

L'astronomie dans le monde

Couleurs d'une comète

L'éclat de la Pleine Lune est trompeur. Elle ne nous éblouit que par contraste avec le noir du ciel. Il suffit de chercher la Lune de jour pour voir combien elle est terne comparée aux choses qui nous entourent, alors qu'elle bénéficie du même éclairage que notre environnement.

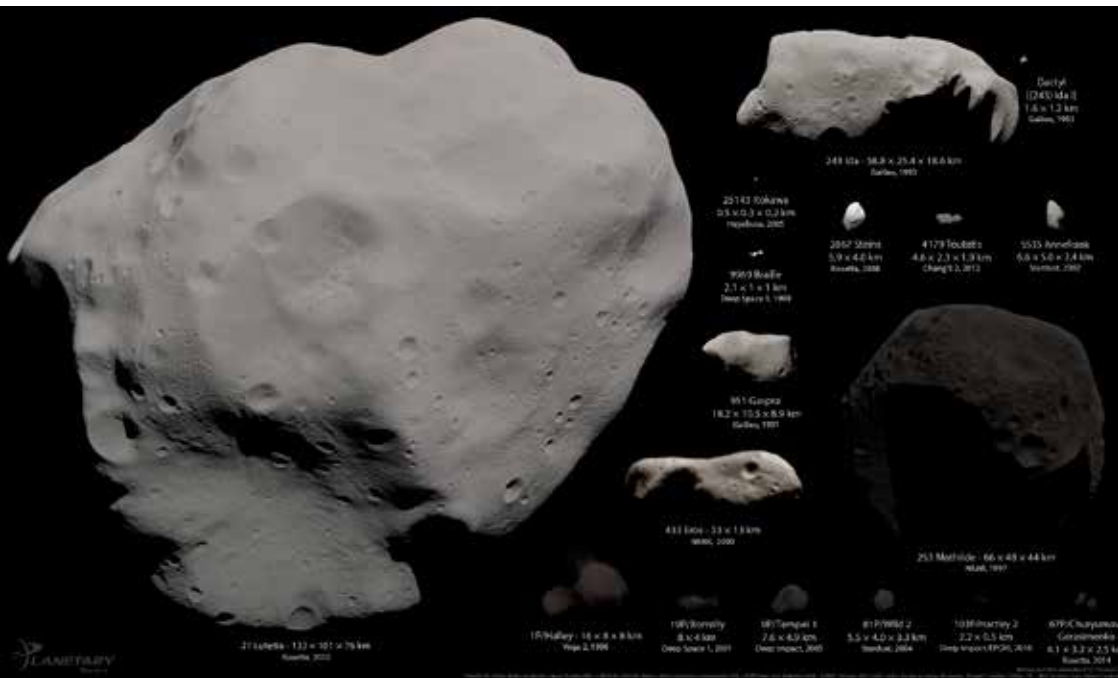
Notre satellite, comme beaucoup de corps du Système solaire, est intrinsèquement sombre. Les noyaux cométaires sont encore plus sombres. La figure ci-dessous montre une série d'astéroïdes et de comètes visités par des sondes spatiales. Les images tentent d'en reproduire au mieux leur éclat relatif, en supprimant tous ces objets éclairés de la même façon,

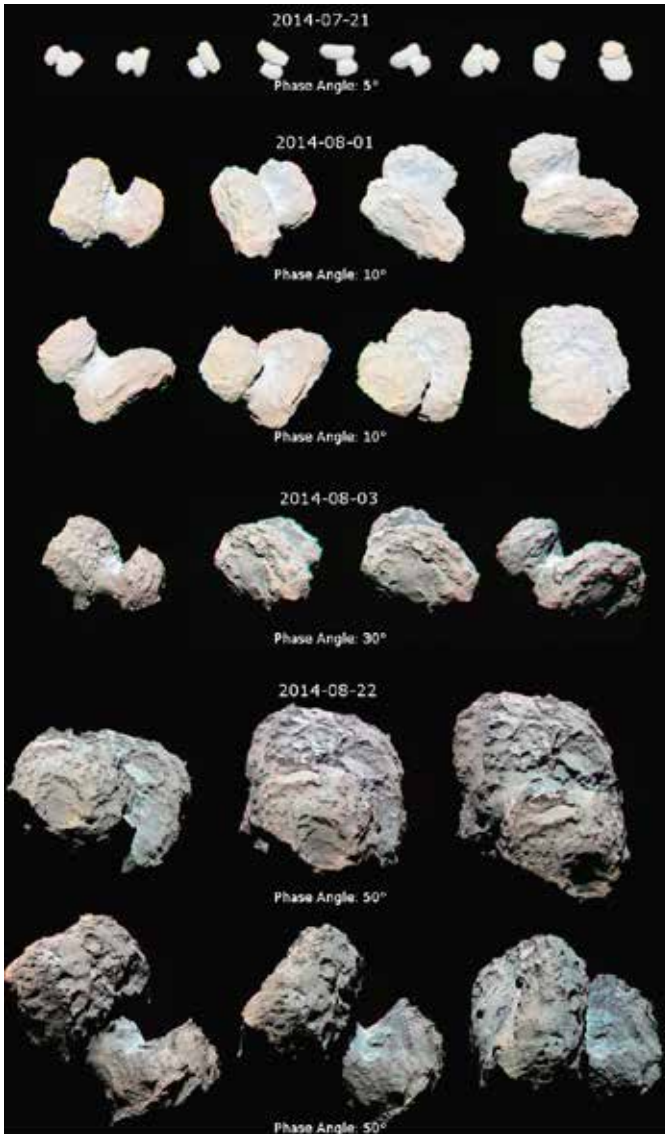
donc à la même distance du Soleil. Cette condition est nécessaire pour la comparaison puisque, par exemple, un astre d'albédo 0,1 (ce qui signifie qu'il restitue 10 % de la lumière qu'il reçoit) situé à une unité astronomique (ua) du Soleil serait aussi lumineux qu'un astre d'albédo 0,9 situé à 3 ua et ce, en raison de la dilution du rayonnement solaire avec le carré de la distance.

