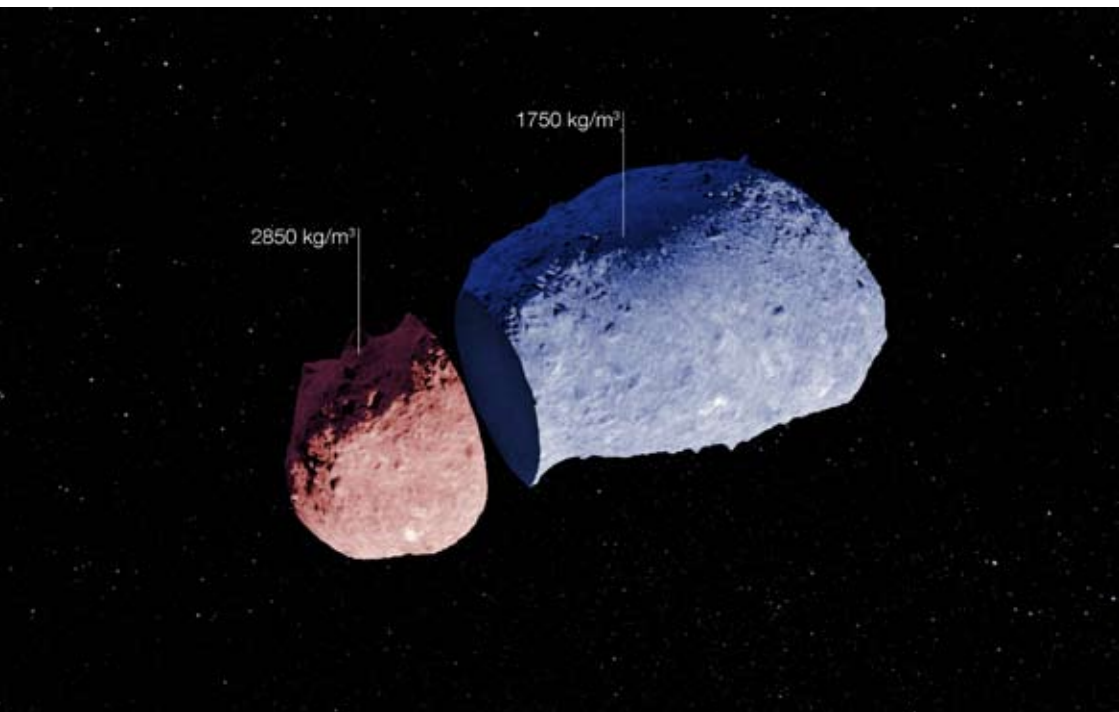
Jusqu'à présent, les caractéristiques internes des astéroïdes ne pouvaient être déduites que de mesures de densités globales et approximatives. Cet exceptionnel aperçu des entrailles d'Itokawa a donné lieu à de nom-

breuses hypothèses relatives à sa formation. L'une de ces hypothèses stipule qu'il se serait formé à partir d'un double astéroïde dont les deux composants auraient fusionné après leur collision.

Découvrir que les astéroïdes sont caractérisés par des intérieurs inhomogènes est lourd de conséquences – pour les modèles de formation des astéroïdes binaires notamment. Cette découverte pourrait également permettre de réduire le risque de collisions d'astéroïdes avec la Terre, ou d'envisager de possibles expéditions futures sur ces corps rocheux.

Cette nouvelle capacité à sonder l'intérieur d'un astéroïde constitue une avancée significative, et pourrait permettre de lever le voile sur les nombreux secrets que renferment, aujourd'hui encore, ces mystérieux objets.

Une représentation schématique de l'étrange astéroïde Itokawa à la forme de cacahuète. (ESO, JAXA)



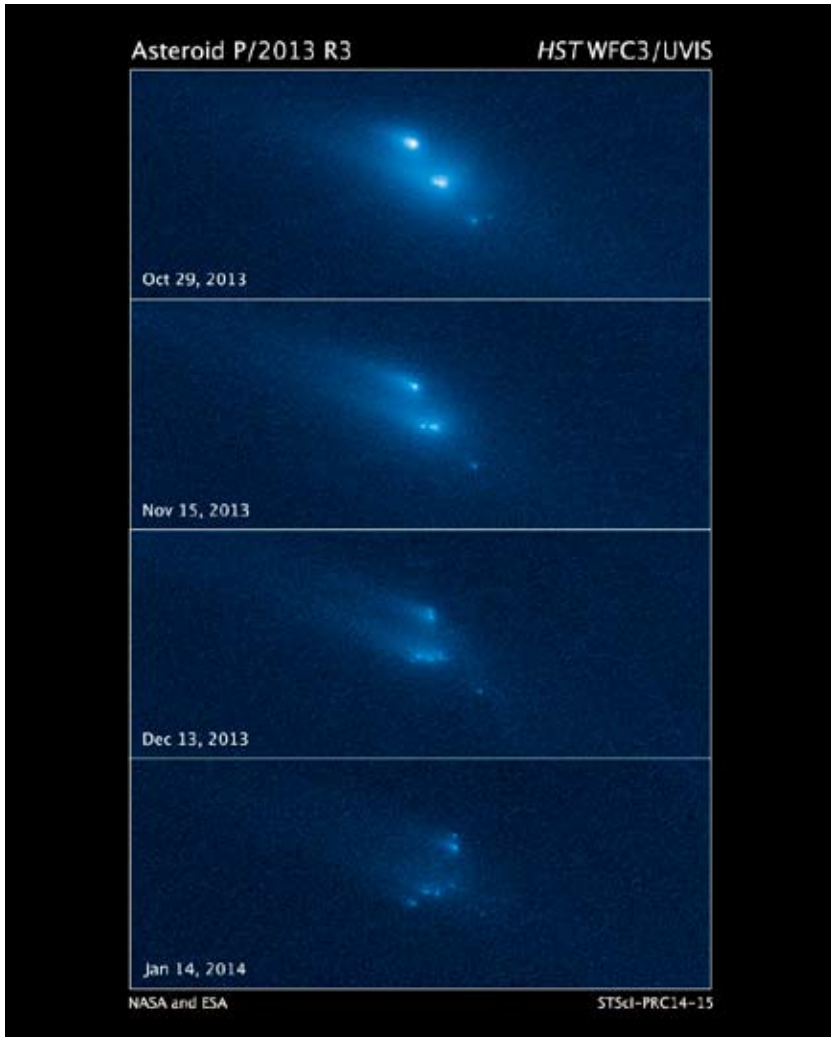
L'astéroïde P/2013 R3

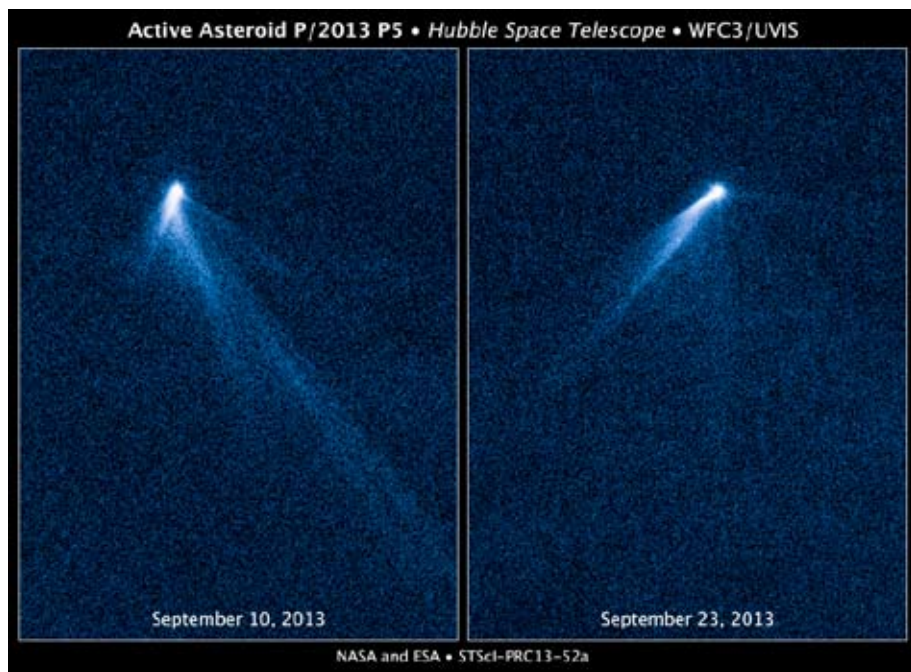
L'aspect flou de l'astéroïde P/2013 R3 découvert par les surveys Catalina et Pan-STARRS intriguait les astronomes. Le nom reflète d'ailleurs la nature cométaire supposée de l'objet. Des observations avec l'un des grands télescopes Keck montraient qu'il était composé de trois objets entourés d'un nuage de poussière. Pour aller plus loin en résolution,

le télescope spatial Hubble fut appelé à la rescousse et il révéla une dizaine de fragments distincts, les plus gros faisant 300 à 400 mètres, et chacun avec une queue cométaire.

Les débris s'écartent lentement les uns des autres, de l'ordre d'un kilomètre par heure

L'astéroïde P/2013 R3 observé par le télescope spatial Hubble. (NASA, ESA, D. Jewitt/ University of California, Los Angeles)





ce qui, tout en prouvant qu'il s'agit bien d'une fragmentation, montre qu'il n'y a pas eu d'impact violent : les vitesses seraient bien plus importantes. En extrapolant, on constate que la désagrégation a eu lieu l'année passée.

Quelle est la raison de ce comportement ? On voit des comètes se désintégrer, mais c'est à l'occasion d'un passage près d'un corps massif, ou sous l'action des rayons du Soleil. À 2,5 unités astronomiques du Soleil (375 millions de kilomètres) on ne peut guère invoquer une vaporisation de matériaux volatils sous la chaleur solaire. P/2013 R3 n'a frôlé aucune planète et, pour clore le débat, les spectres ne montrent aucune trace de gaz, rien que de la poussière.

Il existe un mécanisme qui aboutit à la désintégration d'un astéroïde, c'est le même effet Yarkovsky-O'Keefe-Radzievskii-Paddack (YORP), que l'on voit à l'œuvre pour l'astéroïde Itokawa (voir page 199).

