

L'astronomie dans le monde

Comètes déguisées

Trois astéroïdes de la ceinture située entre Mars et Jupiter se comportent parfois comme des comètes. Avec des orbites circulaires dans le plan de l'écliptique, ces astres se distinguent nettement des comètes habituelles dont les orbites sont souvent allongées et orientées un peu au hasard dans l'espace. Mais à un moment ou l'autre, chacun de ces trois astéroïdes a éjecté de la matière qui s'est étirée sous la forme d'une queue de bon aloi visible pendant des semaines ou des mois. Pour beaucoup d'astronomes comme pour le grand public, c'est bien cette dernière caractéristique qui définit une comète. Les trois objets sont donc maintenant reconnus en tant que « comètes de la ceinture principale ».

Certains ne se satisfont pas de cette appellation et préfèrent parler d'« astéroïdes acti-

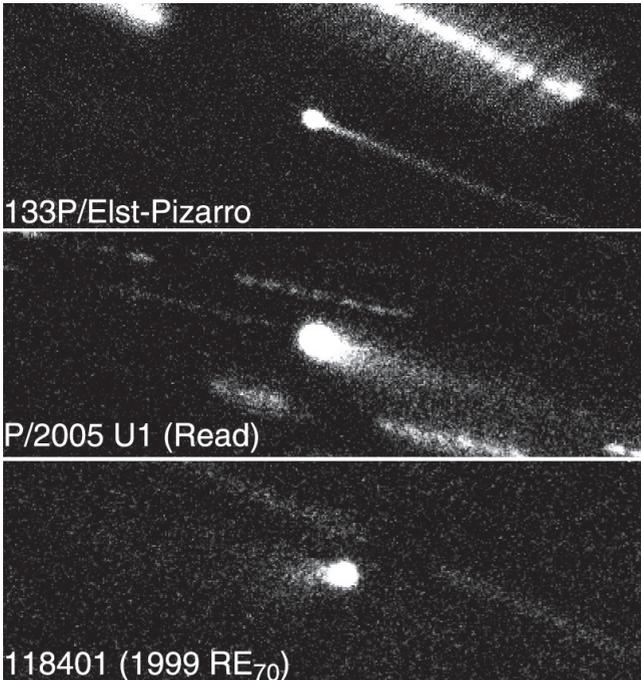
vés ». Les astéroïdes contiennent des éléments volatiles en plus ou moins grande proportion. L'impact d'un petit astéroïde pourrait excaver un cratère et déclencher une libération occasionnelle de matière, sans faire pour autant de l'astre une comète. Si ce scénario est le bon, ces pseudo-comètes n'auraient guère de chance de réitérer leur show. Mais il faudrait s'attendre à ce que, de temps à autre, un astéroïde bien sage se fasse comète et traîne une queue.

Pourtant c'est bien un même objet qui en 1996 et 2002 a manifesté une queue. Il a d'ailleurs reçu un nom officiel de comète, 133P/Elst-Pizarro. L'activation par un impact pourrait avoir mis à nu une poche de glace et de matières volatiles, en rompant une croûte inerte. Cette poche resterait potentiellement active à des degrés divers pendant des années.

La conclusion est que la distinction entre astéroïdes et comètes est de plus en plus floue.

Et si l'on considère la nature des satellites glacés des planètes extérieures, ou celle de Pluton et de ses congénères, il semble qu'il existe tout un éventail continu d'objets plutôt que deux ou trois classes bien séparées.

La glace présente dans la ceinture principale pourrait être à l'origine de l'eau terrestre. Il y a longtemps qu'on soupçonne que notre eau a été apportée par des comètes qui en des ères reculées ont bombardé la Terre. Mais la nature isotopique de l'eau des comètes ne concorde



Les trois astéroïdes-comètes de la ceinture principale.

(© H. Hsieh and D. Jewitt, Univ. Hawaii)

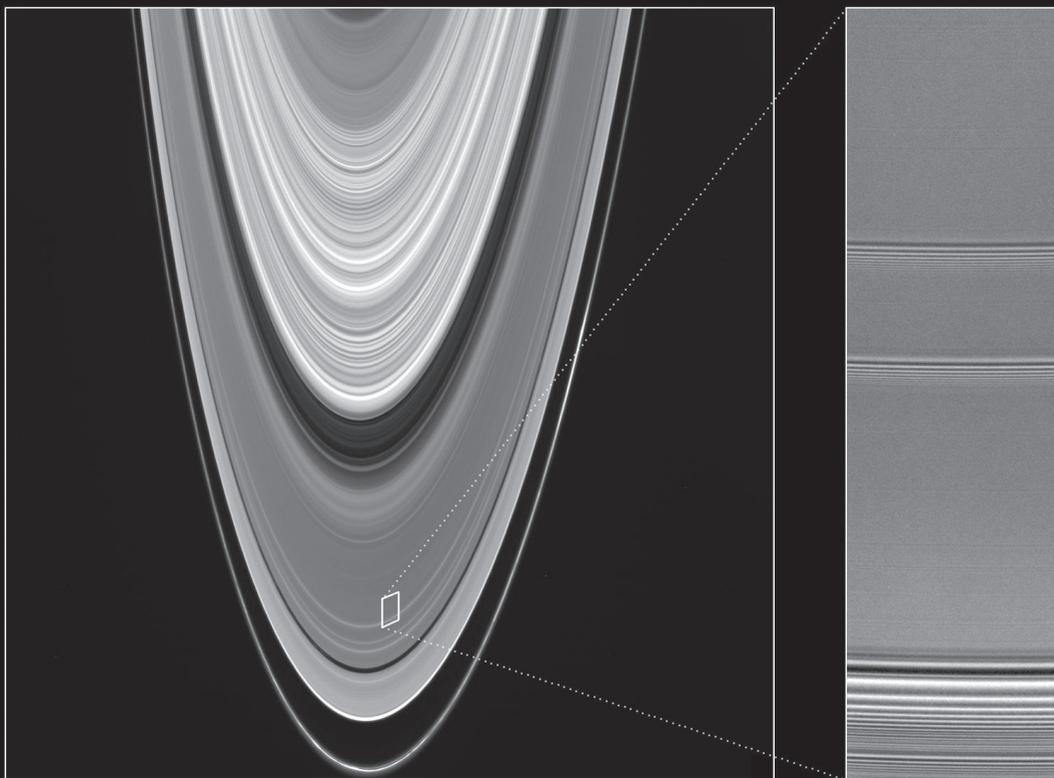
pas avec celle de nos océans ou de nos robinets. Les comètes de la ceinture principale seraient-elles la clé du mystère?