L'albédo de la Lune se situe dans la moyenne de ceux de la figure, au niveau de

Montage présentant à l'échelle, et avec la teinte et l'albédo corrects, les comètes et astéroïdes visités par des sondes spatiales.

(Emily Lakdawalla, planetary.org)





La position relative de Rosetta et du Soleil par rapport à la comète influe sur l'éclat de celle-ci. C'est l'effet de phase. (Pour cette image et celles de la page suivante : ESA/Rosetta/MPS, OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA)

Toutatis environ. Le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko est bien plus sombre, tellement noir que si l'on pouvait en ramener sur Terre un petit morceau, on pourrait le prendre pour une gaillette du charbon le plus noir.

Cette noirceur n'est pas totale et ne signifie pas absence de couleur. Là où l'œil ne voit que le noir, une caméra avec un temps de pose suffisant permet de distinguer des couleurs. Les images numériques permettent aussi d'amplifier les contrastes et les nuances de ton.

La sonde Rosetta de l'ESA a pu étudier les couleurs du noyau de 67P et mettre en évidence de subtiles variations de teinte à sa surface. La couleur est en fait une manifestation du spectre de la source observée ou, plutôt, elle en est un spectre à très faible résolution : la couleur sur une image RGB est un spectre constitué de seulement trois points, autrement dit le minimum minimorum. Augmenter le nombre de filtres et sélectionner soigneusement leurs bandes passantes apporte des informations supplémentaires.

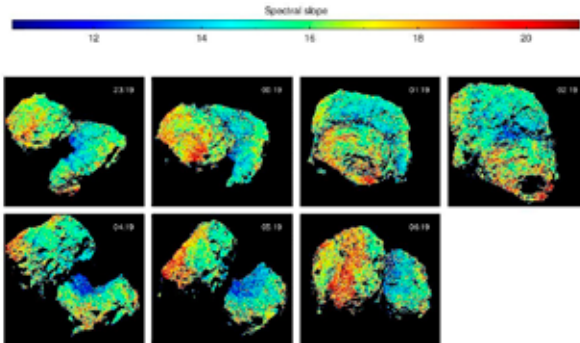
L'albédo dépend de la géométrie d'une observation. En effet, la réflectivité d'un objet varie selon l'angle de phase, c'est-à-dire l'angle Soleil-objet-observateur, un phénomène que nous avons décrit pour Mercure dans le bulletin de décembre. Si cet angle est proche de zéro, un phénomène de rétro-diffusion se manifeste parfois fortement. C'est ce qui produit les gloires, halos et autres anthélies. Cet effet dépend de la longueur d'onde et de la nature des objets ; il est très

fort sur un nuage de gouttelettes, et faible sur un désert.

Cette étude donne des informations sur la nature du sol de la comète. Par exemple, on a appris que le « cou » entre les deux lobes est plus riche en glace d'eau, que le noyau est recouvert de fine poussière formant une couche poreuse et qu'il y a probablement du dioxyde de soufre.

Les noyaux cométaires réfléchissent généralement mieux dans le rouge, ce que

l'on attribue à l'érosion spatiale subie durant des milliards d'années. C'est le cas pour 67P, mais Rosetta a trouvé des variations selon les régions. Trois types de terrains peuvent être essentiellement distingués et on les trouve sur les deux lobes de la comète ; curieusement, il n'y a pas de corrélation entre ces terrains et les 25 régions morphologiques discernées précédemment et donc probablement avec toute diversité dans les premiers mètres sous la surface.