Il suffit que la structure de l'objet soit un peu lâche, fracturée par d'anciennes collisions,

***L'autre astéroïde P/2013 P5 observé par le télescope spatial Hubble.
(NASA, ESA, D. Jewitt/UCLA)***

comme c'est probablement le cas de la majorité des petits astéroïdes. Alors, l'accélération progressive de la rotation sous l'effet YORP donne une vitesse suffisante pour vaincre la très faible gravité. Le tas de cailloux qu'est en réalité l'astéroïde finit tôt ou tard par se désintégrer tranquillement. Des millions de tonnes de petits fragments se joindront à ceux qui peuplent l'espace interplanétaire, et tomberont lentement et inexorablement vers le Soleil.

Un autre astéroïde découvert également en 2013 avec le survey Pan-STARRS est probablement en train de subir le même sort. Les queues multiples de P/2013 P5, un petit astéroïde de moins de 400 mètres, montrent des aspects différents dans des images prises par le télescope spatial Hubble à quelques semaines d'intervalle. Leur analyse indique que ces éjections duraient depuis des mois.

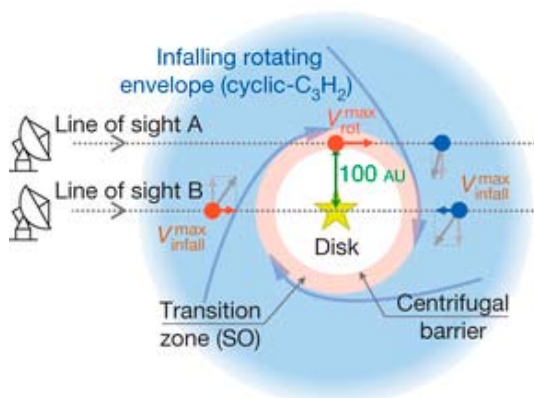
Formation des planètes

Basé sur un communiqué CNRS

La proto-étoile L1527, située dans le nuage moléculaire du Taureau, a été observée en détail avec l'interféromètre ALMA. Les astronomes ont ainsi pu mettre en évidence une variation chimique de sa composition, remettant en cause les scénarios de formations des planètes.

Entre le moment où un nuage de gaz s'effondre sous son propre poids pour former une étoile et la formation du disque protoplanétaire, plusieurs étapes se succèdent. Initialement la proto-étoile est enfouie dans une épaisse enveloppe de poussière. Petit à petit, l'enveloppe s'ameuise, et lorsque finalement elle disparaît, le disque protoplanétaire devient visible. Les planètes peuvent alors se former dans ce dernier.

Les processus de formation du disque de gaz ainsi que les modifications chimiques associées demeuraient jusqu'à ce jour inexplorés. Grâce aux observations des molécules $c\text{-C}_3\text{H}_2$ et SO, l'équipe a découvert un change-



Modèle d'enveloppe utilisé pour représenter la protoétoile.
(Sakai et al)

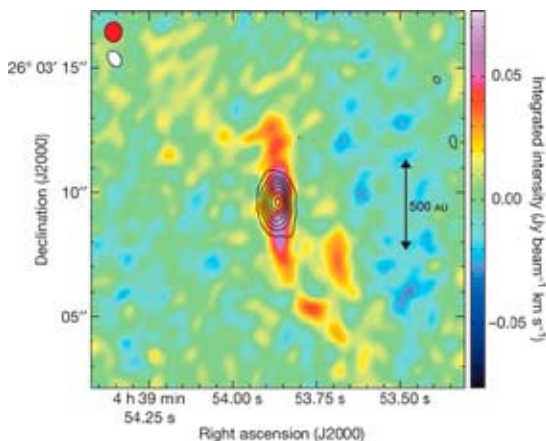
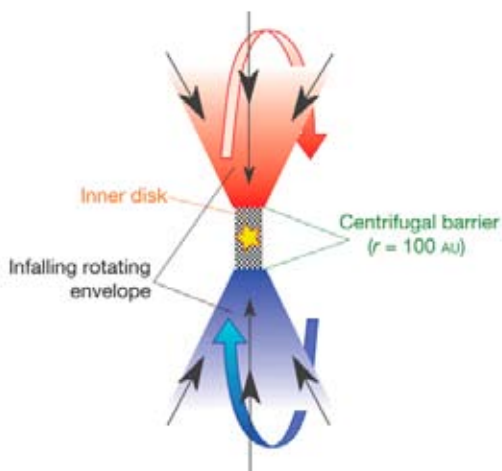


Image de la protoétoile dans les fréquences de cyclique- C_3H_2 (en couleur) et de SO (contours). Les ellipses blanches et rouges indiquent la résolution spatiale. (Sakai et al)



Vue schématisée, par la tranche, de la géométrie de l'enveloppe.
(Sakai et al)

ment chimique inattendu dans la zone de transition entre l'enveloppe en effondrement et le disque de gaz. En effet, $\text{c-C}_3\text{H}_2$ disparaît complètement à environ 100 unités astronomiques, ce qui correspond à la barrière centrifuge, alors que SO n'existe que dans un anneau à cette distance. Jusqu'à présent on pensait que la matière interstellaire était apportée au disque de manière régulière sans changement notable dans la composition chimique. Il s'avère maintenant que cette hypothèse n'est pas bonne. La variation chimique révèle le bord extérieur du disque de gaz qui s'agrandit. Le Système solaire a probablement subi cette même variation lors de son évolution et cette étude apporte donc un élément important pour en comprendre la formation.

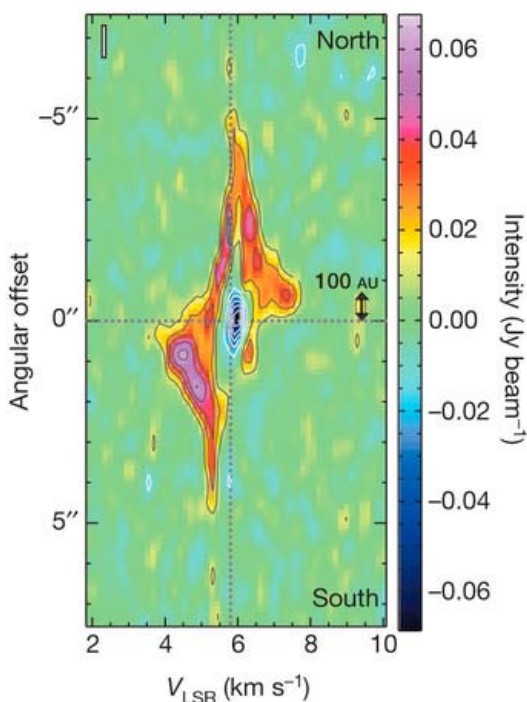
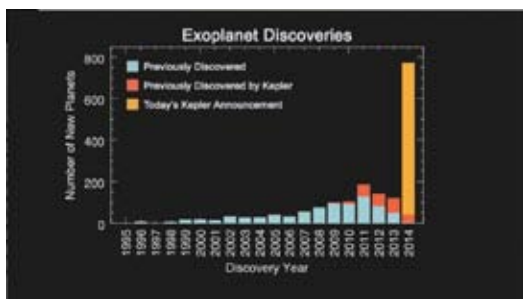


Image montrant la distribution du gaz en fonction de la vitesse sur une coupe transversale. L'asymétrie due à la rotation est bien mise en évidence. (Sakai et al)

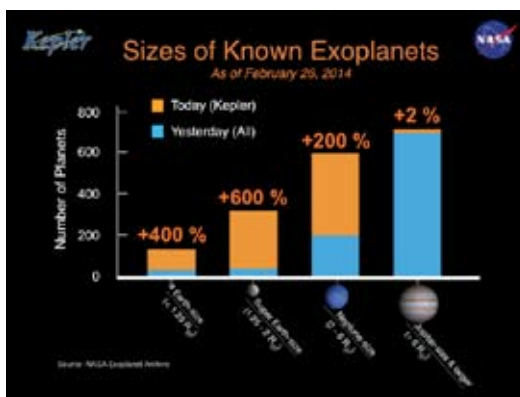
Planètes Kepler

715 nouvelles planètes ont été confirmées dans les données de l'observatoire spatial Kepler, la plupart plus petites que Neptune, et dans des systèmes multiplanétaires. Avant cette annonce, l'observatoire spatial en avait confirmé un total de 246. Le nombre se trouve ainsi quadruplé du jour au lendemain.

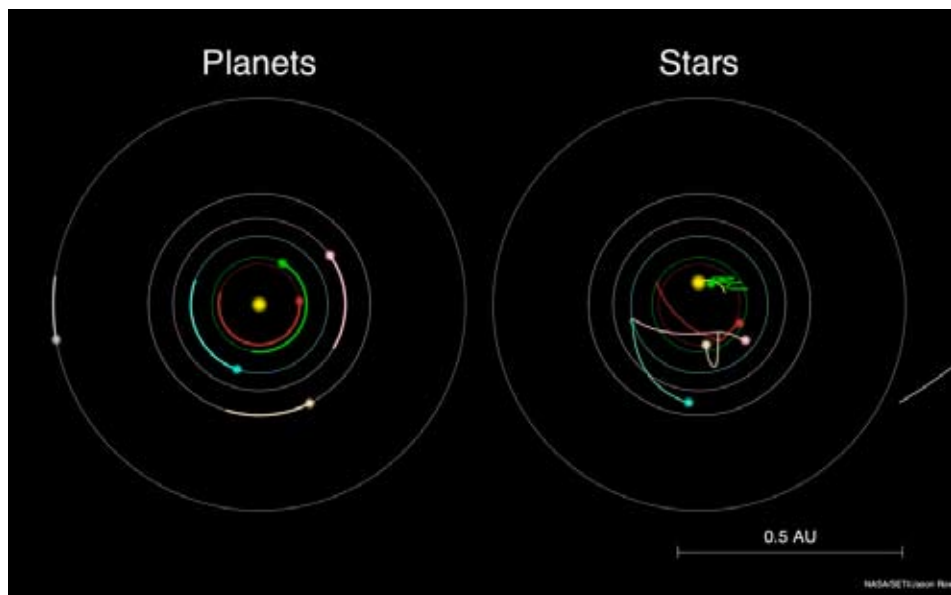
Pour arriver à ses fins, Kepler cherche l'affaiblissement passager de l'éclat d'une étoile lorsqu'une planète passe devant elle.



