

L'astronomie dans le monde

SOHO

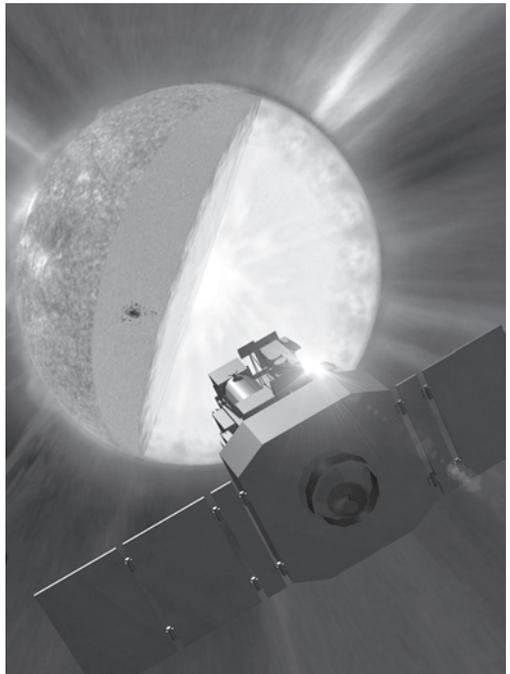
L'observatoire spatial SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) a probablement décelé des oscillations que l'on cherchait depuis longtemps à la surface du Soleil.

Ces oscillations, que l'on appelle « modes g » sont induites par la gravité et fournissent des renseignements sur l'intérieur de l'astre. Elles se produisent lorsque des mouvements de convection sous la surface viennent au contact de zones profondes plus denses. Des ondes se propagent alors comme lorsque l'on jette un caillou dans un étang.

Le problème est que ces ondes ne font que quelques mètres d'amplitude lorsqu'elles se manifestent à la surface et que leurs périodes sont de plusieurs heures.

On comprend la difficulté de la mesure. Il aura fallu combiner dix ans d'observations de SOHO pour arriver à une détection probable, détection qui semble confirmer que la rotation du noyau du Soleil est plus rapide que celle de la surface. Mais il faudra préciser tout cela en poursuivant des observations depuis l'espace, mais aussi depuis le sol.

Vue d'artiste de SOHO sondant les entrailles du Soleil
(© SMM IAC)



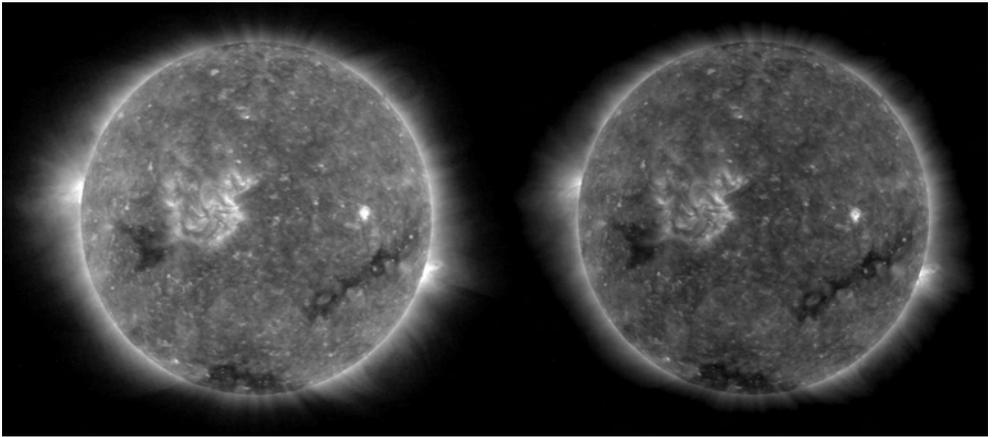
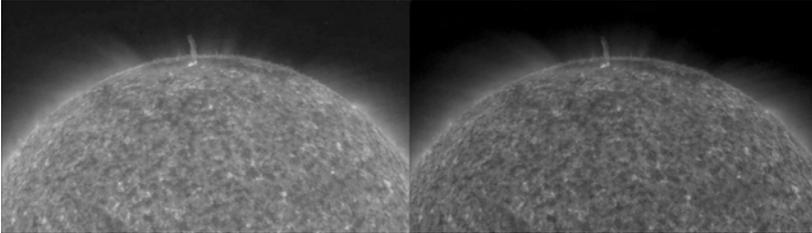
Soleil en stéréo

Les satellites jumeaux du Solar Terrestrial Relations Observatory (STEREO) ont pris les premières images tridimensionnelles du Soleil. Cette nouvelle perspective aidera beaucoup les scientifiques à comprendre la physique solaire, améliorant par la même occasion les prévisions de la « météo cosmique ».

Le Soleil par STEREO.

En se plaçant devant une paire d'images, et en accommodant à l'infini, on peut voir le Soleil en relief.

De nombreuses images dont certaines en couleur peuvent être vues à http://www.nasa.gov/mission_pages/stereo/ (©NASA/STEREO)

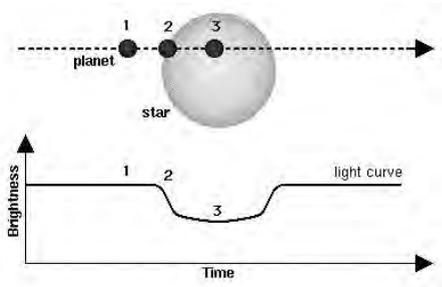


Corot

Les premières observations faites par le satellite Corot s'avèrent d'excellente qualité. Une première exoplanète a déjà été détectée qui transite chaque jour et demi devant son étoile et pèse 1,3 fois autant que Jupiter. A terme, des planètes d'une masse équivalente à celle de la Terre pourraient être découvertes.