Anneaux de Saturne

La sonde de la NASA Cassini a révélé l'existence de toute une population de petits satellites d'une centaine de mètres à l'intérieur des anneaux de Saturne. Leur nombre se chiffre sans doute en millions. Ce sont probablement des débris de l'objet dont la dislocation a formé les anneaux. Ces satellites sont trop petits pour produire des structures à l'échelle du système mais ils le perturbent localement de façon caractéristique.

L'image ci-dessous montre quatre objets curieux dans l'anneau A. Ils ont la forme de doubles pales d'hélices, mesurent environ cinq kilomètres d'une pointe à l'autre et sont en quelque sorte le sillage des petites lunes.

Zooms successifs sur quatre petites lunes découvertes par la sonde Cassini. Sur le panneau de gauche on voit, de haut en bas, l'anneau B, la division de Cassini, l'anneau A, et tout en bas le fin anneau F. L'image du centre fait 1800 km de hauteur. Elle montre trois ondes de densité, la plus forte, en bas, étant due aux satellites Janus et Epiméthée. Les panneaux de droite montrent les sillages de quelques mini-lunes.
(© NASA/JPL/Space Science Institute)



Ces dernières, trop petites, sont invisibles et se trouvent sur l'axe des hélices.

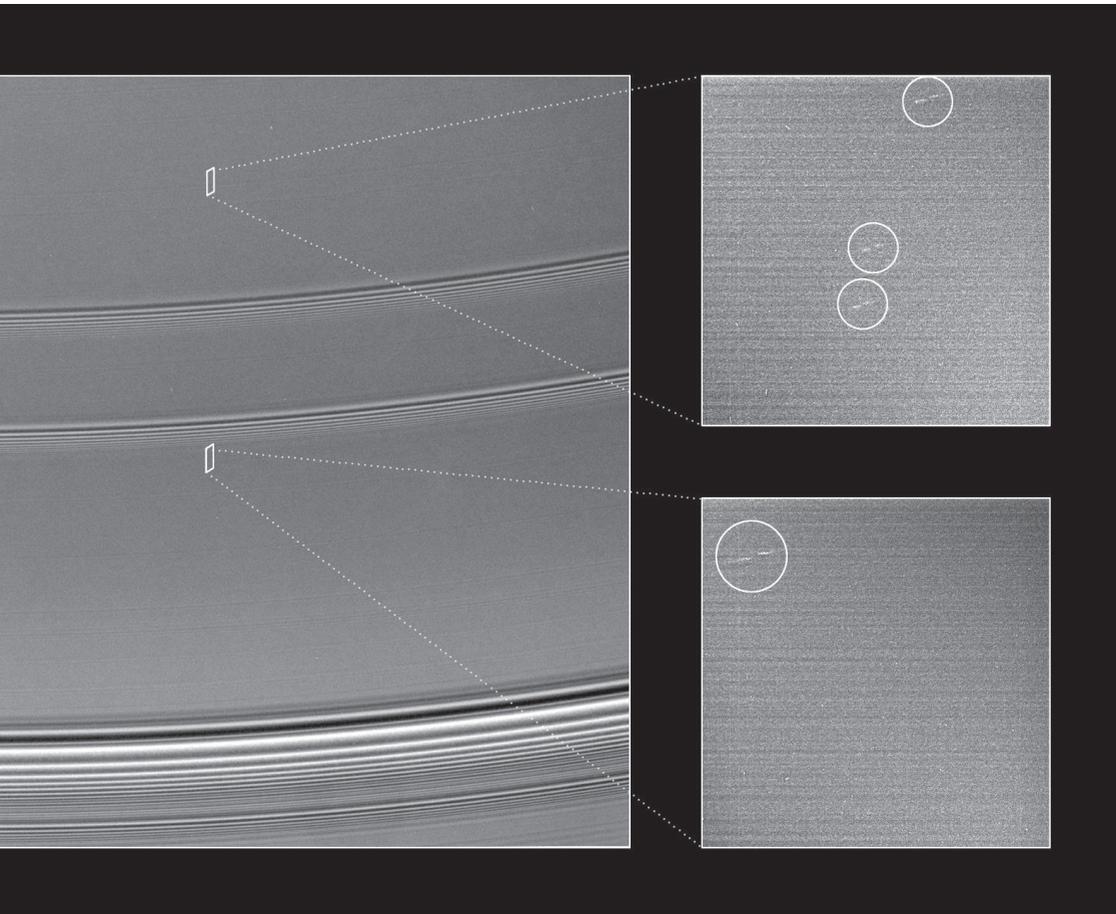
La zone de l'anneau A où l'on a découvert ces structures est particulièrement uniforme et c'est ce qui a permis de les apercevoir. Ailleurs elles seraient perdues au milieu des sillons et autres ondes parcourant les anneaux.