Les différentes régions du noyau ne réfléchissent pas toujours les couleurs avec la même efficacité, ce qui a permis d'identifier trois types de terrains. Les régions figurant en bleu réfléchissent le moins la lumière rouge.

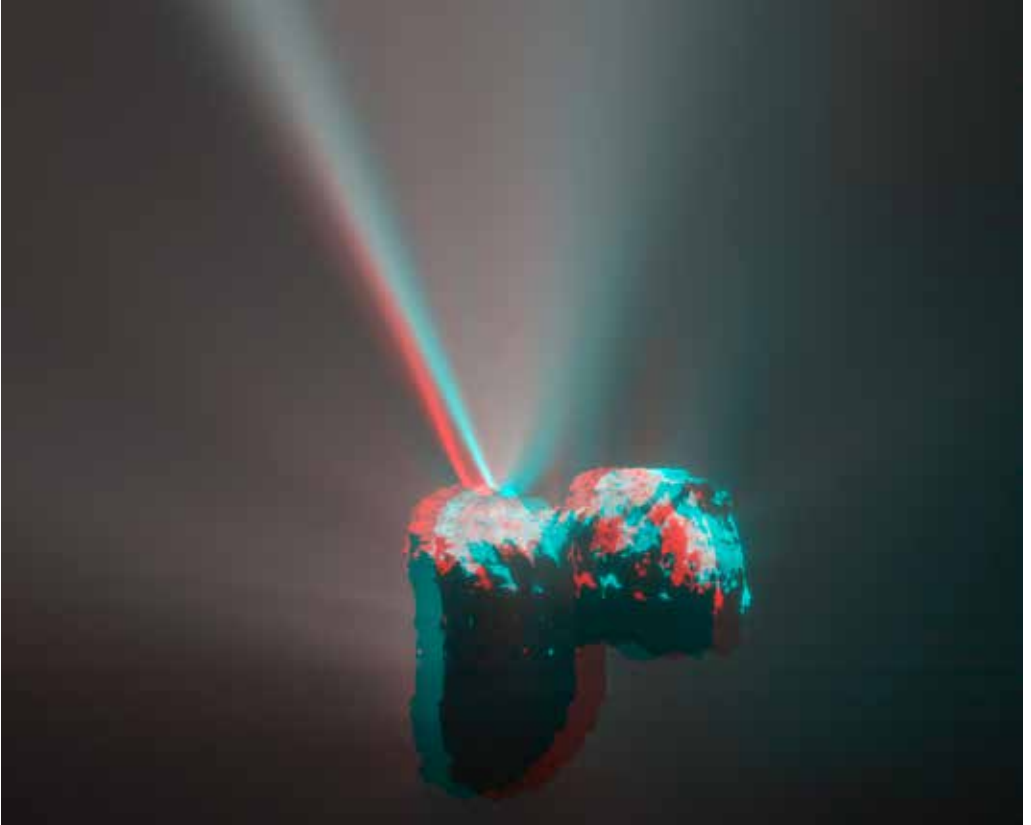
2014-08-22
01h40



Le cou de la comète est moins rouge que son environnement, ce qui est mis en évidence dans l'image ci-contre où le contraste a été accentué.

Phase Angle: 34.8°

67P en 3D



*Des lunettes 3D bicolores (le filtre rouge à gauche) donnent une impression de relief à la comète 67P. L'image est constituée de deux clichés obtenus par la caméra à petit champ (NAC/OSIRIS) de la sonde Rosetta à 148 secondes d'intervalle, ce qui correspond à un angle stéréo de 1,2 degré. Cet anaglyphe montre les régions Babi, Aker, Ma'at, et Hatmehit du noyau.
(@ D. Romeuf, University Claude Bernard Lyon 1 ; ESA/Rosetta/MPS, OSIRIS Team, MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA)*

Premières galaxies

Basé sur un communiqué ESO

VISTA, l'un des télescopes de sondage de l'ESO, a scruté un ensemble de galaxies massives encore inconnues, contemporaines de l'Univers jeune, ce qui a permis aux astronomes de dater pour la première fois l'époque de formation de ces monstres galactiques.

Le simple fait de dénombrer les galaxies peuplant une région du ciel permet aux astronomes de tester leurs théories de formation et d'évolution galactiques. Cette tâche apparemment simple se complique lorsque la distance des galaxies augmente et que leur luminosité

***Cette image couvrant le champ d'observation d'UltraVISTA montre les galaxies massives nouvellement découvertes.
(ESO/UltraVISTA; TERAPIX/CNRS/INSU/CASU)***

diminue. En outre, les galaxies les plus brillantes et les plus faciles à observer – les galaxies les plus massives de l'Univers – se font plus rares dans le lointain passé de l'Univers.