Des mesures de sismologie stellaire ont également été effectuées avec succès et montrent que l'instrument permet d'atteindre une précision fantastique.

Ainsi, dans les données de la première exoplanète découverte par Corot (Corot – Exo-1b), la précision est de 3 dix millièmes en une heure d'observation ($3 \cdot 10^{-4}$). Lorsque toutes les corrections seront faites, le niveau de précision atteindra cinquante millièmes ($5 \cdot 10^{-5}$). La précision peut même atteindre vingt millièmes ($2 \cdot 10^{-5}$) si le nombre de transits observés est plus grand que 25. Ceci veut dire que des petites planètes, analogues à la Terre seront accessibles par Corot, et que les variations de lumière stellaire réfléchiée par la planète (selon la réflectance) seront détectables,



L'éclat d'une étoile baisse temporairement lorsque la planète transite devant elle. (© ESA/H. Deeg)

donnant des indications sur sa composition. Les données sismologiques sont aussi impressionnantes. L'étoile de type solaire présentée ici a été observée pendant les 60 premiers jours au début de la mission. Là aussi, les données ne sont pas complètement corrigées. La précision atteinte est inférieure à un millionième et l'analyse harmonique montre clairement la présence de modes d'oscillation.

Mercury et fer liquide

L'observation de la rotation de la planète Mercure au moyen d'ondes radar a montré des variations de période qui peuvent s'expliquer par un noyau de fer liquide au centre de la petite planète. La présence d'un champ magnétique mesuré par la sonde Mariner 10 dans les années 70 avait mis la puce à l'oreille des astronomes, mais les modèles planétaires indiquaient que le noyau d'un aussi petit corps que Mercure devait s'être refroidi depuis longtemps et être

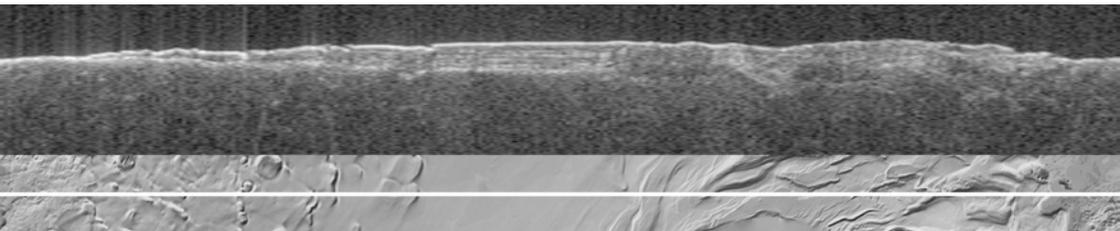
solide. Une composition chimique particulière, par exemple la présence de soufre, aurait pu assurer un point de fusion suffisamment bas.

Glace martienne

Les observations faites par la sonde Mars Odyssey permettent de localiser de façon détaillée la glace souterraine. Il apparaît que celle-ci est située à des profondeurs très variables selon les endroits et que la nature du sol a une grande influence. Les zones très rocheuses pompent beaucoup de chaleur dans le sol de sorte que la glace n'est stable qu'à plusieurs mètres de profondeur. Par contre un sol poussiéreux joue le rôle d'isolant permettant à la glace d'exister à quelques centimètres seulement sous la surface. Ces résultats semblent en accord avec les modèles climatiques de la planète rouge qui indiquent des cycles de réchauffement et de refroidissement et prédisent les échanges entre glace souterraine et eau atmosphérique. La méthode utilisée par Mars Odyssey repose sur la comparaison des températures à différentes saisons. Les zones qui changent le plus correspondent à de la glace située à une vingtaine de centimètres de profondeur, tandis que les températures les plus constantes signifient que la glace n'est qu'à environ 5 cm. La sensibilité de cette technique ne s'étend malheureusement pas plus loin que ces faibles profondeurs.

Le radar MARSIS à bord de la sonde de l'ESA Mars Express, travaille par contre à grande échelle, permettant de juger de la présence de glace à des centaines de mètres de profondeur.