Découvertes d'exoplanètes par année. En orange, la dernière livraison de Kepler. (NASA Ames/SETI/J Rowe)



Répartition des exoplanètes connues en fonction de leur taille. L'augmentation due à l'apport récent de Kepler est indiquée en orange. (NASA Ames / W. Stenzel)



Alors qu'un système multi-planétaire compact peut être stable, un système comparable fait d'étoiles se défait par suite des interactions gravitationnelles plus fortes entre les astres. (NASA)

Tout est question de hasard et de patience. Il suffit de mesurer et re-mesurer avec obstination un grand nombre d'étoiles pendant longtemps et attendre la répétition de la même petite éclipse. Mais les étoiles peuvent varier pour un tas de raisons n'ayant rien à voir avec des planètes et, en premier lieu, il faut vérifier que ce ne sont pas des étoiles qui transitent. Il faut donc confirmer les candidats par des mesures supplémentaires, mobiliser des télescopes au sol, bref, tout un processus qui demande beaucoup de temps.

Les astronomes ont utilisé une nouvelle méthode pour accélérer la vérification. Ce n'est pas vraiment une technique révolutionnaire, puisqu'il s'agit simplement de s'attacher aux candidats les plus probables : les cas multiples. Si une étoile montre les transits de plusieurs objets, ils s'agit très certainement de planètes et non d'autres étoiles. Il suffisait donc d'extraire les transits multiples de la liste

générale des 3 500 candidats. Cela fait 715 exoplanètes pour 305 étoiles. Autant dire que c'est un canon à un coup, et que cela ne se reproduira plus. Les candidats restants devront être confirmés à la dure, au cas par cas.

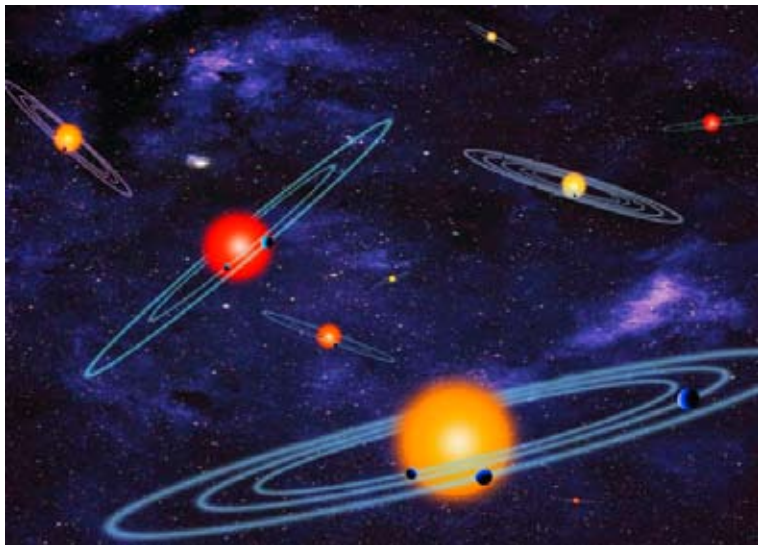
Environ 95 pour cent de ces nouveaux mondes sont plus petits que Neptune (quatre fois la Terre). C'est donc une forte augmentation du nombre de planètes relativement petites connues.

L'étude permet de conclure que les planètes dans des systèmes multi-planétaires sont relativement petites et que leurs orbites sont coplanaires et circulaires – tout comme dans le Système solaire.

Quatre des exoplanètes sont plus petites que deux fois et demie la Terre et sont dans la zone habitable de leur système – zone où la température de surface pourrait permettre à l'eau d'être sous forme liquide.

Parmi les curiosités, on citera le cas de Kepler 90, une étoile de type solaire accompagnée d'au moins sept planètes, le tout dans un espace plus petit que l'orbite de la Terre.

(suite page 209)



*Vue d'artiste
de systèmes
multiplanétaires.
(NASA)*

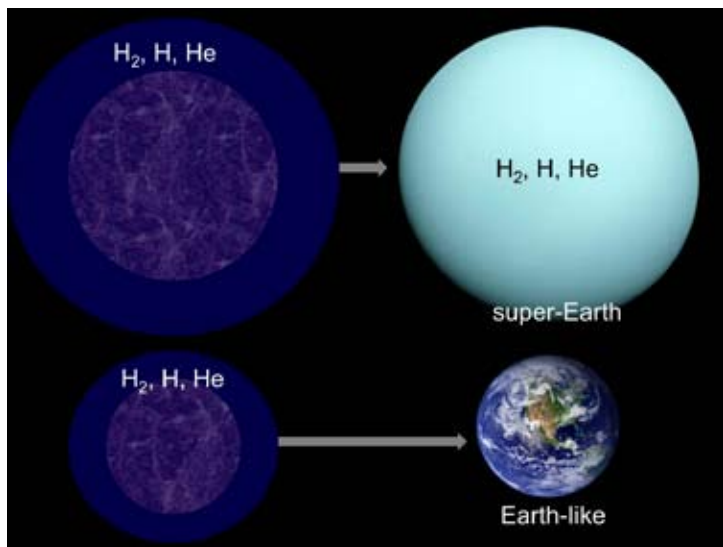
L'observatoire spatial Kepler prendra dorénavant une part moins importante dans les nouvelles découvertes par suite de problèmes techniques. Depuis mai 2013, il doit se contenter de deux roues de stabilisation – sur les quatre initiales –, ce qui n'est pas suffisant pour lui assurer un pointage parfait. Les techniciens

ont trouvé un moyen ingénieux de lui assurer une seconde vie, la mission K2. Le Soleil, par l'intermédiaire de la pression de radiation exercée sur l'engin, remplace la troisième roue. Mais pour assurer la stabilité il faut que le vaisseau soit orienté parallèlement à son orbite, une contrainte qui permettra d'étudier certaines régions du ciel

(suite de la page 205)

L'accumulation d'exoplanètes s'accompagnera forcément d'une cohorte de records : les plus grosses, les plus petites, les plus chaudes, les plus nombreuses, les plus semblables à la Terre, les plus proches de nous, celles qui auront le plus de satellites, le plus d'anneaux, le plus d'eau, d'oxygène, l'étoile-hôte la plus chaude, la plus froide, la plus multiple. Et ajoutons toute les combinaisons possibles qui permettront de figurer dans ce palmarès déjà bien étoffé.

*La masse initiale du noyau
rocheux d'une planète
détermine la nature de
l'atmosphère.
(NASA / H. Lammer)*



pendant plus de 80 jours. En fait, il explorera une plus grande partie du ciel que dans sa mission originale et diversifiera ses objectifs. Question exoplanètes, il devra forcément se limiter à celles qui ont des périodes courtes, de moins d'un mois. Il étudiera spécialement celles qui tournent autour de naines rouges, car la zone habitable est dans ce cas la plus petite. Mais il pourra aussi étudier les supernovæ, les proto-étoiles, les amas de galaxies, etc.

On sait qu'il ne suffit pas qu'une planète soit dans la zone habitable pour être effectivement habitable. Une planète apparemment analogue à la nôtre peut avoir une atmosphère totalement inadaptée à la vie. Les scientifiques ont analysé la façon dont se forment ces mondes et ils ont montré que les planètes qui se forment à partir de noyaux massifs donnent des mini-Neptunes, avec une atmosphère dense et stérile d'hydrogène et d'hélium. Celles qui se forment avec de petits noyaux, entre 0,5 et 1,5 fois la masse de la Terre ne gardent pas ces gaz légers et peuvent avoir une atmosphère plus favorable à la vie.

Ces résultats suggèrent que certaines des super-Terres découvertes récemment, comme Kepler-62e et f, et qui sont dans la zone habitable, ne sont pas des endroits où il fait bon vivre. Peut-être ont-elles capturé cent ou mille fois autant d'hydrogène qu'il n'y en a dans les océans terrestres, et n'en perdront-elles que quelques pour cent. La pression écrasante de leur atmosphère rendrait probablement toute vie impossible. Les découvertes actuelles de super-Terres de faible densité moyenne vont dans la même direction, en montrant la présence d'atmosphères imposantes.

Bêta Pictoris

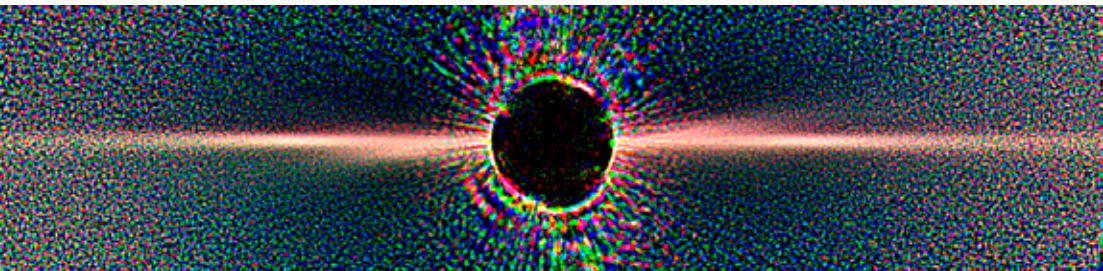
Basé sur un communiqué ESO

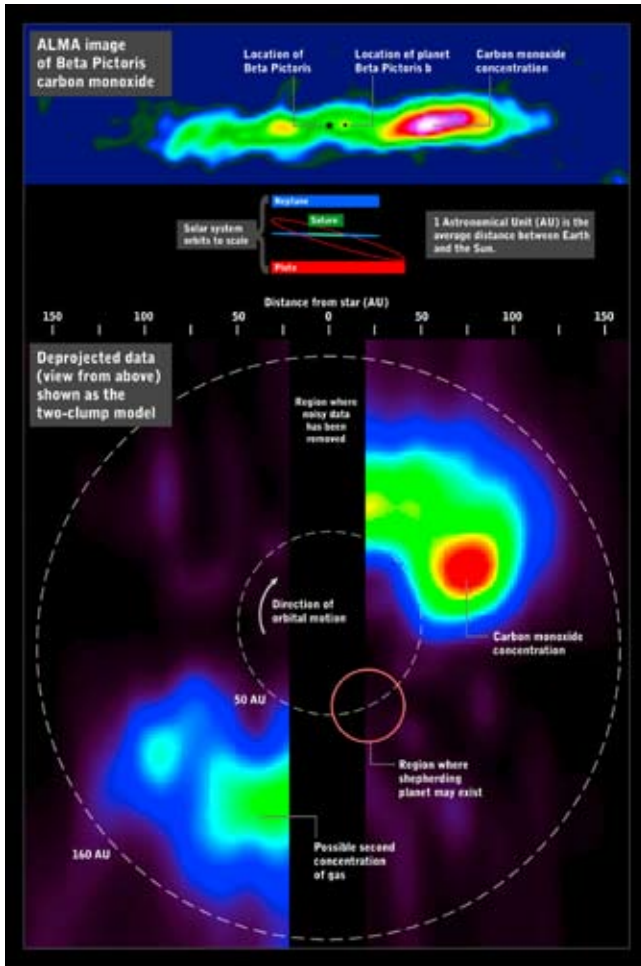
Bêta (β) Pictoris est une étoile relativement jeune (20 millions d'années) qui, comme le nom l'indique, est aisément visible à l'œil nu (dans le ciel austral). Elle est accompagnée d'une planète qui orbite à environ 1,2 milliard de kilomètres de son étoile et est entourée d'un vaste disque de débris poussiéreux.