Les astronomes ont utilisé des images acquises dans le cadre du sondage UltraVISTA, l'un des six projets de sondage du ciel à des longueurs d'ondes proches de l'infrarouge impliquant VISTA, et recensé les galaxies faiblement lumineuses peuplant l'Univers lorsque ce dernier était âgé de 0,75 à 2,1 milliards d'années.

UltraVISTA a observé la même région du ciel, équivalant à quatre pleines lunes, depuis décembre 2009. Il s'agit là du plus vaste champ jamais imagé à ces profondeurs et à des longueurs d'onde infrarouges. L'équipe a ensuite combiné les observations UltraVISTA à celles du Télescope Spatial Spitzer de la NASA, chargé de sonder le ciel dans l'infrarouge moyen.



VISTA a effectué ses observations à des longueurs d'onde comprises entre 0,88 et 2,15 μm , tandis que Spitzer observait entre 3,6 et 4,5 μm .

574 galaxies massives masquées jusqu'ici par la poussière ont été découvertes, ce qui constitue l'échantillon le plus vaste de galaxies de l'Univers jeune.

Les astronomes ont constaté une brusque augmentation du nombre de ces galaxies sur une courte période. Beaucoup des galaxies massives qui peuplent aujourd'hui l'Univers proche existaient déjà trois milliards d'années après le Big Bang.

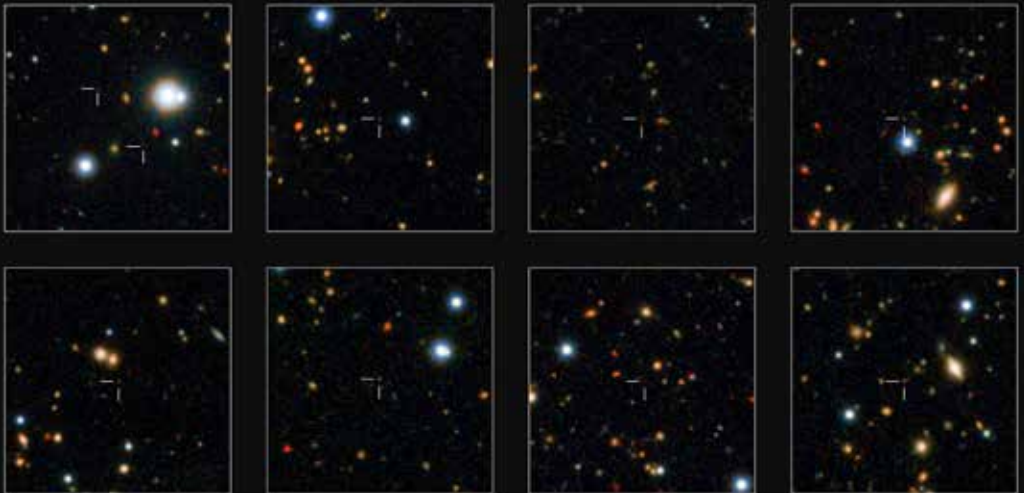
Faute de signes de l'existence de ces galaxies massives moins d'un milliard d'années après le Big Bang, on déduit que les premières galaxies massives se sont certainement formées à cette époque.

Les astronomes ont par ailleurs découvert que les galaxies massives étaient plus nombreuses que supposé. Les galaxies obscurcies représentent la moitié du nombre total de ga-

laxies massives contemporaines de l'Univers alors âgé de 1,1 à 1,5 milliard d'années. Ces nouveaux résultats contredisent les modèles actuels décrivant l'évolution des galaxies dans l'Univers jeune, qui ne prévoient pas l'existence de monstres galactiques à des époques aussi reculées.

Pour compliquer davantage encore la situation : si les galaxies massives de l'Univers jeune étaient plus poussiéreuses qu'attendu, même UltraVISTA ne pourrait les détecter. Si tel était le cas, nos conceptions actuelles de la formation des galaxies dans l'Univers jeune devraient être révisées.

*Gros plans de quelques-unes des galaxies massives nouvellement découvertes.
(ESO/UltraVISTA; TERAPIX/CNRS/INSU/CASU)*



Détection du premier pulsar gamma extragalactique

Basé sur des communiqués CNRS et NASA

Situé à 163 000 années-lumière, dans le Grand Nuage de Magellan, PSR J0540-6919 est le premier pulsar gamma détecté dans une galaxie autre que la Voie lactée, et le plus lumineux. Cette étoile à neutrons, qui tourne sur elle-même en 50 millièmes de secondes, est le vestige d'une étoile massive ayant explosé il y a un millier d'années. L'observation d'un pulsar si jeune et puissant devrait permettre de mieux comprendre d'où ces astres tirent leur luminosité. Cette découverte a été réalisée grâce au satellite Fermi de la NASA.