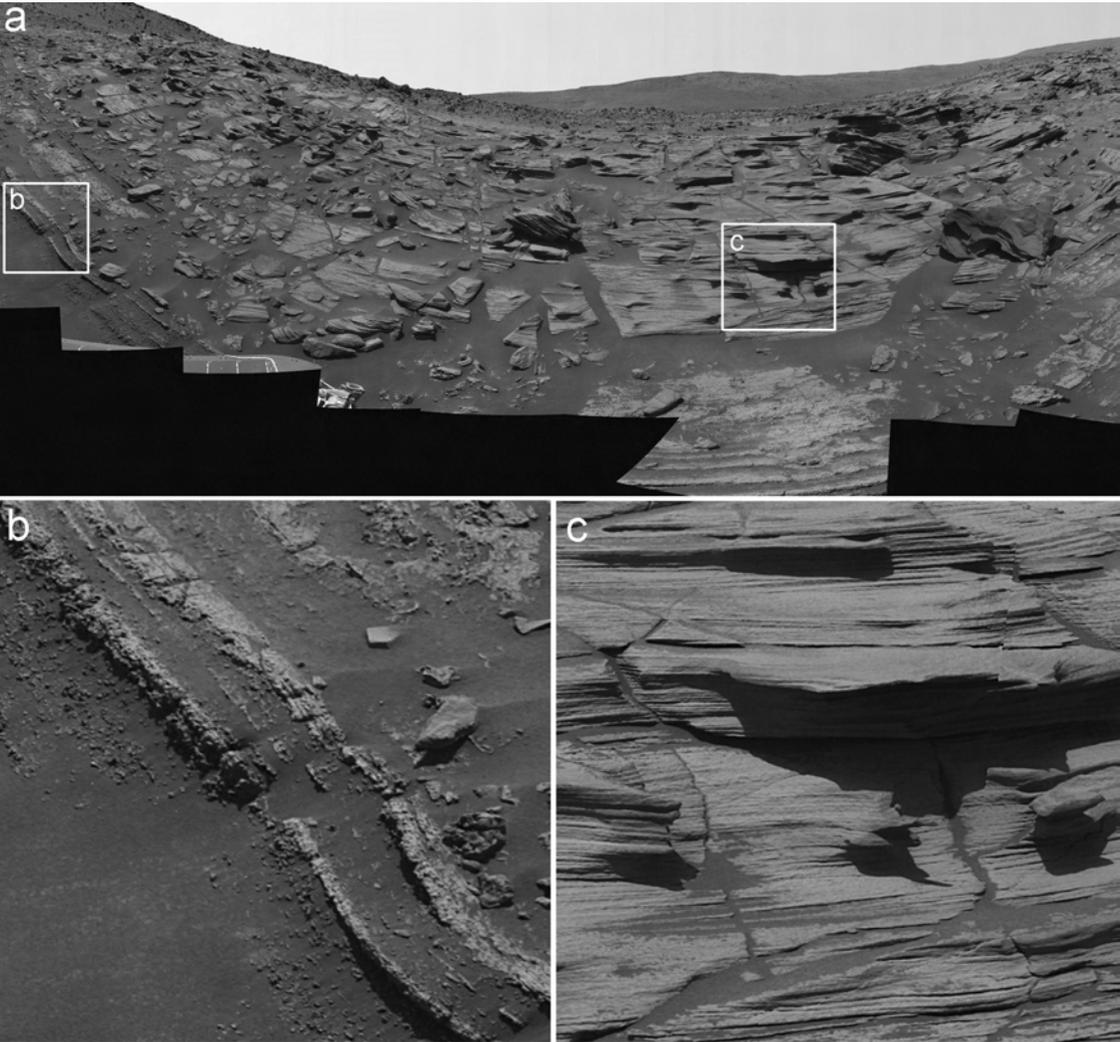
En haut un radiogramme obtenu par MARSIS près du pôle sud. En bas la ligne blanche montre le tracé de 1600 km sur la surface martienne. La couche riche en glace se situe entre les deux échos sur le radiogramme et part d'une épaisseur nulle à gauche à 1 600 m à droite. (© NASA/JPL/ASI/ESA/Univ. of Rome/MOLA Science Team)

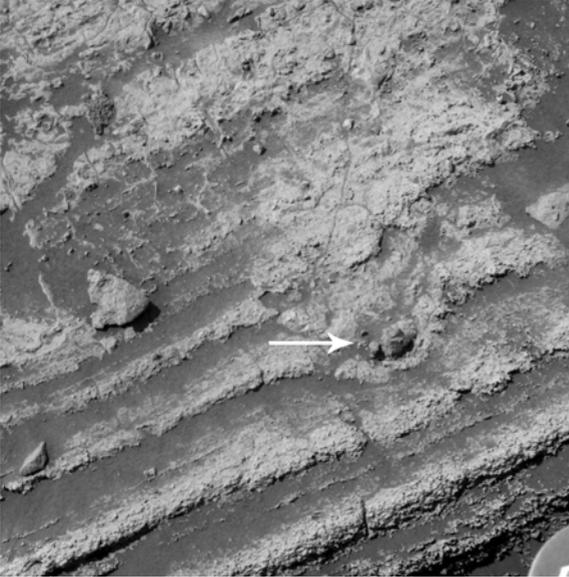


Volcanisme martien

Le Rover martien Spirit a découvert les traces d'une ancienne explosion volcanique. La présence de volcans, dont Olympus Mons, le géant du système solaire, ne laissait aucun doute sur cette activité, mais on a ici la première identification certaine de dépôts volcaniques.

Le Rover Spirit a obtenu ce panorama alors qu'il était perché au bord nord-ouest d'un promontoire appelé « Home Plate ». Sa position très inclinée (27°) explique la distorsion en U de l'image. (© NASA/JPL-Caltech/USGS/Cornell)





Un zoom sur la zone b de l'image précédente montre une texture granuleuse du sol mais aussi des roches dont l'origine semble volcanique. Le caillou central mesure 4 cm. (© NASA/JPL-Caltech/USGS/Cornell)

SOFIA

Le « Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy » a effectué son premier vol. SOFIA est un Boeing 747 aménagé pour effectuer des observations astronomiques en infrarouge. Son télescope de 2 m 50 observera à plus de 12 000 m d'altitude, au-dessus des couches atmosphériques qui absorbent la majorité du rayonnement infrarouge venant du cosmos. Il ne s'agit cependant que de vols d'essais. Les observa-

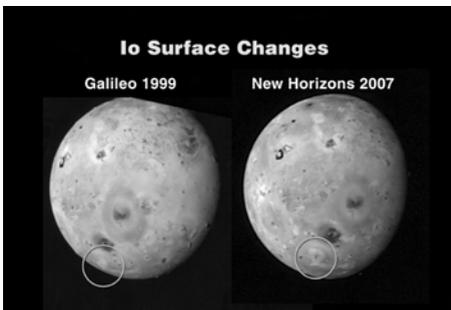
tions proprement dites ne commenceront qu'en 2009 ou 2010.