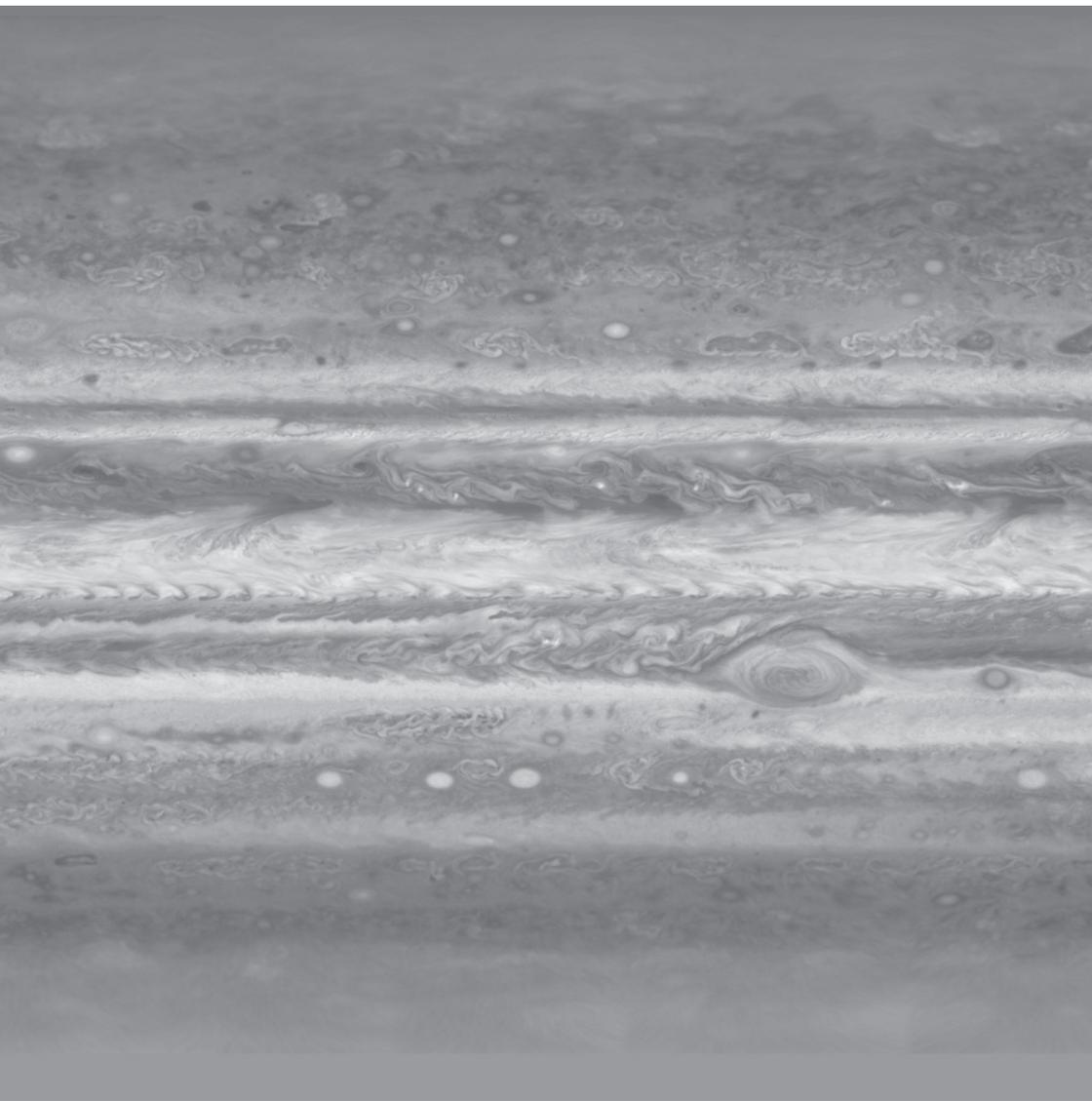
On estimait que la taille des particules qui constituent l'anneau allait du centimètre à quelques mètres. A ces cailloux il fallait ajouter deux lunes, Pan et Daphnis, de 30 et 7 kilomètres. Les petites lunes sont donc un chaînon manquant. Elles opèrent la jonction entre les deux populations et montrent qu'il existe dans les anneaux un spectre complet de tailles, une

continuité depuis les poussières jusqu'aux lunes comme Pan.

Jupiter par Cassini

Cassini tourne autour de Saturne et scrute cette planète depuis juillet 2004 mais lors de son voyage elle s'est approchée deux fois de Vénus (à environ 300 et 600 kilomètres de la surface), une fois de la Terre et finalement de Jupiter pour gagner de l'énergie à leurs dépens. Ces visites ont été mises à profit pour tester l'équipement et de beaux résultats ont été obtenus. Ainsi, lors du survol de la Terre à 1200 km d'altitude, en août 1999, Cassini a pris de multiples images de notre planète et de la Lune,

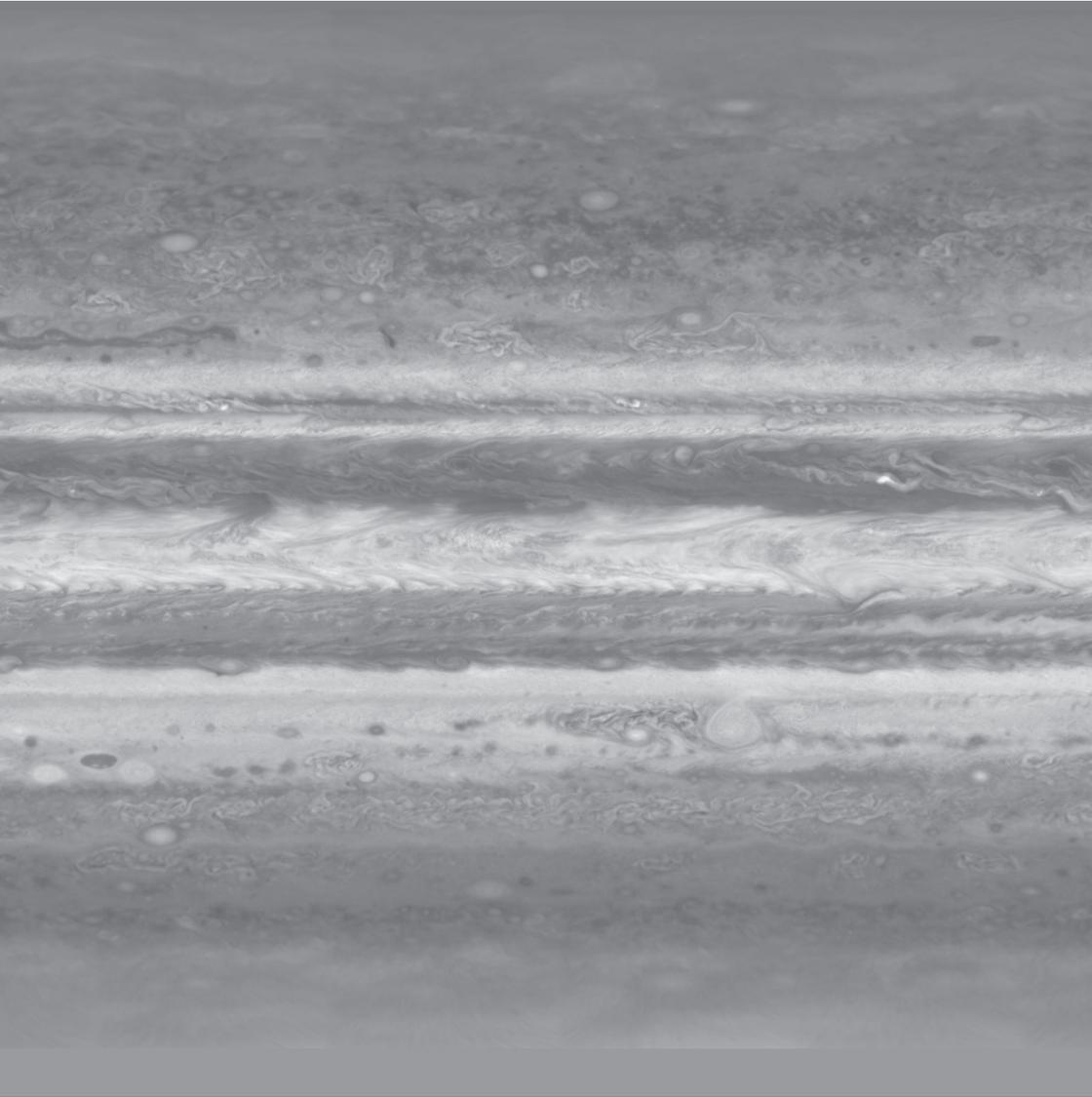




et a mesuré son champ magnétique. Plus d'un an plus tard, après un voyage étonnamment court, Cassini a traversé la zone d'influence de Jupiter. D'assez loin, il faut le reconnaître puisque la distance est à peine descendue sous les dix millions de kilomètres. Les ingénieurs ont profité de cette vue panoramique pour prendre