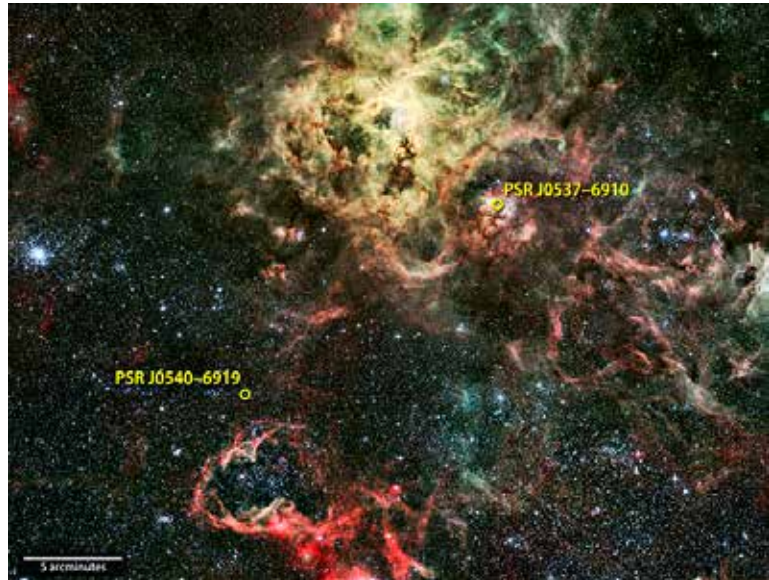
PSR J0540-6919 est aussi remarquablement jeune : un millier d'années alors que la plupart des pulsars connus sont âgés d'au moins 10 000 ans et jusqu'à des centaines de millions d'années.

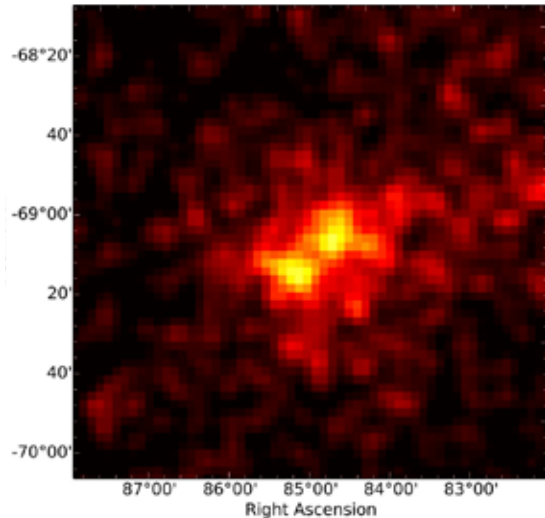
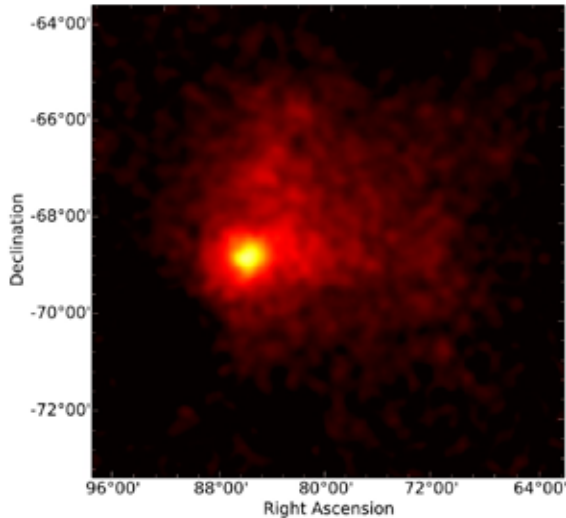
La rotation rapide de ces astres dotés d'un fort champ magnétique induit l'émission de rayonnements par des mécanismes encore mal compris. Les faisceaux d'ondes radio, de lumière visible, de rayons X ou encore de rayons gamma des pulsars sont repérés par les télescopes de manière périodique quand ils passent dans le champ de l'instrument, à la faveur de la rotation de l'étoile.

Le télescope spatial Fermi a détecté le premier pulsar extragalactique gamma, PSR J0540-6919, à proximité de la Nébuleuse de la Tarentule dans le Grand Nuage de Magellan. Fermi a détecté un second pulsar (à droite) dont la pulsation n'a pu être étudiée.
(NASA's Goddard Space Flight Center; ESO/R. Fosbury, ST-ECF)

On connaît plus de 2 500 pulsars, détectés principalement en ondes radio par des radiotélescopes au sol. Certains pulsars émettent également des rayons gamma et le Large Area Telescope (LAT) à bord du satellite Fermi de la NASA en a découvert 160, dans notre galaxie ou dans des amas globulaires proches.