New Horizons

La NASA publie de nouvelles images étonnantes du système de Jupiter prises par la sonde New Horizons http://www.nasa.gov/mision_pages/newhorizons/main/index.html

On y trouve entre autres le film d'une éruption volcanique sur Io, des images d'aurores, de la lave sur Io, la nouvelle « Petite Tache Rouge », les petits satellites bergers réglant arcs et anneaux, etc. New Horizons est la sonde spatiale la plus rapide jamais lancée. Elle a atteint Jupiter en treize mois et arrivera près de Pluton en juillet 2015. (cf *Le Ciel*, avril 2007, p. 155-159).



Exoplanète tellurique

La plupart des exoplanètes connues sont gazeuses comme Jupiter ou Saturne. Le vénérable télescope de 3 m 60 de l'observatoire de l'ESO/La Silla a permis la découverte d'une planète de type terrestre, ou « tellurique » auprès d'une étoile naine Gliese 581. Avec cinq fois la masse de la Terre, cet astre devient de justesse le plus proche cousin de notre planète (le précédent candidat pesait 5,5 fois la Terre). Sa proximité de l'étoile lui vaut de jouir d'une température comprise entre

0 et 40 degrés, ce qui permet la présence d'eau liquide et, pourquoi pas, de petits hommes verts. On connaissait déjà deux autres planètes (de 8 et 15 fois la masse de la Terre) autour de Gliese 581.

L'étoile Gl581 est une étoile naine rouge (de très faible masse). Située à 20,5 années-lumière de la Terre, elle figure parmi les 100 étoiles les plus proches de notre système solaire et sa masse est de moins du tiers de celle du Soleil. Les naines rouges sont des cibles privilégiées pour la recherche de planètes habitables. En effet, ces étoiles étant relativement peu lumineuses, leurs planètes habitables orbitent près d'elles, et sont alors plus facilement détectables. De plus, les naines rouges sont les étoiles les plus nombreuses de la Galaxie : sur les 100 étoiles les plus proches de nous, 80 font partie de cette famille.

Station HAT au Fred Lawrence Whipple Observatory (FLWO) en Arizona.

Super-Jupiter ?

Après la plus petite exoplanète, la super-Terre, voici la plus lourde montrant des « transits ». Pesant autant que huit Jupiter, HAT-P-2b passe devant son étoile tous les 5,6 jours. L'observation des transits montre que la planète n'est que 20% plus grande que Jupiter. Sa densité est donc plus proche de celle de notre planète et pourtant elle est composée essentiellement d'hydrogène. Si elle était un peu plus lourde, ce serait une étoile. Statistiquement il est inévitable que la plupart des planètes « transitantes » aient des orbites très serrées. Celle-ci ne fait pas exception. Son orbite est très ovale, il s'agit même de la plus excentrique de toutes les exoplanètes et c'est la seule de toutes les transitantes n'ayant pas une orbite circulaire. Peut-être y a-t-il dans le système une autre planète dont les perturbations seraient à l'origine de cette anomalie. L'étoile et les transits peuvent être observés avec de très petits télescopes.

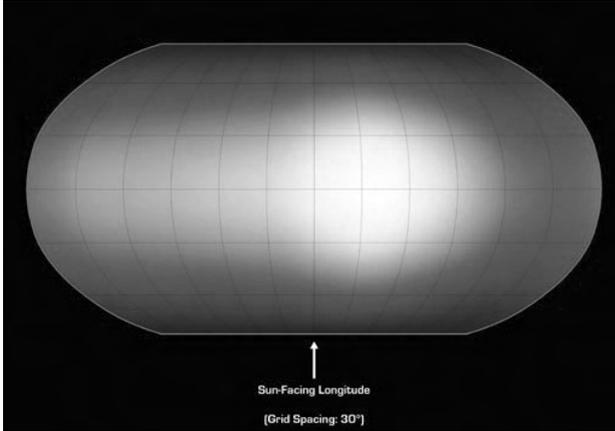
Contrairement à HAT-P-2b, les autres exoplanètes transitantes sont de gros jupiters bouffis. Alors que la gravité en surface de HAT-P-2b est 14 fois celle de la Terre (le poids d'un astronaute y dépasserait allégrement la tonne), celle des autres est plutôt semblable à celle de la Terre.

Exoplanètes exotiques

Le télescope spatial infrarouge Spitzer a mis en évidence la variation de la température en fonction de la longitude sur l'exoplanète 189733b. En face de l'étoile règne un confortable 930 degrés alors que le côté nuit n'est qu'à 650 degrés. Ce fort gradient induit des vents violents atteignant dix mille kilomètres à l'heure.

Sur une autre exoplanète, HD149026b, il fait plus chaud encore. Spitzer y a mesuré un bon 2 000 degrés du côté jour. Le côté nuit serait beaucoup plus froid. C'est la plus petite des planètes transitantes, de la taille de Saturne, mais aussi lourde que 80 ou 90 Terres.





Carte des températures à la surface de HD189733b (© NASA/JPL-Caltech/Harvard-Smithsonian CfA)

GJ 436, une petite étoile (naine rouge) située à 30 années-lumière de la Terre et connue depuis 2004 pour abriter une petite planète de 22 fois la masse de la Terre en orbite à 4 millions de kilomètres (0.03 unité astronomique) de son étoile, au moment précis où la planète passait entre son étoile et la Terre.