De nouvelles observations effectuées au moyen d'ALMA révèlent aujourd'hui que le disque présente une forte concentration de monoxyde de carbone. Paradoxalement, la présence de cette molécule, si nocive pour l'espèce humaine sur Terre, pourrait laisser présager l'évolution vers l'habitabilité du système planétaire de β Pictoris. Le bombardement cométaire qui frappe actuellement les planètes de ce système les approvisionne sans doute en eau, condition préalable à l'émergence de la vie.

Toutefois, le monoxyde de carbone est rapidement détruit par le rayonnement en provenance de l'étoile – au sein du disque de débris, sa durée de vie n'excède pas la centaine d'années. Détecter sa présence dans le disque d'une étoile âgée de 20 millions d'années, constitue donc une réelle surprise. D'où vient-il ? Pourquoi se trouve-t-il aujourd'hui encore à cet endroit ?

***Image des débris entourant β Pictoris prise par le télescope spatial Hubble.
(NASA, ESA, D. Golimowski/Johns Hopkins University, D. Ardila/IPAC, J. Krist/JPL, M. Clampin/GSFC, H. Ford/JHU, G. Illingworth/UCO/Lick, ACS Science Team)***





À moins que nous n'observions β Pictoris à un moment particulier, le monoxyde de carbone doit être constamment renouvelé. Les collisions entre corps glacés, de la taille des comètes ou de celle des planètes, constituent la source la plus abondante de monoxyde de carbone dans un jeune Système solaire. Mais le taux de destruction doit être particulièrement élevé. Pour expliquer la quantité de monoxyde de carbone observée, les collisions doivent être très nombreuses, de l'ordre d'une collision cométaire toutes les cinq minutes. Seul un

L'image ALMA du monoxyde de carbone autour de l'étoile Bêta (β) Pictoris (en haut) peut être reconstituée pour simuler une vue du dessus (en bas), révélant ainsi une forte concentration de gaz à sa périphérie. En comparaison, des orbites du Système solaire sont montrées à la même échelle.
(ALMA, ESO/NAOJ/NRAO, NASA's Goddard Space Flight Center/F. Reddy)

essaim de comètes de grande taille est capable de générer un si grand nombre de collisions.

Les observations d'ALMA n'ont pas seulement permis de découvrir l'existence de monoxyde de carbone au sein du disque de débris. Elles ont également permis d'en cartographier la distribution. ALMA dispose en effet du potentiel unique d'effectuer simultanément des mesures de position et de vitesse. Il est ainsi apparu que le gaz se trouve concentré en un seul et même amas situé à quelque 13 milliards de kilomètres de l'étoile, ce qui représente environ trois fois la distance Neptune – Soleil. La raison pour laquelle le gaz se trouve amassé à si grande distance de l'étoile demeure aujourd'hui encore mystérieuse. Soit l'attraction gravitationnelle d'une planète encore inconnue de la masse de

Saturne concentre les collisions cométaires dans une zone de faibles dimensions, soit cet amas constitue le vestige d'une unique et dramatique collision entre deux planètes glacées de masse voisine de celle de Mars.

L'une et l'autre hypothèses laissent entrevoir aux astronomes la possibilité de découvrir plusieurs autres planètes autour de β Pictoris. La découverte de monoxyde de carbone n'est qu'une première étape – d'autres molécules, bien plus complexes et pré-organiques, pourraient provenir de ces corps glacés.

Cratère Mojave

Basé sur les Actualités du CNRS-INSU

Ce cratère, parmi les milliers qui parsèment la surface de la Planète rouge est peut-être le point de départ de la plupart des météorites martiennes trouvées sur Terre.

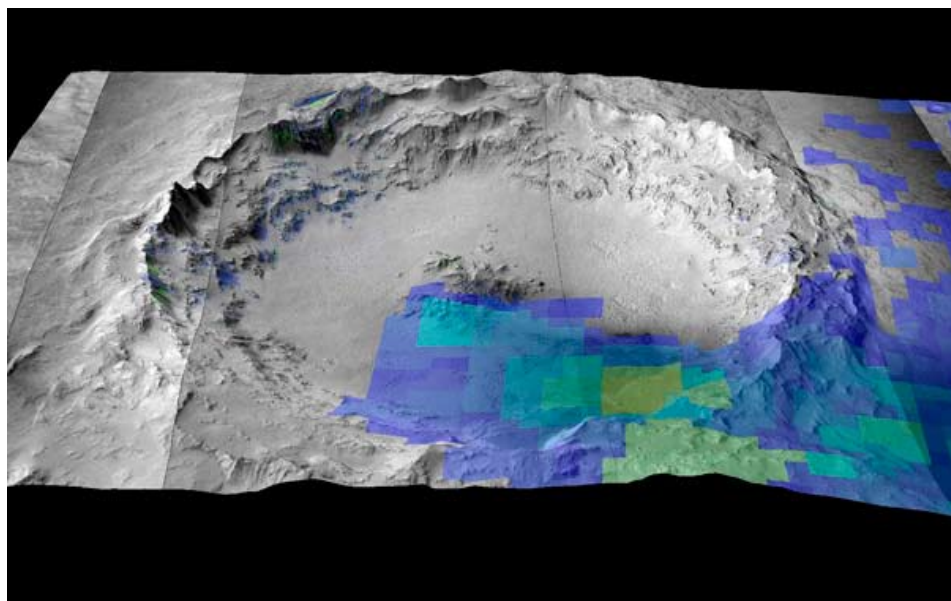
Les météorites martiennes, tout comme celles provenant d'autres mondes, nous apportent des informations cruciales sur la nature et l'évolution des corps parents, âge, composition, etc.

Une récente étude, basée à la fois sur l'âge et sur la minéralogie des météorites martiennes, a permis d'identifier le cratère qui est très certainement la source du plus grand échantillon de météorites martiennes que sont les shergottites. Il s'agit du cratère Mojave qui se situe non loin de l'équateur de Mars et qui a probablement été formé il y a moins de 5 millions d'années. Cet âge de formation est en accord avec l'âge d'éjection des shergottites mesuré grâce à leur exposition aux rayons cosmiques lors de leur séjour dans l'espace. L'analyse de données spectrales collectées par les instruments OMEGA à bord

de Mars Express et CRISM à bord de Mars Reconnaissance Orbiter a montré que le cratère Mojave est formé de roches ayant une composition minéralogique très similaire à celle des shergottites. Le terrain impacté lors de la formation du cratère Mojave est un terrain très ancien daté à plus de 4 milliards d'années. Le débat qui portait sur l'âge de ces météorites, initialement estimé à moins de 600 millions d'années puis réévalué à plus de 4 milliards d'années selon de très récentes études, a donc été tranché en faveur de l'âge le plus ancien.

Ces nouvelles contraintes sur l'origine de ces météorites devraient aider à préparer la sélection des futurs retours d'échantillons martiens, mais cette fois-ci robotisés.

Cratère Mojave formé il y a quelques millions d'années et identifié comme étant la source du plus grand groupe de météorites martiennes (les shergottites – du nom de la ville indienne de Shergati où une météorite fut découverte en 1865). Les pixels colorés montrent la présence de minéraux mafiques (pyroxène et olivine) identifiés par OMEGA et CRISM, et que l'on trouve également dans les météorites martiennes. (Werner et al)





Les astéroïdes de la ceinture principale

Basé sur un communiqué de presse CNRS

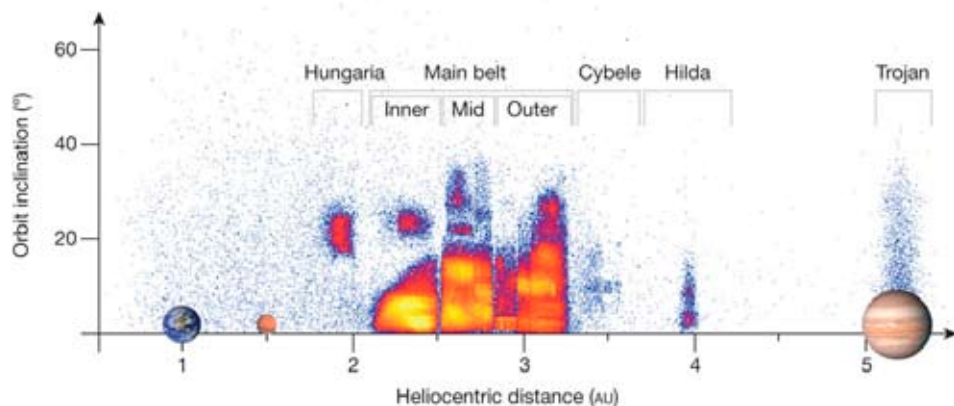
De récents travaux renouvellent en profondeur une vision communément admise depuis 30 ans concernant la composition des astéroïdes situés dans la ceinture principale, entre les orbites des planètes Mars et Jupiter. Cet anneau contient des millions, voire des milliards de petits fragments de roche et de poussières. La totalité des astéroïdes équivaut en masse au millième de celle de la Terre. Leur taille peut aller de quelques mètres à des centaines de kilomètres.