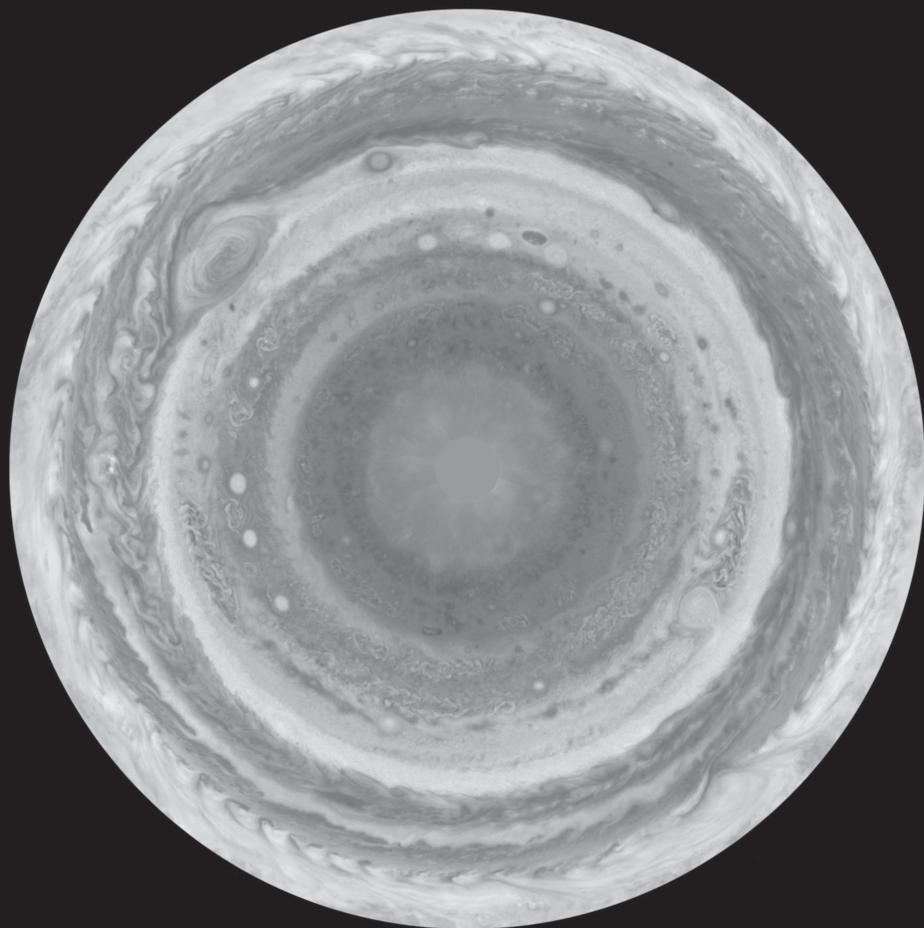
de nombreuses images du géant du système solaire. La NASA a rassemblé 36 de ces images et vient d'en publier des mosaïques qui constituent les vues les plus détaillées de la planète géante dans son ensemble.

Les images ci-jointes montrent une projection cylindrique de Jupiter, ainsi que les

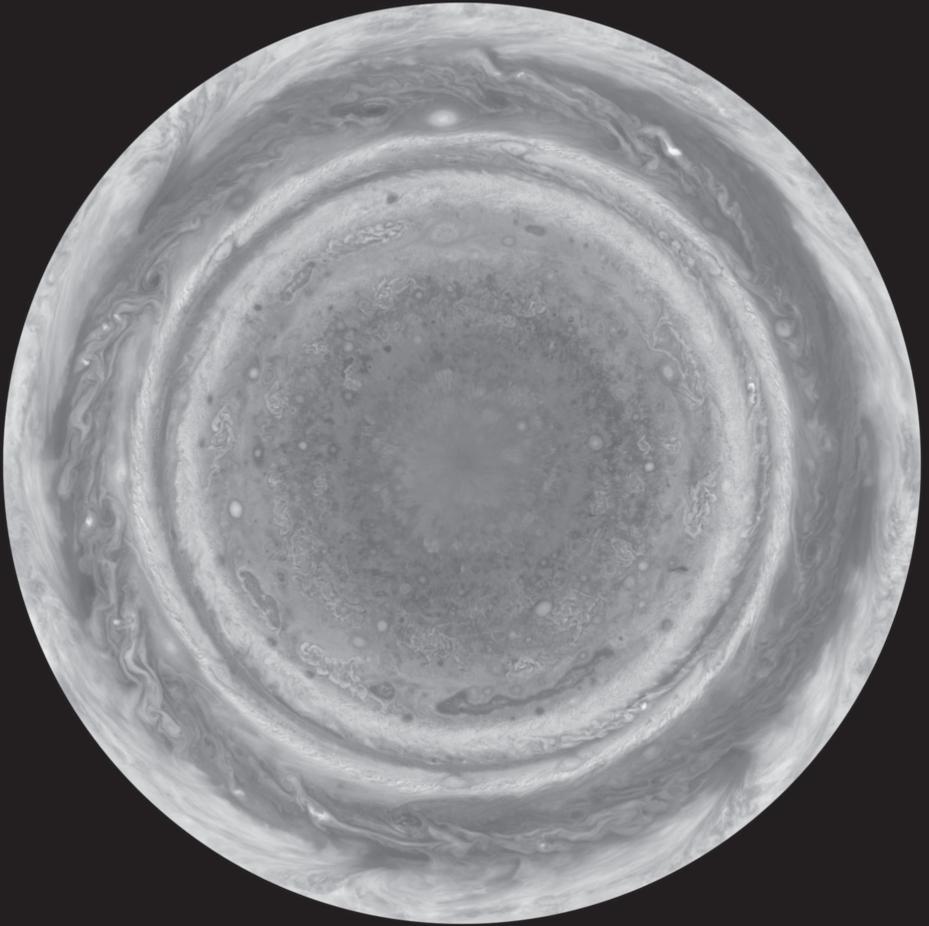


calottes polaires, ou plutôt les deux hémisphères dans leur entièreté, en projection polaire. On remarquera sur la projection équatoriale comme sur la polaire australe, la tache rouge qui évolue dans ce que les observateurs spécialistes de la planète appellent la Zone Tropicale Sud.