La détection de l'émission gamma de PSR J0540-6919 a demandé l'accumulation de données pendant 75 mois depuis la mise en service du satellite en 2008. En effet, le signal venu d'une région située à 163 000 années-lumière est faible. Il faut collecter suffisamment de photons pour le reconstituer, puis classer ces photons par ordre d'arrivée pour déterminer si la luminosité varie. Une émission gamma a ainsi été détectée en provenance de ce pulsar qui était déjà connu en ondes radio, en lumière visible et en rayons X. Ce signal présente des pulsations toutes les 50 millisecondes, exactement la période de rotation de l'étoile ! Cela prouve de manière incontestable que cet objet en est la source. PSR J0540-6919 devient ainsi le premier pulsar gamma extragalactique connu.





Carte du rayonnement gamma d'énergie de 0,2 à 200 GeV (milliards d'électron-Volt) dans une région de 10 degrés de côté comprenant le Grand Nuage de Magellan. Le pic d'intensité provient de la région de formation stellaire de la nébuleuse de la Tarentule. On attribuait cette lueur aux collisions de particules accélérées par les ondes de choc des supernovæ. Il semble maintenant qu'une bonne partie de ce rayonnement provienne du pulsar PSR J0540-6919. (NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration)

Agrandissement de l'image précédente montrant une zone de 2 degrés centrée sur la Tarentule. Le pic de brillance a été résolu en deux composantes coïncidant avec les pulsars PSR J0540-6919 et PSR J0537-6910 notés sur l'image optique de la page précédente. (NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration)

La détection d'un pulsar situé à une telle distance a aussi été rendue possible par son extraordinaire puissance : sa rotation rapide libère une puissance supérieure à 10^{31} watts, soit presque 100 000 fois la luminosité du Soleil. Dans le domaine gamma, PSR J0540-6919 est 20 fois plus lumineux que le pulsar du Crabe, le plus lumineux en rayons gamma connu jusqu'alors.

Les rayons gamma constituant l'essentiel du rayonnement des jeunes pulsars énergétiques, ces nouvelles observations devraient

permettre d'en apprendre plus sur les mécanismes à l'œuvre dans leur magnétosphère, à l'origine des rayonnements de haute énergie. En attendant, ces observations posent une autre question sur les rayons cosmiques. PSR J0540-6919 est situé dans la nébuleuse de la Tarentule, une région du Grand Nuage de Magellan très riche en étoiles massives, et on pensait jusqu'ici que l'essentiel de son rayonnement gamma provenait des rayons cosmiques accélérés par l'explosion de ces étoiles massives, et non des pulsars. Une énigme de plus pour les scientifiques qui devront comprendre pourquoi la contribution des rayons cosmiques est bien plus faible que prévu.

VY Canis Majoris

Basé sur un communiqué ESO

VY Canis Majoris est une hypergéante rouge, l'une des étoiles les plus imposantes de la Voie lactée. Sa masse est comprise entre 30 et 40 masses solaires, et sa luminosité équivaut à celle de 300 000 soleils. Mise à la place du Soleil, elle s'étendrait jusqu'à l'orbite de Jupiter. Elle entame la dernière phase de sa courte existence.

De nouvelles observations de cette étoile ont été effectuées au moyen de l'instrument SPHERE qui équipe le VLT. SPHERE utilise l'optique adaptative extrême afin de générer des images à la limite de diffraction, approchant ainsi – davantage que les dispositifs d'optique adaptative antérieurs – la limite théorique du télescope correspondant à l'absence d'atmosphère. L'optique adaptative extrême permet par ailleurs d'observer des objets encore moins lumineux à proximité directe d'une étoile très brillante.

Les images acquises dans le cadre de cette nouvelle étude ont été prises dans le domaine visible – à des longueurs d'onde plus courtes que le proche infrarouge où la plupart des dispositifs d'optique adaptative antérieurs étaient utilisés. En conséquence, les images obtenues sont dotées d'une meilleure résolution que les clichés précédemment acquis par le VLT. Une résolution spatiale encore plus élevée a été atteinte au moyen du VLTI, un interféromètre qui ne génère pas directement d'image.

Grâce à SPHERE les astronomes ont mis en évidence l'existence de nuages autour de VY Canis Majoris. L'analyse poussée des données de polarisation a révélé la taille relativement élevée des grains de poussière qui sont environ 50 fois plus gros que ceux qui emplissent l'espace interstellaire.

Au cours de leur phase d'expansion, les étoiles massives perdent d'importantes quantités de matière – chaque année, VY Canis Majoris expulse l'équivalent de 30 masses terrestres sous la forme de gaz et de poussière. Cette matière, ainsi que les éléments plus lourds créés lors de la phase explosive,



Les nébulosités entourant l'étoile VY Canis Majoris vues par SPHERE. L'étoile elle-même est masquée par un disque obscurcissant. Les croix sont des artefacts générés par l'instrument. (ESO)

constitueront la base de la prochaine génération d'étoiles et de leurs cortèges de planètes.