Les astéroïdes constituent, pour les planétologues, l'une des principales sources d'information sur les premières étapes de formation du Système solaire. Ils sont les restes de la nébuleuse primitive formée il y a 4,5 milliards d'années. Le Soleil naissant était entouré d'un disque de poussières et de gaz au sein duquel les planètes se sont peu à peu formées par attraction gravitationnelle. Les astéroïdes sont des petits corps célestes qui n'ont pas réussi à s'agréger en ensembles plus volumineux. Très

Vue d'artiste du disque protoplanétaire entourant le jeune Soleil quand les planètes étaient encore en formation. (© NASA)

peu évolués, ils témoignent des conditions primordiales de formation de la Terre et des autres planètes telluriques, telles que celles-ci étaient avant de se « différencier ». Ce dernier processus se caractérise par la séparation de divers matériaux : les éléments lourds (comme les métaux), attirés vers le centre chaud des planètes en constituent le cœur, alors que les éléments moins denses forment le manteau et la croûte.

Depuis les années 1980, les scientifiques supposent que la structure du Système solaire, au cours de son histoire, est restée statique : les corps se trouvent dans la zone où ils se sont formés. Les premières études de la répartition de la composition des astéroïdes permettent une classification en fonction de leur distance au Soleil, montrant une transition entre des corps évolués, « chauds », proches du Soleil et des corps plus primitifs, « froids », plus éloignés.



Ce modèle a quelque peu évolué à partir des années 2000, avec la mise au jour d'exceptions : des astéroïdes a priori formés dans un environnement « chaud » sont trouvés de plus en plus loin du Soleil, et réciproquement. En parallèle, avec la quête des exoplanètes et notamment la découverte de « Jupiters chauds », c'est-à-dire de géantes gazeuses orbitant très près de leur étoile, l'idée de systèmes planétaires statiques est sérieusement remise en question.

Les chercheurs ont maintenant établi une carte complète de la distribution de la composition des astéroïdes de la ceinture principale. Ils ont extrait, sur une sélection réalisée par le consortium SDSS (Sloan Digital Sky Survey), plus de 100 000 clichés sur lesquels figuraient par hasard des astéroïdes du Système solaire. Pris à diverses longueurs d'onde, ces clichés leur ont permis de déterminer la composition de 100 000 astéroïdes de taille supérieure à 5 kilomètres, puis de les classer en fonction de leurs dimensions et de leur emplacement dans le Système solaire.

De la nouvelle carte, il ressort que, pour les gros astéroïdes (de 50 kilomètres de diamètre et plus), la vue traditionnelle reste valide : plus ceux-ci sont éloignés du Soleil et plus ils semblent primitifs. Mais pour les astéroïdes de petite taille (principalement de 5 à 20 kilomètres), une remise en question s'impose. Ce qui faisait exception dans les années 2000, devient désormais la norme : on trouve à proximité

Distribution des astéroïdes selon leur distance au Soleil et l'inclinaison de leur orbite (en jaune les plus fortes concentrations). On voit que la ceinture principale est divisée par des zones d'instabilité, principalement à 2,5 et 2,8 unités astronomiques (à cause de résonances avec Jupiter). Parmi les autres groupes, les Troyens sont associés aux points de Lagrange L4 et L5 de Jupiter. (Carry et al)

de Mars des astéroïdes semblables aux objets froids, habituellement situés au delà de l'orbite de Jupiter et non répertoriés dans les anciens relevés.

Cette nouvelle conception de la ceinture principale semble en accord avec les derniers modèles théoriques proposés pour l'histoire du Système solaire, tout en soulevant de nouvelles questions. Avec la publication du modèle dit « de Nice » en 2005, des chercheurs avancent que tout dans le Système solaire a énormément migré, y compris les planètes, et que les astéroïdes se sont formés à diverses distances du Soleil avant d'être piégés dans la ceinture principale. On peut alors considérer celle-ci comme un pot-pourri du Système solaire jeune.

Les détails inédits présents dans la carte qui vient d'être publiée pourront être utilisés par les théoriciens et ils devraient les guider dans la reconstitution de notre passé.

Planète X

La planète X prend de plus en plus de plomb dans l'aile. Imaginée il y a très longtemps pour expliquer d'apparentes anomalies dans le mouvement des planètes extérieures on avait pensé à tort la trouver en 1930 quand C. Tombaugh tomba sur Pluton.

Les observations récentes montrent qu'il n'y a pas vraiment d'anomalies, et qu'on n'a pas besoin de X. Et l'observatoire spatial infrarouge WISE prouve qu'il n'existe aucune planète inconnue de la taille de Saturne à moins de 10 000 unités astronomiques, et aucune de la taille de Jupiter à moins de 26 000 ua.

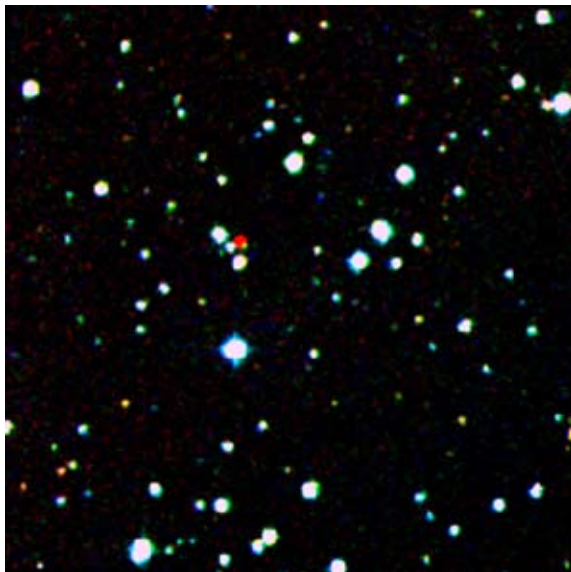
Durant sa mission initiale, en 2010 et 2011, WISE a réalisé deux fois, à six mois d'intervalle, la couverture complète du ciel, photographiant près de 750 millions d'objets, astéroïdes, comètes, étoiles, galaxies. En inspectant les deux groupes de données, on peut repérer les objets qui ont bougé : des étoiles très proches par exemple, comme le couple de naines brunes WISE J1049-5319 dont nous parlons p. 195.

WISE était donc particulièrement adapté à découvrir des planètes géantes aux confins du Système solaire. L'absence de tels astres porte aussi un coup fatal aux théories liant les extinctions massives au retour périodique d'un compagnon du Soleil (Némésis) ainsi qu'aux liens supposés avec des familles de comètes.

Mercure et la gravitation

Basé sur un communiqué de l'Observatoire de Paris

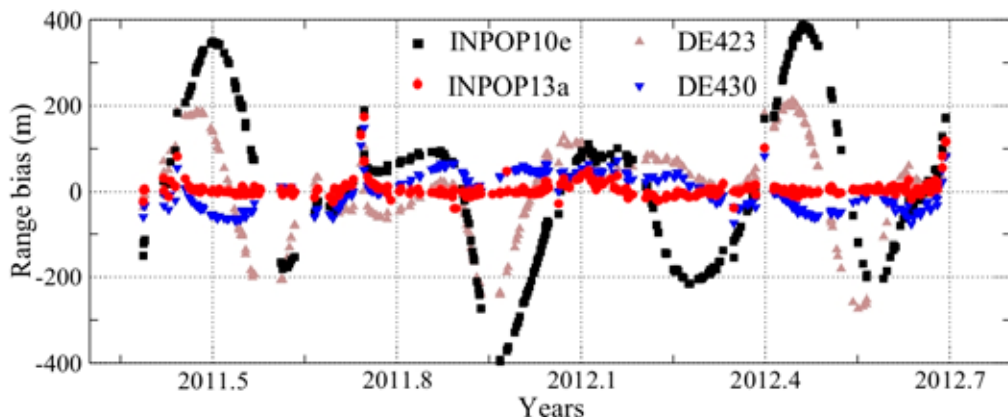
Mercure est la planète la plus petite et la moins bien connue du Système solaire. Elle est aussi la plus proche du Soleil. Cette proximité rend l'étude de sa dynamique, fondamentale du point de vue de la relativité générale. L'effet de la relativité générale sur l'orbite de la planète est en effet le plus fort de tout le Système solaire (43 secondes par siècle d'avance du périhélie).



Cette image créée à partir du DSS2 (Second Generation Digitized Sky Survey) montre une étoile rouge découverte par l'observatoire spatial WISE durant sa mission initiale. En comparant des images prises à plusieurs mois d'intervalle, WISE peut distinguer les étoiles aux grands mouvements apparents (« mouvements propres ») et donc surtout les étoiles proches. WISEA J204027.30+695924.1 est une sous-naine de type L. Très âgée elle a eu le temps de prendre de la vitesse à l'occasion de rencontres gravitationnelles dans la Galaxie, ce qui lui confère un mouvement propre particulièrement grand. (DSS/NASA/JPL-Caltech)

Jusqu'à récemment, Mercure n'avait été approchée qu'à trois reprises : par la sonde Mariner 10, dans les années 70 (deux fois en 1974 et une fois en 1975).

La sonde spatiale MESSENGER, lancée en 2004 par la NASA dans le cadre du programme Discovery d'exploration du Système solaire, est la première sonde à avoir été mise en orbite autour de Mercure, le 18 mars 2011. Sa mission principale : cartographier et dé-



terminer les conditions environnementales de Mercure.

Les données enregistrées sont régulières et précises, d'un niveau jusqu'à présent jamais atteint, ce qui a permis aux chercheurs de construire la meilleure éphéméride de Mercure jamais produite (INPOP13a, voir figure ci-dessus). L'estimation de certains paramètres concernant la gravitation a pu être améliorée d'un facteur 2 à 4. Ces résultats contraignent de plus en plus les théories rivales de la relativité générale.

Gloire sur Vénus

Basé sur un communiqué ESA

Un phénomène semblable à un arc en ciel et connu sous le nom de « gloire » a été observé par l'orbiteur Venus Express dans l'atmosphère de notre plus proche voisine – c'est la première fois que ce phénomène est photographié dans son intégralité sur une autre planète.