La mesure de ce transit permet de calculer le diamètre de la planète qui est de 50 000 km, soit environ 4 fois celui de la Terre. Cette mesure permet de déterminer que la planète est principalement composée d'eau. Si la planète était composée d'hydrogène et d'hélium comme Jupiter et Saturne elle serait plus grosse, et si elle était

Une exoplanète de glace

Selon communiqué de l'Université de Liège

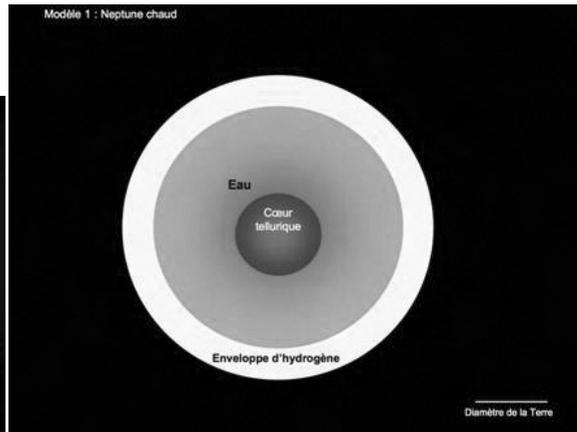
Une équipe d'astronomes menée par un chercheur de l'Université de Liège a mesuré le transit d'une petite planète de la taille de Neptune en dehors de notre système solaire. La mesure de ce transit permet pour la première fois d'accéder à la structure d'une planète de petite taille, et a mis en évidence le fait qu'elle est composée principalement d'eau, comme Uranus et Neptune.

Des observations effectuées en avril depuis l'Observatoire OFXB situé à St-Luc en Suisse ont permis de mettre en évidence une légère diminution de la luminosité de

GJ 436, vue d'artiste (© Nasa-JPL)



Modèle de la structure de la planète GJ 436 b. Sous une mince enveloppe d'hydrogène se trouve une épaisse glace entourant un cœur rocheux.



composée de roches et de fer comme la Terre, Mars ou Vénus, elle serait plus petite. D'après Michaël Gillon, chercheur liégeois à la tête de l'équipe responsable de cette découverte, cela représente un pas important sur la route qui conduit à la détection et à la caractérisation de planètes semblables à la Terre.

Cette planète d'eau peut soit être entourée d'une couche de gaz constituée d'hydrogène et d'hélium, comme Neptune et Uranus, soit être couverte d'eau jusqu'à l'extérieur, comme la plupart des satellites de Jupiter. La proximité entre la planète et son étoile et l'effet de serre vraisemblable élevé que subit la planète permettent d'estimer la température à la surface de celle-ci à plus de 300 degrés centigrades. Si son atmosphère contient beaucoup d'eau, c'est sous forme de vapeur. A l'intérieur, l'eau doit se trouver dans un état solide exotique qui n'existe pas sur Terre, mais que les physiciens ont reproduit en laboratoire. L'eau a en effet plusieurs états solides, outre la glace classique qui nous est familière. À très haute pression, elle se transforme d'abord en liquide puis en solide plus dense que l'eau et que la glace, de la même manière que le carbone sous forme de

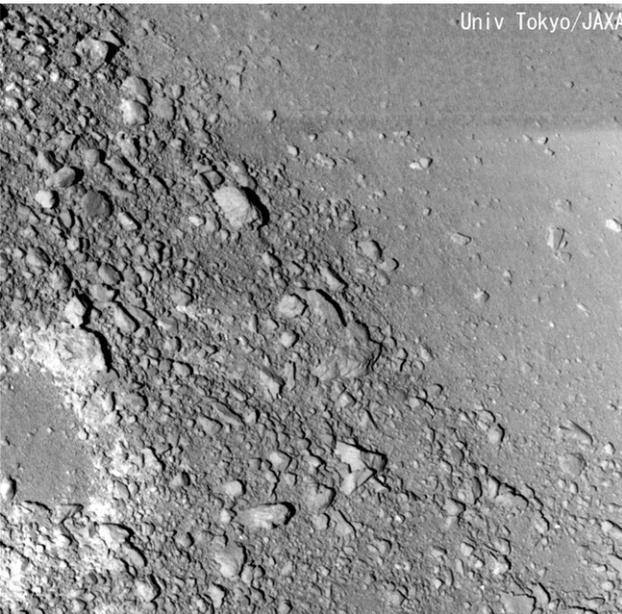
graphite se transforme en diamant sous la pression. Les physiciens appellent ces formes d'eau solide, glace VII et glace X. Si nos océans étaient beaucoup plus profonds, ces formes exotiques de glace se formeraient dans leur fond. Dans la planète de GJ 436, cette curieuse glace se trouve de plus à très haute température. Au centre de la planète se trouve vraisemblablement un cœur rocheux d'une taille comparable à la Terre.