On ne comprenait pas le processus d'expulsion de la matière de la haute atmosphère stellaire précédant l'explosion de l'étoile géante. La pression de radiation semblait en être responsable. De faible intensité, son effet ne pouvait toutefois s'exercer efficacement que sur des grains de poussière assez gros, mais pas trop gros pour ne pas retomber sur l'étoile.

Le fait que de gros grains de poussière se trouvent à si grande proximité de l'étoile signifie que le nuage peut effectivement diffuser la lumière visible en provenance de l'étoile et être poussé par la pression de radiation stellaire. La taille des grains de poussière indique par ailleurs qu'ils survivront en grande partie à l'explosion de VY Canis Majoris en supernova. Aux échelles de temps astronomiques, l'explosion de l'étoile est « imminente » – dans des centaines de milliers d'années. Cette poussière enrichira alors le milieu interstellaire environnant, nourrissant les futures générations d'étoiles et les incitant à former des planètes.

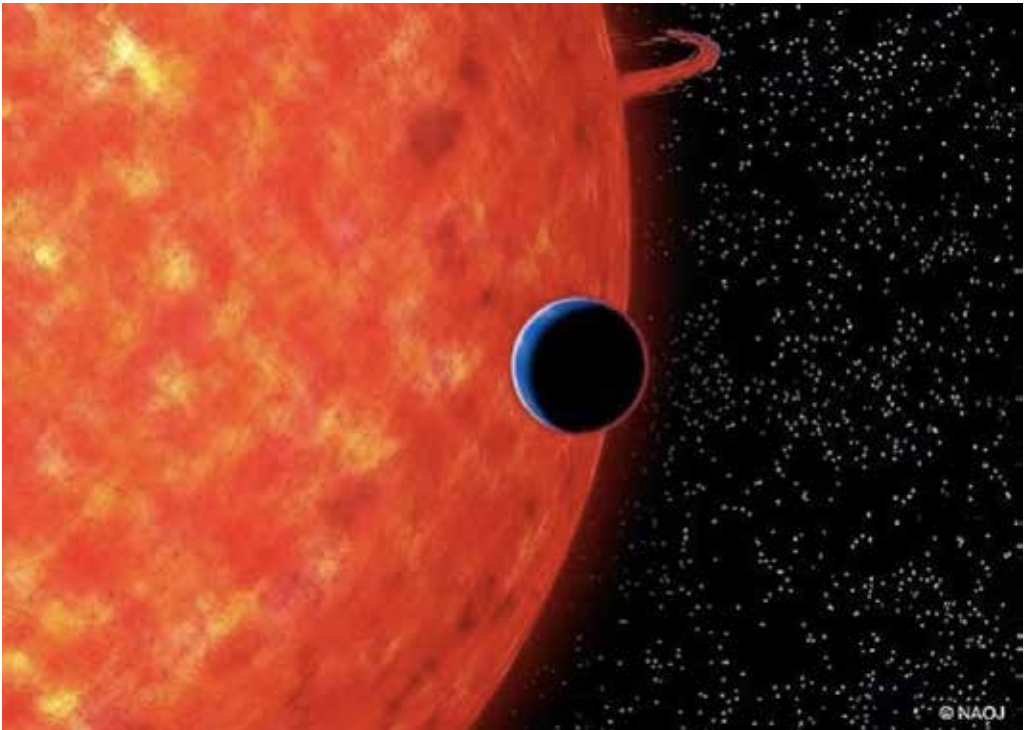
Le ciel bleu de GJ3470b

GJ3470b est la plus petite exoplanète pour laquelle on a pu prouver la présence de très petites particules dans l'atmosphère. Elles diffusent la lumière de l'étoile hôte de façon caractéristique – ce qu'on appelle la diffusion de Rayleigh – et lui donnent une teinte bleue. Ce résultat a été obtenu en mesurant avec précision l'affaiblissement de la lumière de l'étoile chaque fois que la planète passe devant elle. La mesure est facilitée par le fait que l'étoile est elle-même petite – c'est une naine rouge –, et que la planète est malgré tout quatre fois plus grosse que la Terre, ce qui fait que la fraction occultée lors des transits est importante. En procédant à cette analyse à plusieurs longueurs d'onde, on obtient un spectre grossier de l'atmosphère et donc sa composition. Cette méthode ne marche bien sûr que s'il n'y a pas de couverture nuageuse tout autour de la planète.

Les observations ont été menées avec de petits télescopes, de diamètres de l'ordre de 1 à 2 mètres, dans toute une série d'observatoires (Hawaii, Texas, Chili, Australie, Afrique du Sud) constituant le réseau LCOGT (Las Cumbres Observatory Global Telescope Network).

Il s'avère que GJ3470b possède une atmosphère d'hydrogène, épaisse, surmontée d'une couche d'aérosols, d'une brume diffusant la lumière bleue. L'autre enseignement est que des propriétés de l'atmosphère de certaines planètes peuvent déjà être obtenues à l'aide de petits instruments.