Les arcs-en-ciel et les gloires se produisent quand la lumière du Soleil brille sur des gouttelettes contenues dans un nuage – des particules d'eau sur Terre. Alors que les arcs-en-ciel s'étirent sur un pan entier du ciel, les gloires sont typiquement beaucoup plus petites, et comprennent une série d'anneaux concentriques de couleur centrés sur un noyau brillant.

Écart en mètres entre la distance Terre-Mercure déduite des observations de la sonde MESSENGER en orbite autour de Mercure et différentes éphémérides planétaires. Le nouveau modèle (INPOP13a, en rouge) donne la meilleure représentation. (Verma et al.)

Une gloire est visible uniquement quand l'observateur se trouve directement entre le Soleil et les particules du nuage qui reflètent la lumière du Soleil. Sur Terre, elles sont souvent vues depuis un avion, entourant l'ombre de l'appareil sur le nuage en-dessous, ou autour des ombres des grimpeurs dans la brume des sommets.

Une gloire nécessite deux caractéristiques : les particules contenues dans le nuage doivent être sphériques, et il s'agit ainsi le plus souvent de gouttelettes liquides, et doivent toutes être d'une taille similaire.

On pense que l'atmosphère de Vénus contient des gouttelettes riches en acide sulfurique. En photographiant les nuages alors que le Soleil se trouvait directement derrière le véhicule spatial Venus Express, les scientifiques espéraient apercevoir une gloire qui leur permettrait de déterminer des caractéristiques importantes des gouttelettes contenues dans les nuages.

Ils ont réussi. La gloire dans l'image ci-jointe a été observée le 24 juillet 2011 au

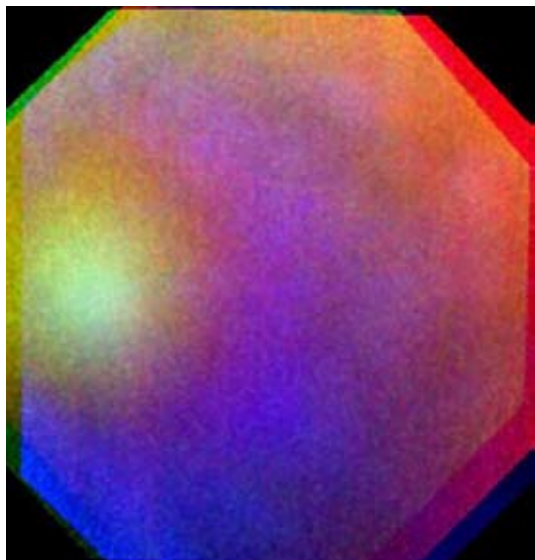


Image en fausses couleurs d'une gloire vue sur Vénus le 24 juillet 2011. Composite d'images en ultraviolet, visible, et infrarouge proche obtenues par la caméra Venus Monitoring Camera de Venus Express. Les images ont été prises à 10 secondes d'intervalle ce qui explique les défauts de superposition. La gloire fait 1 200 km de diamètre, vue du vaisseau se trouvant à 6 000 km de l'atmosphère. (ESA/MPS/DLR/IDA)

sommet des nuages de Vénus, 70 kilomètres au-dessus de la surface de la planète. Elle mesure 1 200 kilomètres de large telle que vue par le véhicule spatial qui se trouvait à 6 000 kilomètres.

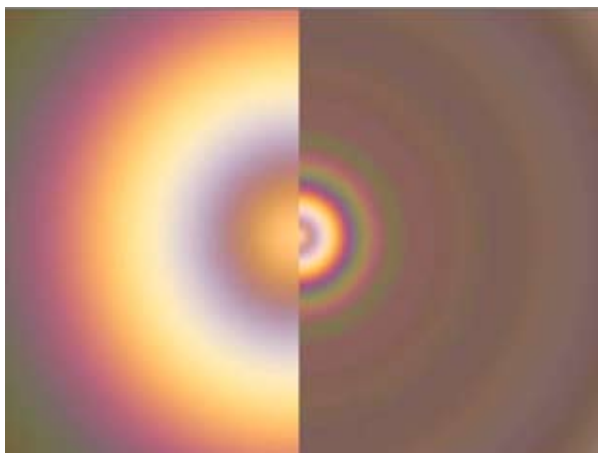
Grâce à ces observations, on estime que les particules contenues dans le nuage mesurent 1,2 micromètre de diamètre, environ 1/50 de la largeur d'un cheveu humain.

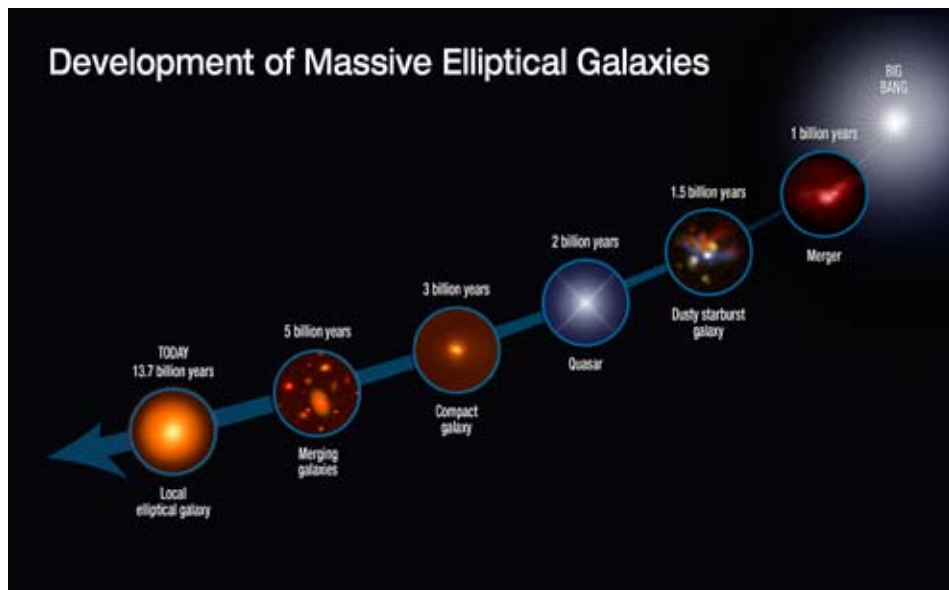
Le fait que la gloire mesure 1 200 kilomètres de large signifie que les particules au sommet des nuages sont uniformes, à cette échelle du moins.

Simulation des phénomènes de gloire sur Vénus (à gauche) et sur Terre (à droite) en l'absence d'un fond brillant de brumes ou de nuages. Les gloires sont produites par la lumière solaire qui tombe sur des gouttelettes d'eau pour la Terre, d'acide sulfurique pour Vénus. La différence d'aspect provient non pas de la composition mais des dimensions des gouttes, 10 à 40 microns pour la Terre et seulement deux microns en haut des nuages de Vénus. (C. Wilson/P. Laven)

Les variations de luminosité dans les anneaux de la gloire observée sont différentes de ce que l'on obtiendrait avec des nuages contenant uniquement de l'acide sulfurique et de l'eau, ce qui suggère qu'une autre réaction chimique entre probablement en ligne de compte.

Cela pourrait être dû à « l'absorbant d'UV », un composant atmosphérique encore inconnu et à l'origine de mystérieuses taches foncées observées dans la longueur d'onde des ultraviolets au sommet des nuages de Vénus. Des recherches approfondies seront nécessaires pour arriver à une conclusion ferme.





Galaxies elliptiques massives

La combinaison d'observations de plusieurs télescopes au sol et dans l'espace a permis de mieux comprendre les galaxies elliptiques ultra-compactes dites « épuisées » – des objets rouges qui ne formaient déjà plus d'étoiles trois milliards d'années après le Big Bang, le quart de l'âge de l'Univers. Cette étude résout un problème vieux de dix ans concernant la croissance des plus grosses galaxies elliptiques actuelles et permet de décrire la formation des galaxies les plus massives depuis leur premier épisode de formation stellaire jusqu'à leur état présent.

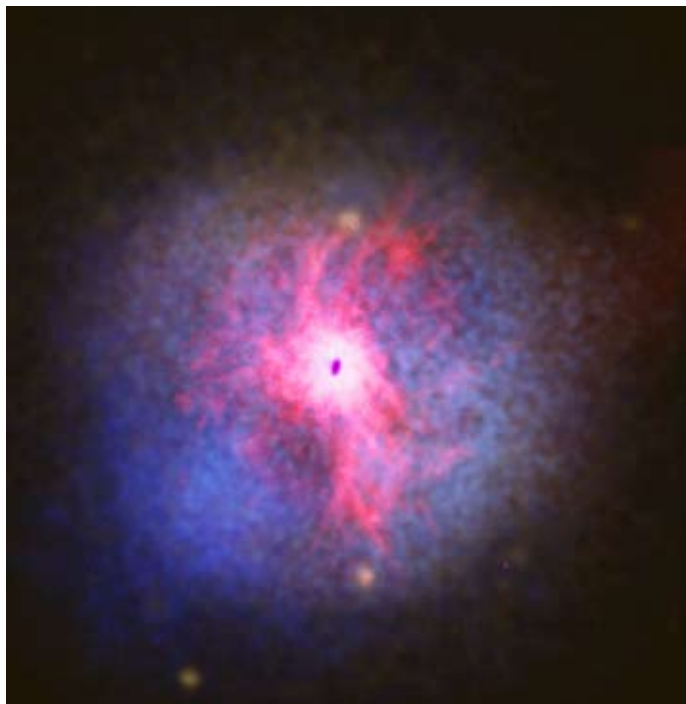
Jusqu'ici les astronomes ne comprenaient pas pourquoi la moitié des galaxies les plus massives avaient déjà cessé de fabriquer des étoiles à trois milliards d'années. Les galaxies elliptiques compactes ont rapidement consommé tout le gaz disponible pour former des étoiles. La concentration stellaire dans ces galaxies épuisées était dix à cent fois plus dense que dans les galaxies elliptiques actuelles aussi massives. Ensuite elles ont fusionné

Séquence d'évolution sur 13 milliards d'années des galaxies elliptiques massives La croissance de ces objets est déterminée par une formation stellaire rapide et des fusions avec d'autres galaxies. (NASA, ESA, S. Toft/Niels Bohr Institute ; A. Feild/STScI)

progressivement avec de plus petites galaxies pour devenir des elliptiques géantes.