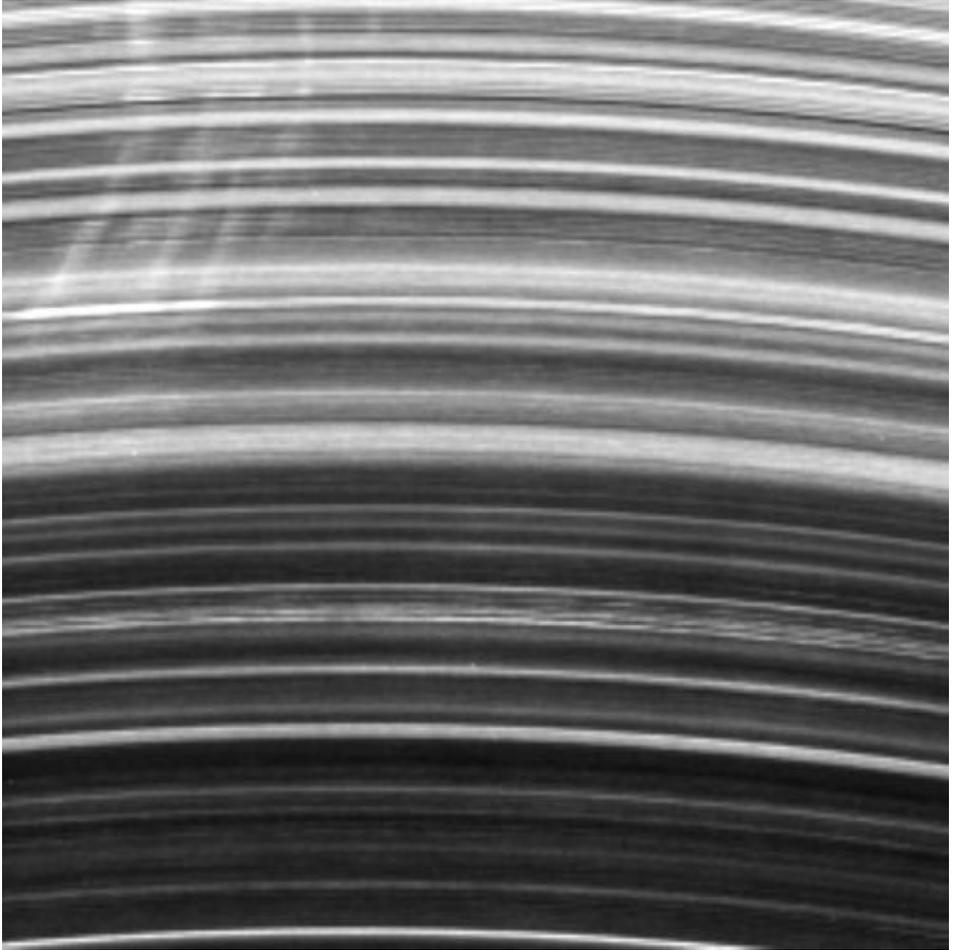
La mise en évidence de ce monde de glace chaude a une conséquence importante. Elle montre pour la première fois que des planètes semblables à Neptune existent à des distances proches de leur étoile. Cela permet d'imaginer que les nombreuses planètes de petites masses détectées autour des autres étoiles sont également composées d'eau. Certaines d'entre elles possèdent peut-être une atmosphère avec des températures moins élevées permettant d'imaginer la présence d'eau liquide et donc d'un immense océan à leur surface. Ces planètes sont connues sous le nom de « planètes océans ».

Itokawa et Hayabusa

La sonde japonaise Itokawa, qui a peut-être recueilli des échantillons de l'astéroïde Hayabusa, entreprend son voyage de retour. Elle devrait arriver à bon port en juin 2010. Une étude détaillée confirme les premières impressions laissées par les images de l'astéroïde visité longuement par la sonde. Ce sont bien des secousses qui ont entraîné la distribution du régolithe en surface, les fines poussières se retrouvant dans les vallées. Ces secousses seraient dues à l'impact d'autres astéroïdes et/ou à l'effet du rayonnement solaire. Ce dernier fait varier la vitesse de rotation de la petite planète et pourrait la séparer momentanément en deux parties qui retomberaient ensuite l'une sur l'autre.

Le régolithe à la surface d'Hayabusa. Des pierriers voisinent avec des zones très lisses. (© Univ Tokyo/JAXA)





Anneaux de Saturne

Les « spokes », d'étranges marques apparaissant sporadiquement sur les anneaux de Saturne, ont longtemps intrigué les astronomes. Il s'agit de nuages de poussières chargées électriquement et flottant au-dessus et en dessous des anneaux. Parmi les hypothèses invoquées pour les expliquer on a parlé de l'effet du vent solaire et d'impacts de météorites. Un nouveau modèle a été présenté qui fait appel aux orages de Saturne. S'ils ont lieu à la bonne latitude, les électrons qu'ils projettent dans l'espace pourraient déclencher les spokes. Il faudrait mainte-

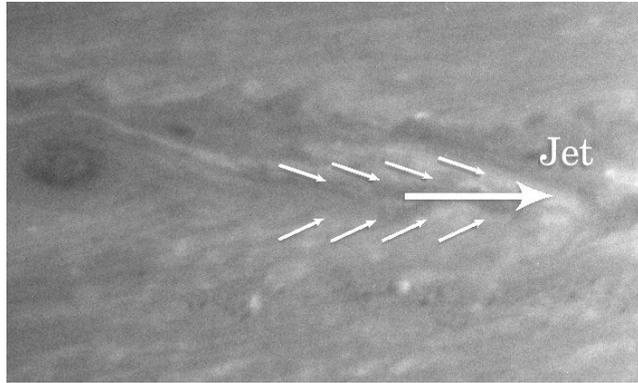
Spokes sur les anneaux de Saturne (© NASA/JPL/Space Science Institute)

nant que des observations de la sonde Cassini puissent confirmer une corrélation entre spokes et orages.

D'autre part, l'observation par Cassini d'occultations d'étoiles par les anneaux sous divers angles a permis de les cartographier en trois dimensions. Il s'avère que la structure des anneaux est beaucoup moins uniforme qu'on ne le croyait et que leur masse est deux fois plus élevée que les valeurs admises jusqu'ici.