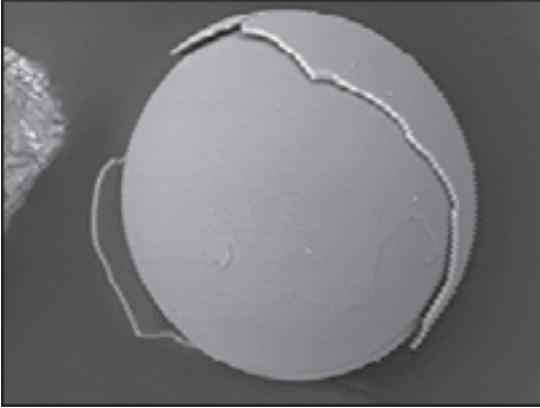
Dans cette projection cylindrique, les distances en latitudes sont respectées. Les pôles ne sont donc pas rejetés à l'infini comme dans la projection de Mercator.
(© NASA/JPL/Space Science Institute)



Outre la tache rouge, on peut observer de multiples bandes, des ondulations, des ovales, autant de phénomènes météorologiques joviens plus ou moins transitoires, soumis aux vents et à la turbulence de l'atmosphère. Les plus petits détails visibles mesurent 120 kilomètres.



Dans ces deux projections polaires, les distances en latitude sont également respectées. L'équateur n'est pas rejeté à l'infini et borde les deux images.
(© NASA/JPL/Space Science Institute)



Une tektite microscopique de la mer de Ross

Cratère Bowers en Antarctique

L'analyse de tektites dans la région du cratère de Bowers, dans la mer de Ross, semble indiquer l'impact d'un corps de 5 km il y a 3 millions d'années. Des forages opérés auprès de cette dépression d'une centaine de kilomètres ont révélé la présence de minuscules gouttelettes vitrifiées que l'on pense formées par la retombée dans l'atmosphère de fragments éjectés lors d'un impact très violent. Des phénomènes volcaniques produisent aussi ce genre de particules, comme l'obsidienne, mais la structure paraît différente à l'examen microscopique. Les scientifiques sont maintenant à la recherche de minéraux de quartz spécifiques aux impacts météoriques pour prouver définitivement leur hypothèse.

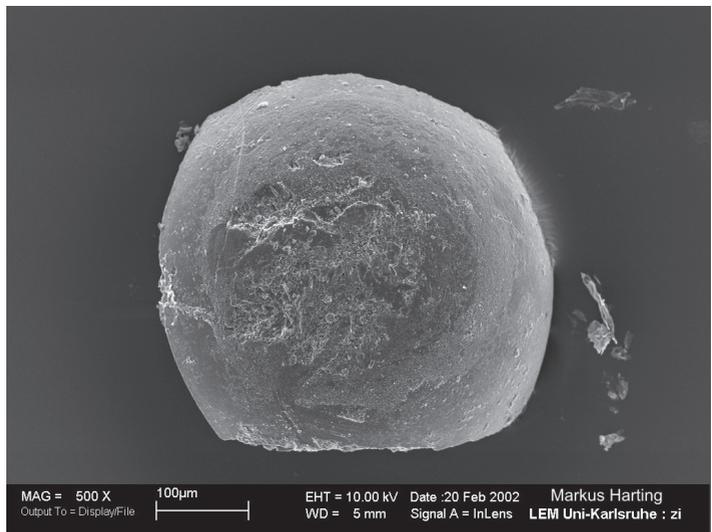
Un tel impact dans la mer de Ross aurait dû provoquer un énorme raz-de-marée, particulière-

ment sur les côtes de l'Amérique du Sud. L'histoire géologique tourmentée de ce continent laisse cependant peu d'espoir d'en voir jamais les traces.

Division K-T

Le cratère d'impact de Chicxulub au Yucatan aurait précédé de 300 000 ans l'extinction des dinosaures (à la limite dite K-T, entre crétacé et tertiaire) et aurait été plutôt contemporain de celle des ammonites. C'est ce qui ressort d'une étude des matériaux éjectés à grande distance du cratère. Des sphérules vitrifiées ont été découvertes dans plusieurs couches de sédiments au Mexique, au Texas, au Bélizé et à Haïti, et semblent bien provenir de Chicxulub selon les résultats de leur analyse par des techniques de microscopie électronique. L'érosion des terrains, en mélangeant les couches de sédiments, aurait trompé les experts qui avaient relié l'extinction K-T à Chicxulub. La nouvelle étude montre qu'on peut remonter à une couche originale unique de sédiments correspondant bien à un seul impact, mais nettement antérieure.

Sphérule microscopique vitrifiée provenant de l'impact de Chicxulub.



Durant les trois mille siècles séparant les deux événements les sédiments ne montrent aucun signe particulier permettant de croire à un autre impact majeur.

Si l'extinction K-T n'est pas liée à la chute d'un gros astéroïde, on peut penser à une série d'impacts mineurs n'ayant pas laissé de traces, sauf la fameuse couche d'iridium. Ce serait donc une coïncidence qui a placé Chicxulub si près de la fin du Crétacé. Il aurait été suivi d'une série d'événements, probablement liés à la traversée d'un nuage interstellaire et qui ont conduit à l'extinction K-T.

La vie dans le système solaire

La vieille idée selon laquelle la vie a pu essaimer naturellement d'une planète à l'autre a reçu un coup de neuf grâce à la simulation numérique des trajectoires des débris éjectés lors d'impacts météoritiques violents.

L'hypothèse de la panspermie suggérerait que la vie terrestre a pu être introduite sur Terre naturellement par des bactéries transportées par des météorites ou des comètes. On sait que des débris éjectés lors de violents impacts sur Mars ont fini par atterrir sur Terre. Pour peu que des organismes vivants aient été présents dans ces débris, aient pu survivre des millions d'années dans l'espace interplanétaire et aient résisté à un départ et une arrivée pour le moins violents, l'hypothèse n'est pas impossible.