Une autre étude, réalisée au moyen des télescopes spatiaux Herschel (infrarouge) et Chandra (X), ainsi que l'observatoire SOAR au Chili, indique que des galaxies géantes elliptiques, rouges car dépourvues d'étoiles jeunes, contiennent pourtant de grandes quantités de gaz froid. C'est l'activité du trou noir central qui interdit la contraction des nuages pour former de nouvelles étoiles.

Dans l'échantillon observé, les galaxies dépourvues de gaz froid avaient un trou noir très actif, contrairement aux galaxies contenant du gaz froid.



La galaxie elliptique géante NGC 5044. Image composite montrant en blanc, au centre, la composante stellaire photographiée dans le domaine visible ; en rouge la structure filamenteuse des nuages d'hydrogène dans la raie H α ; en bleu l'atmosphère d'hydrogène très chaud vue en rayons X. (©Digitised Sky Survey/NASA Chandra/Southern Observatory for Astrophysical Research/Very Large Array/Robert Dunn et al. 2010)

Cette image montre la galaxie elliptique NGC 1399 et ses jets violents. En blanc, le domaine optique ; en bleu le domaine X ; en violet les observations radio. (Digitised Sky Survey/NASA Chandra/Very Large Array, Robert Dunn et al. 2010)



Cas A

Basé sur un communiqué NASA/JPL

L'observatoire spatial NuSTAR (Nuclear Spectroscopic Telescope Array), travaillant dans le domaine des rayons X de haute énergie a créé la première carte des éléments radioactifs dans la nébuleuse résultant de l'explosion d'une supernova. Seul NuStar est capable de cette prouesse.

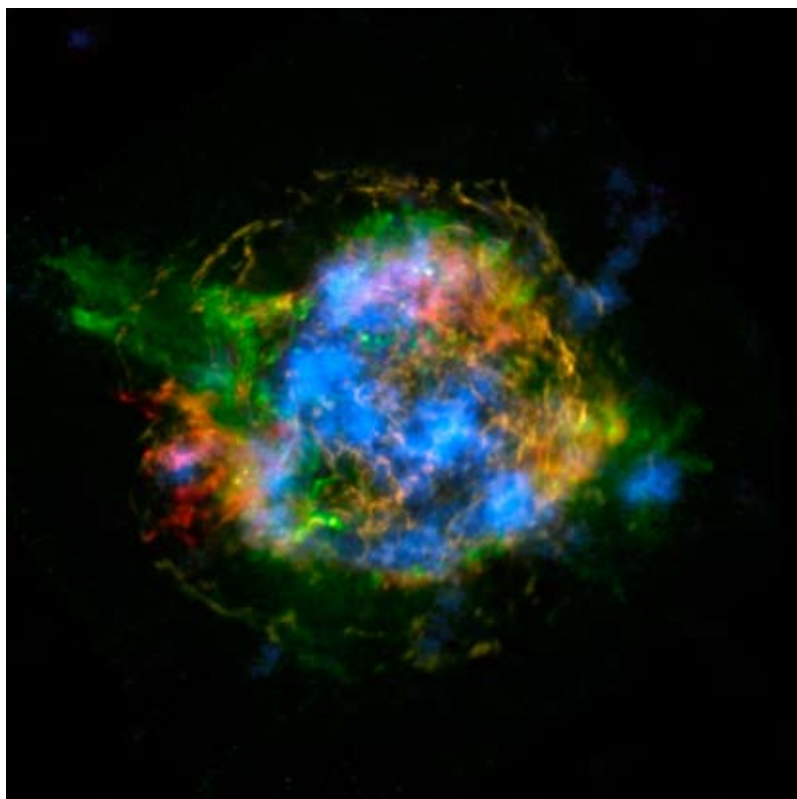
L'élément étudié était le titane 44, un noyau instable créé lors de l'explosion. L'objet ciblé par le télescope était Cassiopée A, l'une des supernovæ proches dont nous parlions le mois passé (*Le Ciel*, mars 2014, 129).

La carte montre que le titane est concentré dans des poches près du centre de la nébuleuse et cette simple information autorise les astronomes à suggérer une solution à un

mystère concernant les supernovæ. Dans les simulations numériques, l'onde de choc principale progressant vers la surface de l'étoile est souvent entravée et l'étoile n'est pas détruite. En réalité, l'événement ne produit pas une boule bien symétrique en expansion uniforme. Le cœur de l'étoile est distordu, soumis à une violente agitation qui permet à l'onde de reprendre vigueur et de progresser vers la surface.

Les observations de NuSTAR jettent un doute sur les modèles d'explosion invoquant une étoile en rotation rapide qui, en produisant des jets étroits de gaz, entraînerait la déflagration. On voit bien la trace de jets dans les restes de Cas A, mais ils ne correspondent pas aux concentrations de titane 44 et ne sont donc pas à l'origine de l'explosion.

Première carte de la radioactivité dans les restes d'une supernova (Cas A). La couleur bleue indique la présence de titane 44, un élément radioactif tracé grâce à NuSTAR par son rayonnement X de haute énergie. (NASA/JPL-Caltech/CXC/SAO)



SN 2014J et les supernovæ Ia

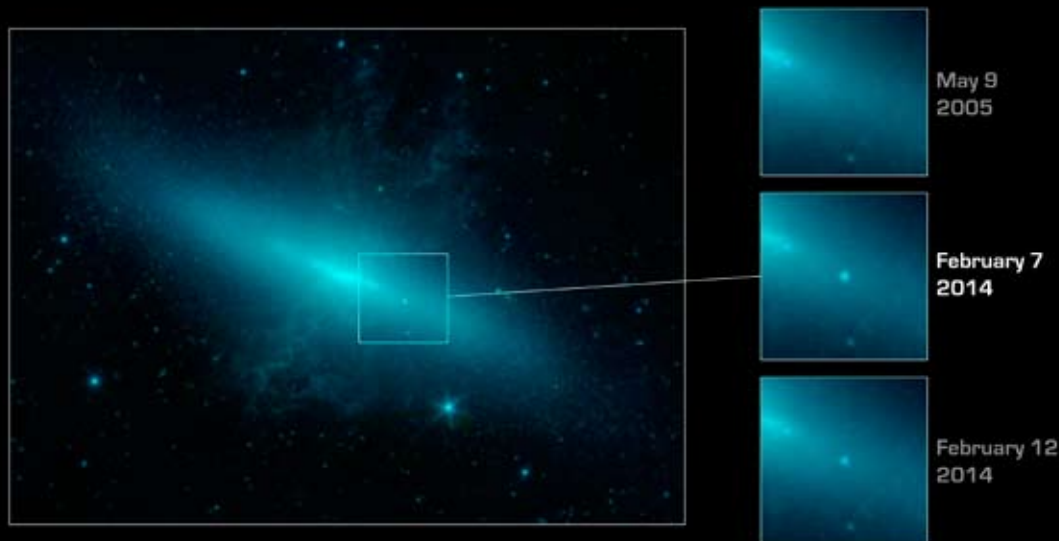
Les supernovæ de type Ia sont utilisées comme standards de luminosité, ce qui permet d'estimer les distances de galaxies lointaines. Dans les années 1990, l'utilisation de ces luminaires avait permis de montrer que l'expansion de l'Univers ne ralentissait pas inexorablement comme on le supposait mais, bien au contraire, s'accélérait. Ce résultat avait conduit à une

SN2014J, la supernova de M82 a été observée par le télescope spatial infrarouge Spitzer. On voit ici une image de la galaxie obtenue en février 2014 ainsi que des agrandissements de la région de la supernova observée avant et après l'explosion aux longueurs d'onde de 3,6 microns (coloré en vert) et 4,2 microns (bleu). L'infrarouge permet d'observer la supernova sans l'obscurcissement provoqué par les nuées de poussières de la galaxie.
(NASA/JPL-Caltech/Carnegie Institution for Science)

profonde révision de la cosmologie et à l'introduction de la notion d'énergie noire, moteur de cette accélération.

Mais, parmi trois supernovæ récentes les mieux étudiées de ce type, deux se comportent de façon inattendue et jettent un doute sur la calibration. Parmi elles, la récente supernova de M82, SN 2014J (cf *Le Ciel*, mars 2014, p172). Sans remettre en question l'idée de l'énergie noire et de l'expansion accélérée du cosmos, les nouvelles données devraient aboutir à une meilleure calibration des distances, à de meilleures valeurs de la vitesse d'expansion et à des contraintes plus fines sur la nature de l'énergie noire.

SN 2014J avait été découverte environ une semaine après son explosion. Des observations antérieures à cette découverte ont été trouvées dans plusieurs observatoires, ce qui a permis de reconstituer l'évolution de la lu-



Supernova 2014j in Galaxy M82
NASA / JPL-Caltech / M. Kasliwal (Carnegie Institution for Science)

Spitzer Space Telescope • IRAC
ssc2014-02

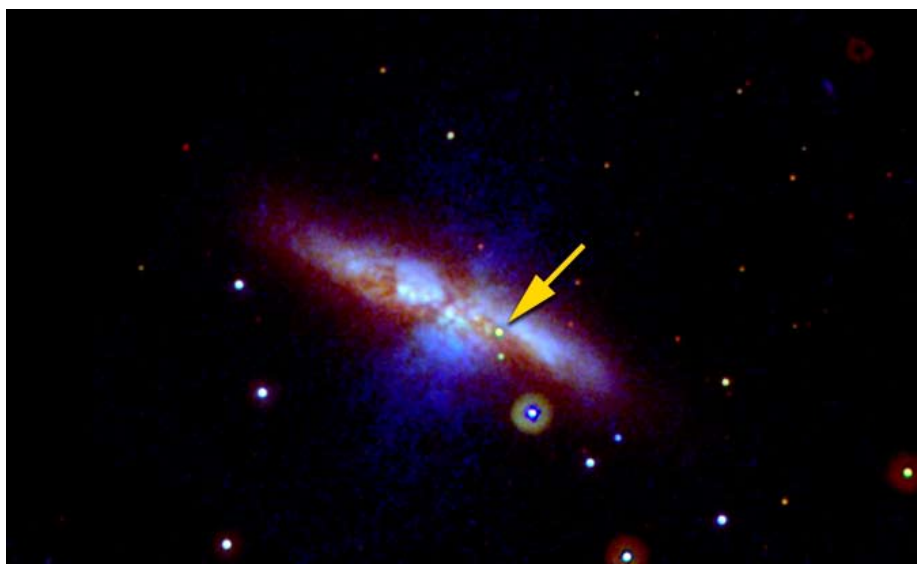


La supernova SN2014J – montrée en insert – a été photographiée avec le télescope spatial Hubble le 31 janvier, au moment de son pic de luminosité. L'image générale est une mosaïque réalisée par le HST en 2006.
(NASA, ESA, A. Goobar, Stockholm University, Hubble Heritage Team, STScI/AURA)

minosité de la supernova. Il est apparu qu'elle avait augmenté d'intensité plus vite que ce que l'on attendait. Ce comportement étrange rappelait celui d'une autre supernova récente, SN 2013dy qui avait pu être observée dans les premières étape de son explosion. Ce comportement inattendu ne serait-il pas, en réalité, la norme pour les Ia? Les astronomes se contentaient jusqu'ici de modèles théoriques et d'ex-

trapolations douteuses pour estimer l'évolution initiale des supernovæ. On voit maintenant l'importance de disposer de données tangibles et d'intensifier la chasse aux supernovæ.