Saturne, l'œuf ou la poule ?

Les données récoltées par la sonde Cassini montrent que les jet streams de Saturne - des courants très rapides poussant les nuages d'est en ouest ou inversement - sont entretenus par les tourbillons éparpillés autour de la planète. Jusqu'à présent les astronomes pensaient plutôt l'inverse : les tempêtes auraient été engendrées par les jet streams. D'autres idées concernant l'atmosphère de Saturne (et celle de Jupiter) sont à revoir. Ainsi les bandes nuageuses sombres indiquent de l'air montant et les bandes brillantes de l'air descendant, et non l'inverse.

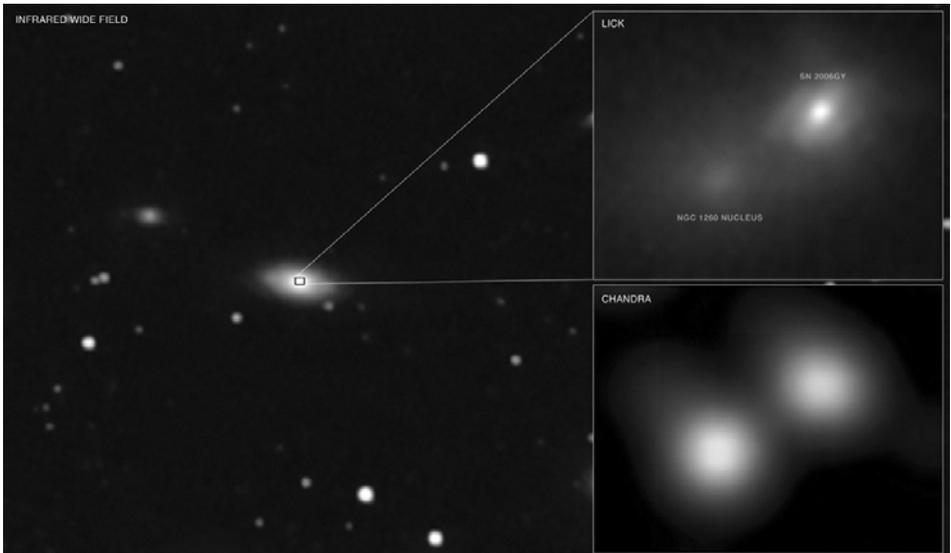


*Tempêtes associées à un jet stream de Saturne
(© NASA/JPL/Space Science Institute)*

Supernova SN2006gy

La supernova récemment produite par la galaxie NGC 1260 semble être l'explosion stellaire la plus violente jamais observée, cent fois plus énergétique qu'une supernova typique. L'étoile concernée devait être très massive, peut-être 150 fois plus que le Soleil.

La plus violente explosion stellaire jamais observée : la supernova SN 2006gy. Images optiques et X. (© NASA/CXC/M.Weiss ; X-ray : NASA/CXC/UC Berkeley/N.Smith et al. ; IR : Lick/UC Berkeley/J.Bloom & C.Hansen)



L'héliosphère selon Voyager

Les sondes Voyager traversent actuellement les frontières de l'héliosphère, lieu où l'environnement magnétique du Soleil fait place à celui du champ magnétique galactique local. On a ainsi pu constater que les lignes de force de ce dernier sont fortement inclinées sur le plan de la Galaxie. Il en résulte une déformation sensible de la forme de l'héliosphère

Gyrochronologie

On peut connaître l'âge des arbres en comptant les anneaux dans une coupe de tronc. Pour les étoiles il suffit de compter les tours qu'elles effectuent, une méthode qui a l'avantage d'être non destructive. Il semble en effet que la connaissance de la vitesse de rotation et de la couleur suffise à en fixer l'âge.

Vieille étoile

Un des télescopes VLT de l'ESO a permis de dater une étoile de notre Galaxie en mesurant les abondances d'uranium et de thorium. Avec 13,2 milliards d'années cette étoile est un véritable fossile. L'âge de l'univers est estimé à 13,7 milliards d'années.

Collision avec Andromède

Notre Galaxie et celle d'Andromède entreront en collision et fusionneront dans quelques milliards d'années, après plusieurs passages rapprochés. Les interactions gravifiques auront alors projeté le système solaire aux confins de la nouvelle galaxie. Le Soleil sera en fin de carrière. Quant à la Terre, elle ne sera plus qu'un rocher calciné.

Matière noire et collision entre amas de galaxies

Le télescope spatial Hubble a mis en évidence un anneau de matière noire dans l'amas de galaxies CL0024+17, montrant ainsi une différence notable avec la distribution de la matière normale des galaxies et du gaz chaud. Cet anneau serait le résultat d'une collision ancienne entre deux amas ayant engendré l'expansion d'une onde gigantesque qui atteint maintenant un diamètre de 2,6 millions d'années-lumière. (cf couverture 1)