On sait l'incroyable résistance de certains microorganismes qui survivent à des conditions extrêmes durant un temps quasi illimité. De plus, des expériences balistiques ont prouvé leur résistance à des impacts très violents.

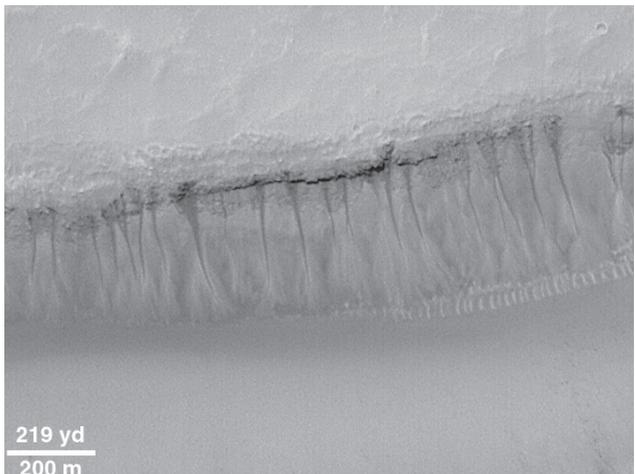
La nouvelle théorie propose la possibilité du processus inverse de la panspermie traditionnelle. Des impacts terrestres auraient pu expédier des échantillons de notre planète, et avec eux des organismes, sur d'autres astres du système solaire, planètes et lunes.

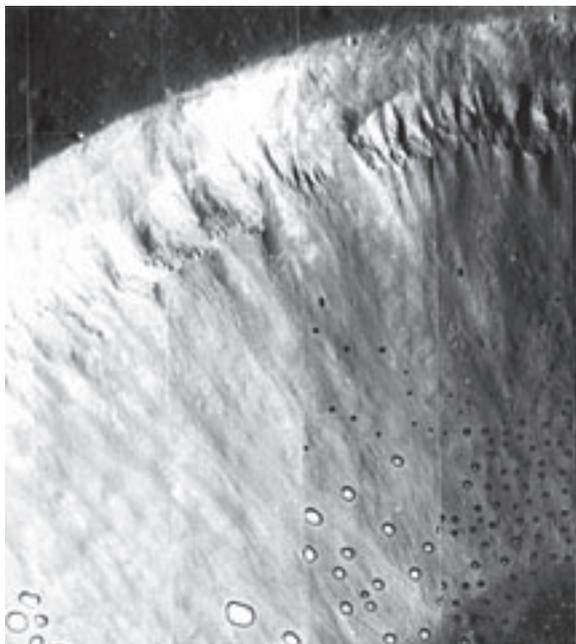
La contamination entre planètes n'est donc pas un problème nouveau exclusivement lié aux sondes qui lors des dernières décennies ont terminé leur carrière sur (ou dans) des mondes lointains. Cela pourrait bien être une longue histoire ayant commencé aux premiers temps du système solaire. La découverte de la vie sur Mars ou ailleurs dans notre banlieue proche ne répondrait donc pas nécessairement à la vieille question de l'humanité, la vie a-t-elle pu naître spontanément sur différents mondes ? La solution serait à chercher dans d'autres systèmes stellaires et ça, c'est une autre paire de manches !

Mars : et l'eau ?

La découverte, il y a quelques années, par le Mars Global Surveyor de structures martiennes jeunes, rappelant des rigoles, avait fait l'effet d'une bombe. Pour expliquer leur formation, on a évidemment fait appel à un écoulement d'eau ou, moins probable pour des raisons de stabilité, de dioxyde de carbone. Il existe cependant des ravines très semblables sur la Lune, un objet peu suspect d'avoir connu de tels flots. Des observations du cratère Dawes faites en 1969 avant le premier alunissage montrent une ressemblance frappante avec Mars.

Image de rigoles martiennes obtenue en mai 2000 par le Mars Global Surveyor (MGS).





Traces d'écoulements sur les bords du cratère Davae, un cirque de 18 kilomètres de diamètre
(© NASA)

lement découvert de la glace sous une plaine australe baptisée Dorsa Argentea que l'on croyait d'origine volcanique,

Succès pour Venus Express

Basé sur des communiqués ESA

Un mois après l'arrivée à destination du Mars Reconnaissance Orbiter de la NASA, c'est au tour de l'ESA d'annoncer le succès de Venus Express. Au terme d'un voyage de 153 jours et 400 millions de km à l'intérieur de notre système solaire, la sonde qui avait été lancée le 9 novembre 2005, s'est insérée en orbite autour de Vénus. L'allumage du moteur principal pendant une durée de 50 minutes a permis de réduire de 29 000 à environ

25 000 km/h la vitesse relative de la sonde par rapport à Vénus, permettant ainsi sa capture par le champ de gravité de la planète.

Les dimensions correspondent aussi. Certains proposent que ces rigoles sont la conséquence de petites avalanches déclenchées par la chute de météorites. Mais ce n'est pas pour cela qu'il faut totalement abandonner l'hypothèse de l'eau. Il existe aussi sur Terre des rigoles qui ressemblent étonnamment aux coulées martiennes, et qui ont été creusées par l'eau.

D'autre part, Mars Express a profité d'une orbite plus favorable pour sonder en profondeur les pôles de la planète rouge grâce à son radar MARSIS. La sonde européenne a trouvé au pôle sud de grandes quantités de glace enfouies jusqu'à plus de trois kilomètres. La transparence de la couche semble indiquer une grande pureté. Mars Express a éga-

Vue d'artiste de la sonde Venus Express durant l'allumage du moteur qui a permis l'insertion en orbite.

(© ESA - AOES Medialab)



***Le pôle sud de Vénus
photographié en ultraviolet
par la caméra VMC de Venus
Express le 12 avril 2006.
(© ESA/MPS, Katlenburg-
Lindau)***

La sonde devait ensuite effectuer durant un mois une nouvelle série de manœuvres pour passer d'une orbite fortement allongée parcourue en 9 jours, à l'orbite polaire choisie pour sa mission scientifique, une orbite qu'elle décrira en 24 heures, en s'éloignant au maximum à 66 000 km de Vénus. Une fois installée à ce poste d'observation, elle conduira une étude détaillée de la structure, de la chimie et de la dynamique de l'atmosphère de Vénus. La durée de la mission sera d'au moins deux jours vénusiens, soit l'équivalent de 486 jours terrestres.