***Impression d'artiste de la planète
GJ 3470b passant devant son étoile.
(NAOJ)***



HD106906b

L'exoplanète HD106906b gravitant très loin de son étoile (16 fois la distance Soleil-Pluton) a probablement été éjectée de son lieu de naissance proche de l'étoile par un processus similaire à celui qui a dû se passer à l'origine du Système solaire.

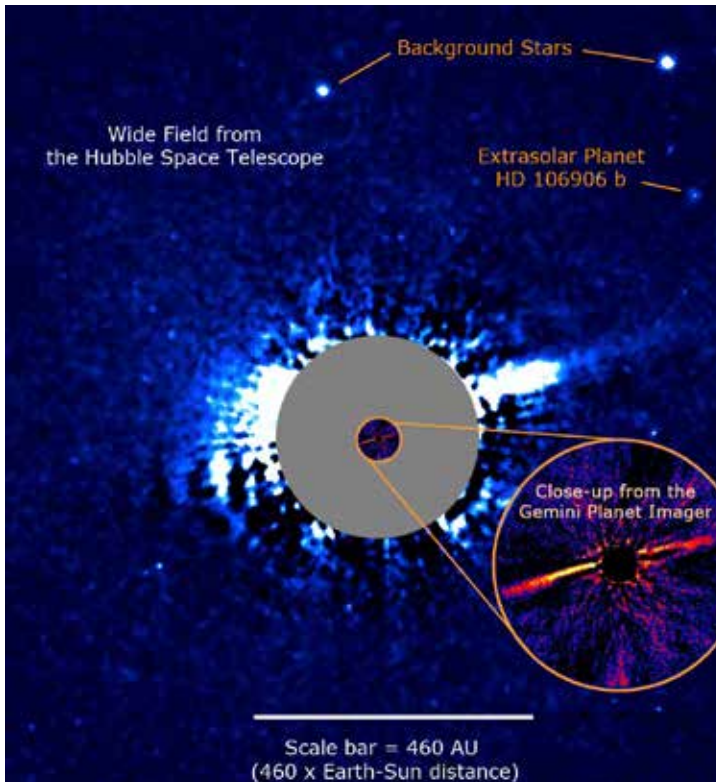
Les images obtenues par le Gemini Planet Imager (GPI) au Chili, et le télescope spatial Hubble montrent la présence d'un anneau de comètes asymétrique, signe d'une histoire tourmentée de perturbations gravifiques.

Les observations suggèrent que la planète est exceptionnellement poussiéreuse, peut-être entourée elle-même d'un disque de débris.

L'étoile est très jeune comparée au Soleil, 13 millions d'années au lieu de 4,5 milliards, et il est difficile de comprendre

comment une planète a pu se former aussi loin d'elle, à 650 unités astronomiques. L'action gravifique d'une autre planète, ou d'une étoile de passage, éjectant la planète après sa formation dans le disque de poussières, semble une meilleure hypothèse. Les images montrent que le disque est beaucoup plus étiré et étendu du côté de la planète. De plus, le plan de l'orbite de la planète est très incliné sur le disque. Tout cela conforte l'hypothèse d'une perturbation majeure.

Les astronomes n'ont pas trouvé de planète proche mais le diamètre intérieur de l'anneau, une centaine d'unités astronomiques laisse supposer qu'un système planétaire s'y est formé, l'anneau constituant l'équivalent de notre ceinture de Kuiper.



Vue de l'environnement de l'étoile HD 106906 obtenue par le télescope spatial Hubble, combinée avec un gros plan pris par le Gemini Planet. Le disque de comètes apparaît très perturbé ce qui suggère que la planète HD 106906b (en haut à droite) a été éjectée. (Paul Kalas, UC Berkeley)

L'amas Pandore

Basé sur un communiqué CNRS

On estime généralement que 95% de l'Univers ne sont pas composés de « matière ordinaire ». Cette matière hypothétique reste à découvrir. Quant à la matière normale, on n'en détecte que la moitié avec les méthodes habituelles. Encouragés par le résultat de simulations numériques, les chercheurs s'attendaient à trouver cette matière ordinaire manquante dans la « toile cosmique », et plus précisément dans des filaments soumis à des températures comprises entre 100 000 et 10 millions de degrés. Les astronomes ont

observé directement ce phénomène en utilisant le télescope spatial XMM capable détecter les rayons X associés à de la matière soumise à de très hautes températures. En pointant un amas de galaxies massif appelé Abell 2744, ils ont effectivement trouvé cette matière ordinaire sous la forme de ce gaz très chaud dans des filaments cosmiques.

Composantes de l'amas de galaxies Abell 2744, également connu comme l'amas Pandore : les galaxies (en blanc), le gaz chaud (en rouge) et la matière noire (en bleu). (ESA/XMM-Newton ; ESO/WFI ; NASA/ESA & CFHT)