Ces résultats sont parmi les premiers que l'on a obtenus grâce aux observations de SN 2014J. Outre les nombreuses observations faites depuis le sol, les télescopes spatiaux s'en donnent à cœur joie : Hubble, Chandra, dans le domaine des rayons X, NuSTAR (Nuclear Spectroscopic Telescope Array) dans les X de haute énergie, le Fermi Gamma-ray Space Telescope, et la mission Swift qui, en conformité avec son appellation, a été la première à viser la supernova.



Images de la galaxie M82 prises par le télescope spatial Swift avant (composite de clichés pris depuis 2007) et après (22 janvier 2014) l'explosion de la supernova. L'ultraviolet « moyen » est montré en bleu, l'ultraviolet proche en vert, et la lumière visible en rouge. (NASA/Swift/P. Brown, TAMU)



Hubble Measures Rotation of the Large Magellanic Cloud • Photo Illustration

NASA and ESA • STScI-PRC14-11a

Le Grand Nuage de Magellan

La proximité du Grand Nuage de Magellan en fait un sujet de prédilection des astronomes et une référence pour l'étude des populations stellaires et de leur évolution. Son mouvement de rotation général a pu être mesuré directement avec le télescope spatial Hubble. Il lui faut 250 millions d'années pour faire un tour sur lui-même, à peu près le temps que met le Soleil pour tourner avec la Voie lactée.

Les astronomes sont arrivés à cette conclusion en mesurant sur un intervalle de sept années le mouvement de centaines d'étoiles individuelles. Les techniques utilisées sont très classiques. D'une part, la spectroscopie qui permet de mesurer le déplacement Doppler du spectre en fonction de la vitesse des étoiles le long de la ligne de visée. On détermine ainsi

Le mouvement d'étoiles du Grand Nuage de Magellan, tel que mesuré par le télescope spatial Hubble, indique une rotation générale du disque. Les flèches montrent le déplacement prévu en 7 millions d'années. (NASA/ESA, STScI)

le mouvement « radial » d'approche ou d'éloignement des étoiles. D'autre part on mesure le déplacement latéral (sur la sphère céleste) par simple imagerie. C'est là que vient la difficulté pour des objets aussi éloignés que le Grand Nuage. Ces déplacements sont infimes et il a fallu toute la précision du télescope spatial pour aboutir à ce résultat, une première pour une galaxie.

En combinant les mouvements radiaux et latéraux, on a pu reconstituer le véritable déplacement en trois dimensions des étoiles. Cette information permet, en vertu de la loi de Newton, de calculer la masse de la galaxie, et

aussi d'obtenir des informations sur son évolution. Les observations ont été effectuées avec la « Wide Field Camera 3 » et la « Advanced Camera for Surveys » et concernaient 22 champs répartis sur le disque du Grand Nuage – n'oublions pas que cet objet austral fait vingt fois le diamètre apparent de la Lune ! Chaque champ a été choisi pour contenir un quasar, c'est-à-dire un objet ponctuel extrêmement lointain, que l'on peut considérer comme parfaitement fixe et pouvant servir de calibration pour mesurer la position des autres objets.

Nébulieuse d'Andromède

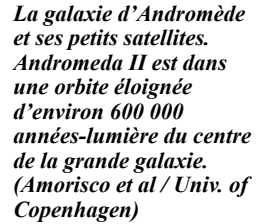
La galaxie d'Andromède, M31, est entourée d'un essaim de petites galaxies satellites. Les astronomes en comptent plus d'une

vingtaine. Les astronomes pensent que, dans l'Univers jeune, les petites galaxies finissaient souvent par se rencontrer et fusionner. Elles devenaient de plus en plus grosses, et attiraient d'autant plus leurs voisins dans un processus inexorable. Quelques-unes ont cependant échappé à ce processus inéluctable et restent en orbite autour d'ogres rassasiés comme M31.

L'étude du mouvement des étoiles de l'une des galaxies naines satellites de la galaxie d'Andromède (Andromède II) a mis

*Vue inhabituelle de la galaxie d'Andromède, M31, photographiée en ultraviolet grâce au télescope spatial Galaxy Evolution Explorer.
(NASA/JPL-Caltech)*

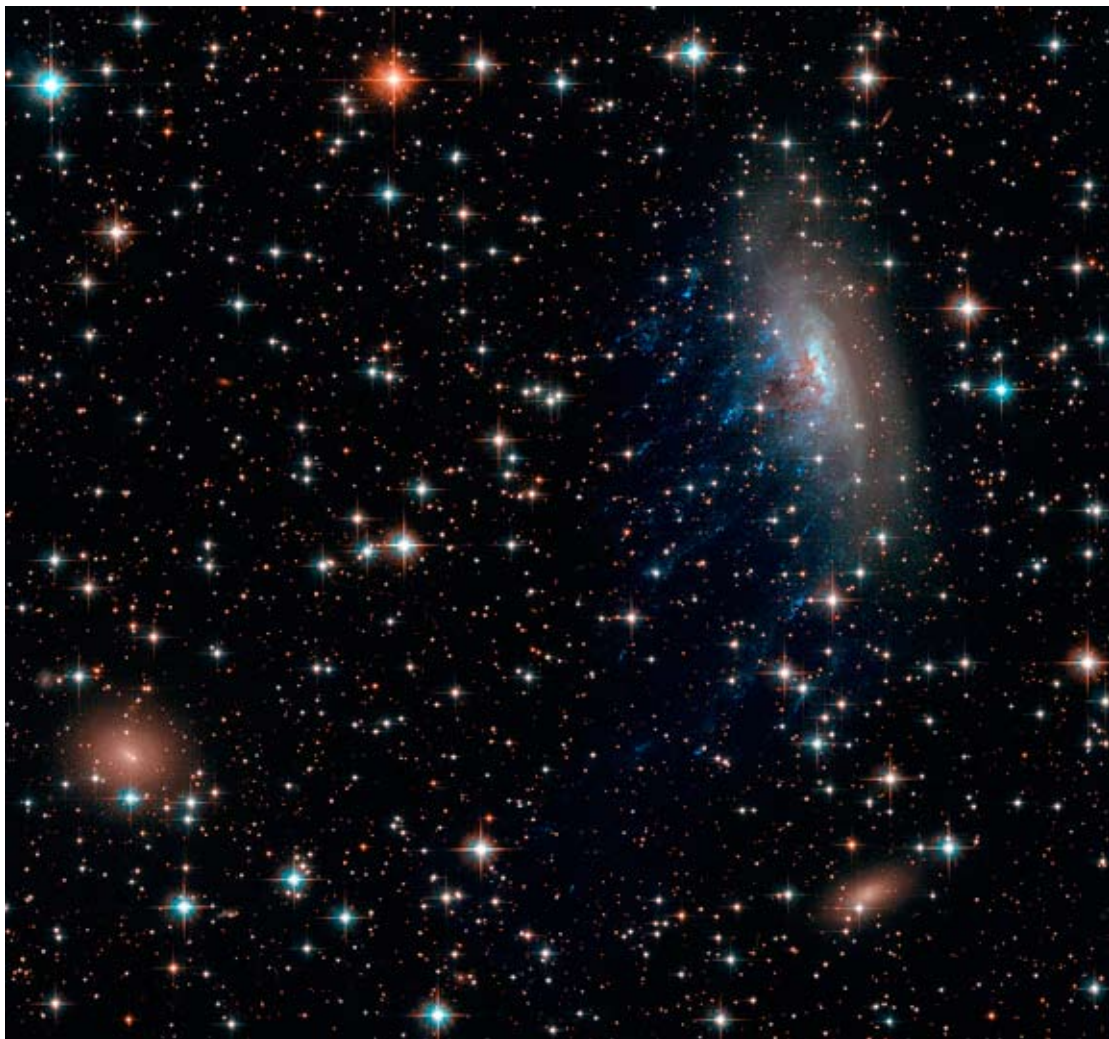




stream

control sample

Andill contaminant



ESO 137-001

La galaxie ESO 137-001 n'est pas sans rappeler le pissenlit dont les fruits sont dispersés par le vent. Fonçant à six millions de kilomètres à l'heure au travers de l'amas de Coma, la galaxie laboure le gaz intergalactique et, malgré la très faible densité de ce dernier, la pression est suffisante pour effiloche le gaz de la galaxie en de nombreux filaments. Leur couleur bleue dénonce la formation d'étoiles mas-

ESO 137-001.

(NASA, ESA, Hubble Heritage Team, STScI/AURA, M. Sun/University of Alabama)

sives dans ces nuages tourmentés. Les étoiles de la galaxie ne sont pas affectées par cette collision permanente mais les nuages brunâtres de poussières au centre de la galaxie suivent le mouvement. La galaxie se vide ainsi peu à peu du terreau qui lui permettrait de former de nouvelles générations d'étoiles.