Grâce aux précédentes missions à destination de Vénus et aux observations effectuées directement depuis la Terre, nous savons déjà que notre plus proche voisine est enveloppée d'une atmosphère dense où règnent des températures extrêmes et des pressions très élevées. Ces conditions induisent un effet de serre très puissant, auquel s'ajoute un phénomène de « super rotation » encore inexplicé, l'atmosphère de Vénus effectuant un tour complet de la planète en seulement quatre jours.

L'objectif de la mission Venus Express consistera à étudier en détail les caractéristiques de cette atmosphère à l'aide de capteurs perfectionnés afin de tenter de résoudre les questions que les précédentes missions ont laissées en suspens. Ce sera également le premier orbiteur de Vénus à effectuer des observations de la surface de la planète à travers les « fenêtres de visibilité » découvertes dans les bandes infrarouges.

L'étude de Vénus et de son système atmosphérique complexe aidera les scientifiques à mieux appréhender les mécanismes qui gouvernent l'évolution des grandes atmosphères



planétaires et le changement climatique. À terme, cela permettra de réaliser des modèles plus précis des processus à l'œuvre dans notre propre atmosphère.

La sonde de l'ESA a transmis ses premières images de notre planète sœur. On peut y voir un tourbillon nuageux cernant le pôle sud, preuve de l'intense activité météorologique de Vénus. Une structure semblable avait été soupçonnée au pôle nord. De bien meilleurs résultats sont attendus lorsque l'orbite définitive, plus basse, sera atteinte

Avec ce nouveau succès, l'ESA ajoute un autre corps céleste à son palmarès en matière d'exploration du système solaire. Elle a déjà à son actif les sondes Mars Express et SMART-1 actuellement en orbite autour de Mars et de la Lune, et elle collabore avec la NASA à la mission Cassini qui évolue autour de Saturne. En outre, elle a envoyé vers la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko la sonde Rosetta, qui devrait atteindre sa cible en 2014 et devenir ainsi le premier véhicule spatial à se

placer en orbite autour d'un noyau cométaire actif. L'ESA prévoit également de compléter son tour d'horizon de nos voisins célestes avec la mission Bepi-Colombo qui sera lancée vers Mercure en 2013.

Avec l'arrivée à destination de Venus Express, l'ESA est la seule agence spatiale à conduire simultanément des opérations scientifiques autour de quatre planètes : Vénus, la Lune, Mars et Saturne.

Venus Express reprend en partie l'architecture de son brillant prédécesseur Mars Express et emporte un ensemble de sept instruments, dont des versions améliorées de trois instruments embarqués sur Mars Express et de deux instruments de la sonde Rosetta.

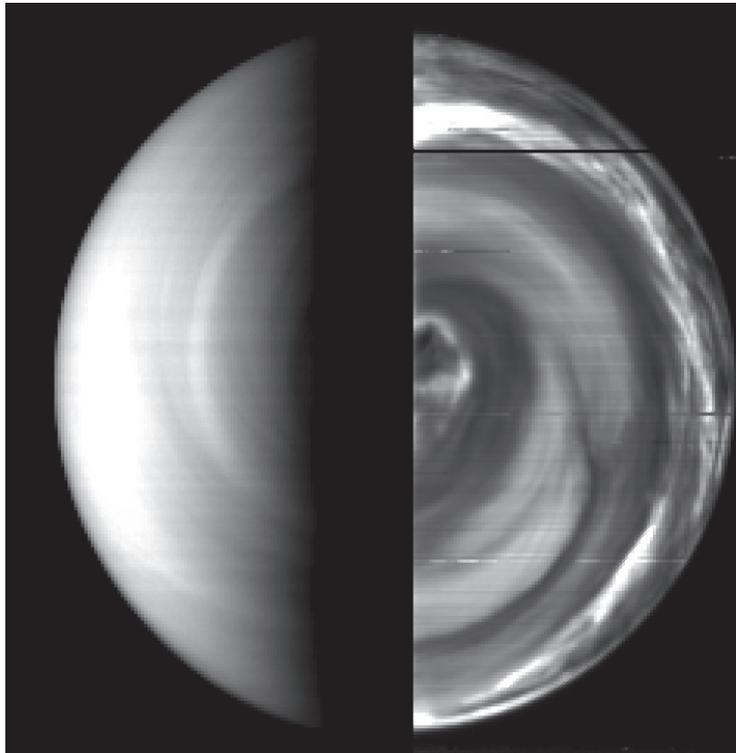
Le spectromètre PFS à très haute résolution tracera les profils de température et mesurera la composition de l'atmosphère de Vénus. Il pourra également mesurer la température de surface de la planète et rechercher les indices d'une éventuelle activité volcanique. Le spectromètre infrarouge et ultraviolet SPICAV/SOIR et l'expérience de radioscience VeRa sonderont l'atmosphère en observant des occultations d'étoiles éloignées ou en mesurant l'affaiblissement de signaux radio au limbe de la planète. Plus particu-

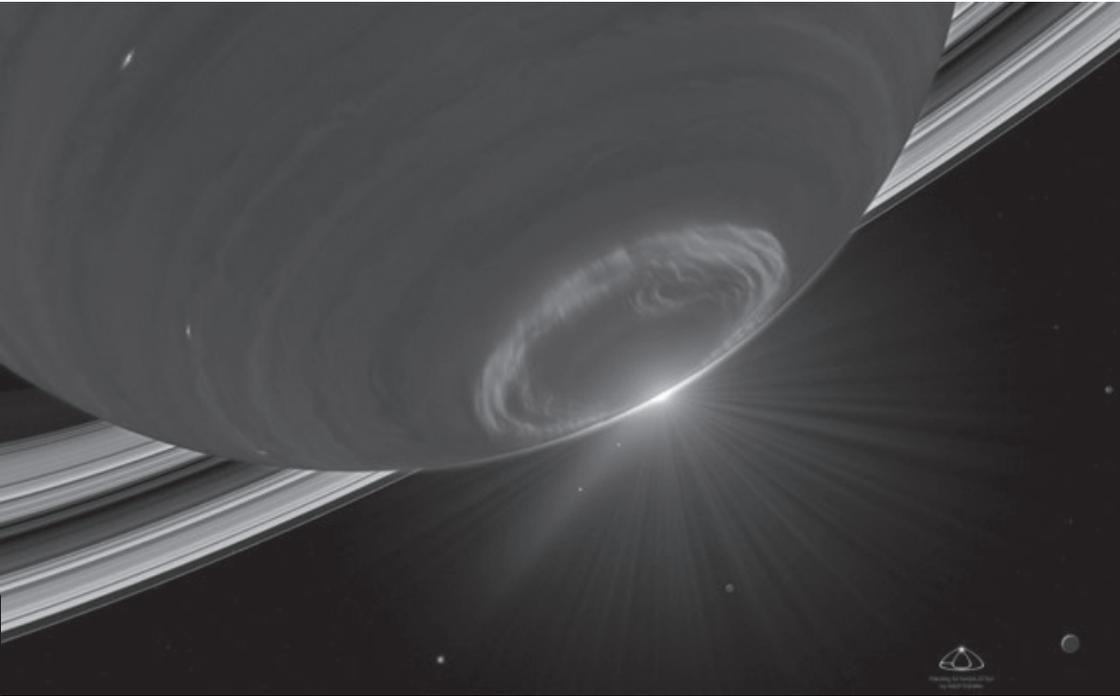
lièrement, l'instrument SPICAV/SOIR recherchera des molécules d'eau ainsi que la trace d'oxygène moléculaire et de composés sulfurés qui sont supposés exister dans l'atmosphère de Vénus. Le spectromètre VIRTIS dressera pour sa part la carte des différentes couches de l'atmosphère et observera les nuages dans plusieurs longueurs d'onde pour caractériser la dynamique atmosphérique.