Matière noire et collisions de galaxies

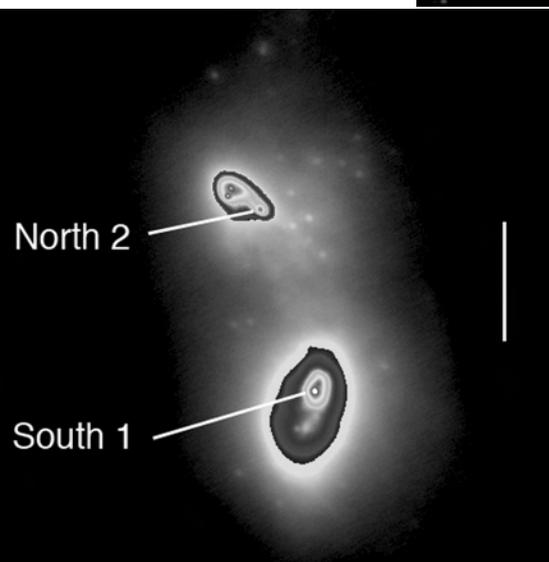
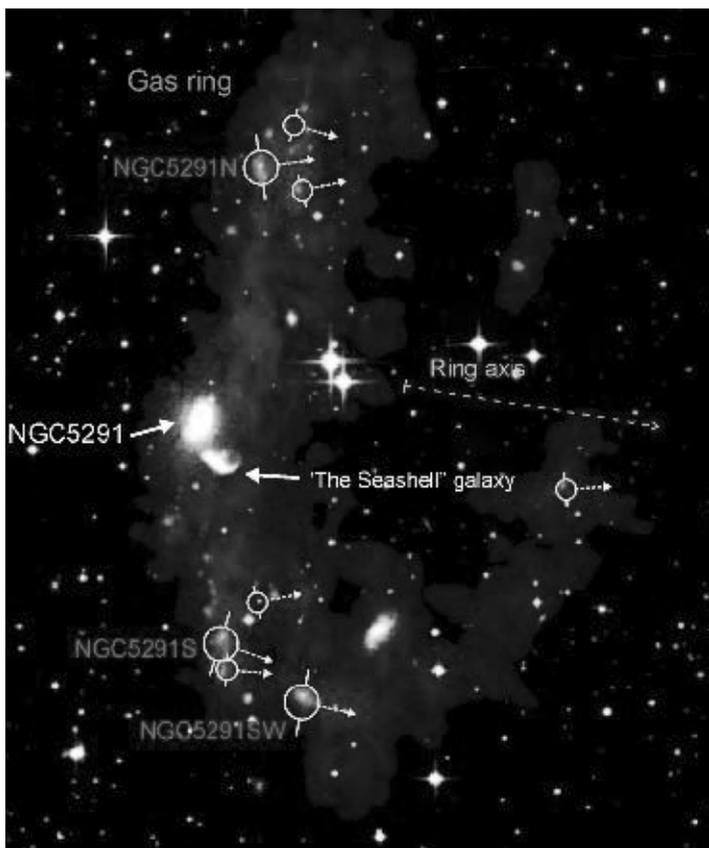
Les galaxies spirales telles que notre Voie Lactée sont formées d'un disque d'étoiles et de gaz. La vitesse de rotation anormalement rapide de ces disques indique que la masse totale des galaxies spirales est bien supérieure à la masse visible de gaz et d'étoiles : les galaxies contiennent de grandes quantités de matière cachée, dite « noire », dont la nature précise échappe encore aujourd'hui aux physiciens, mais qui selon les scénarios cosmologiques classiques résiderait dans un halo sphéroïdal étendu, plutôt que dans les disques.

Les forces mises en jeu lors des collisions de galaxies arrachent de grandes quantités de gaz et d'étoiles à leurs disques et les projettent dans le milieu intergalactique sous la forme de filaments ou d'anneaux de matière. Les astronomes ont étudié les débris de collision d'une galaxie, NGC5291, à l'aide d'observations radios obtenues avec le Very Large Array et d'un modèle numérique de la formation de ce système. Selon leurs simulations effectuées sur des super-calculateurs, NGC5291 était une galaxie spirale classique lorsqu'elle a été victime d'une collision violente, il y a 360 millions d'années. L'impact aurait formé un gigantesque anneau de gaz qui aujourd'hui s'étend sur près de 500 000 années-lumière, et qui s'est morcelé en de multiples condensations. Les chercheurs ont mis en évidence dans plusieurs de ces condensations des vitesses de gaz anormalement élevées, attestant d'une masse totale trois fois plus élevée que la masse visible sous forme de gaz ou d'étoiles. Ces débris de collisions contiennent donc des quantités significatives de matière noire.

Ce résultat est particulièrement inattendu. En effet, la matière noire initialement présente dans les halos autour des disques galactiques devrait être caractérisée par des mouvements rapides désordonnés qui les rendent insensibles aux forces qui s'exercent lors des chocs entre galaxies. Et donc la masse cachée détectée dans les débris de ces collisions ne peut provenir que des disques des galaxies spirales.

Image composite en radio/optique/ultraviolet de NGC 5291. Les cercles indiquent les principaux débris de la galaxie qui est entrée en collision avec elle. (© P-A Duc, CEA-CNRS/NRAO/AUI/NSF/NASA.)

Tout cela ne dévoile pas directement la nature de ce mystérieux constituant. Toutefois, parmi les candidats, le plus naturel serait de l'hydrogène moléculaire très froid, très difficilement détectable contrairement au gaz interstellaire classique. Ce sont ainsi plusieurs dixièmes de la masse des disques des galaxies spirales qui se déroberaient aux observations, en plus de la masse déjà cachée dans les halos.



NGC 6240

Le télescope géant Keck II équipé d'un système d'optique adaptative a permis de résoudre en détail le noyau double de la galaxie NGC 6240. Celle-ci résulte de la collision de deux galaxies dont les noyaux n'ont pas encore fusionné. Les données couvrant tous les domaines de longueurs d'onde depuis les rayons X jusqu'aux ondes radio peuvent maintenant être combinées pour étudier cette collision intergalactique.

Image infrarouge de NGC 6240 prise par Keck II. (© Keck/C. Max, G. Canalizo, and W. de Vries.)