Associé à un magnétomètre, l'instrument ASPERA étudiera l'interaction entre le vent solaire ainsi que le plasma qu'il génère et la haute atmosphère de Vénus, en l'absence de protection par une magnétosphère semblable à celle qui entoure la Terre.

Enfin, la caméra multicanaux à grand angle VMC effectuera des prises de vues dans quatre longueurs d'onde, et en particulier dans l'une des fenêtres infrarouges, ce qui permettra de cartographier la surface à travers la couche nuageuse. Cette caméra pourra également

Vue composite du pôle sud de Vénus montrant à gauche le côté jour, (dans des longueurs d'onde du visible) et à droite le côté nuit (en infrarouge). Le côté jour montre la lumière réfléchie par les hautes couches (65 km) de l'atmosphère alors que l'infrarouge détaille la structure spirale de l'atmosphère à une altitude de 55 km., (© ESA/INAF-IASF, Rome, et Observatoire de Paris)





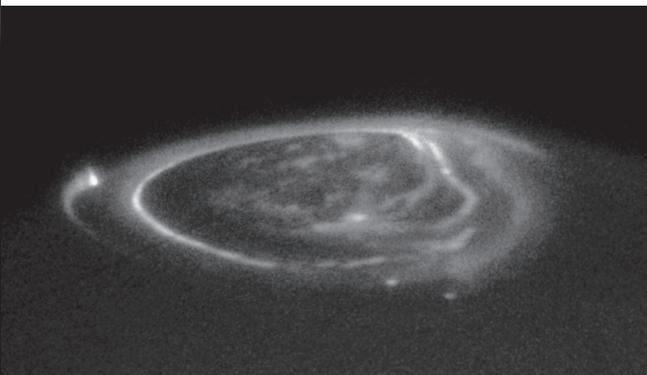
prendre des photographies à l'échelle globale et contribuera à identifier des phénomènes observés par les autres instruments.

Aurores

On sait que l'activité volcanique du satellite Io est responsable d'aurores sur Jupiter. Le gaz expulsé par Io, principalement du sou-

***Vue d'artiste des aurores de Saturne
(© John Clarke, Denis Grodent, ESA,
and NASA)***

fre et du dioxyde de soufre s'éparpille en un tore autour de la planète et s'ionise dans la magnétosphère. L'interaction avec le champ magnétique peut précipiter des ions dans l'atmosphère de Jupiter. La rencontre avec des molécules d'hydrogène conduit aux émissions lumineuses des aurores.

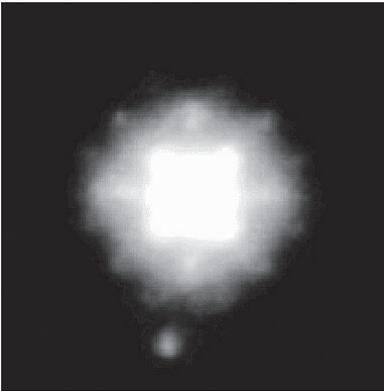


***Le Télescope Spatial HUBBLE
a observé l'émission aurorale
de Jupiter lors du passage de la
Sonde Cassini au voisinage de la
planète en janvier 2001. Plusieurs
dizaines d'images des deux régions
polaires ont été obtenues. Lorsque
la géométrie d'observation est
favorable, elles montrent, comme ici,
les empreintes magnétiques des trois
satellites Io, Europe et Ganymède
(© Denis Grodent, Université de
Liège, ESA and NASA)***

Une étude des observations réalisées avec le télescope spatial Hubble et la sonde Cassini montre cependant que Io n'est pas la seule cause des aurores. On a pu constater en effet une forte corrélation entre l'intensité du vent solaire et le comportement des aurores joviennes. Il semble en être de même sur Saturne dont le champ magnétique accumule l'énergie du vent solaire, puis la libère violemment. Le vent solaire est donc un acteur plus important que prévu dans les manifestations aurorales sur Jupiter et Saturne

Naine brune froide

Les naines brunes ne sont pas très chaudes et, avec une température de 750 C, la petite compagne de SCR 1845-6357 est la plus froide



*Photo du système SCR 1845-6357
(© ESO NACO-SDI/VLT)*

que l'on connaisse. Proche de nous (à 12,7 années lumière, c'est la troisième plus proche naine brune connue), SCR 1845-6357B orbite à 4,5 unités astronomiques de SCR 1845-6357A, elle-même une toute petite étoile rouge. Cette étoile ratée, si proche de nous, devrait livrer beaucoup de ses secrets, comme sa masse que l'on pourra déduire dès que quelques mois d'observations auront permis de préciser son orbite.

On connaît ainsi sept naines brunes froids

des à moins de vingt années lumière du Soleil. Parmi celles-ci, seules deux sont isolées. Il semble donc bien que les naines brunes froides n'ont guère tendance à la solitude, alors que les théories actuelles favorisent cet état.

Cette découverte a été faite avec le VLT de l'ESO.

La supernova du Grand Nuage de Magellan

Basé sur un communiqué de l'Observatoire de Paris

Près de 20 ans après son explosion dans le Grand Nuage de Magellan, la supernova SN1987A refait parler d'elle. Une équipe internationale d'astronomes, conduite par Patrice Bouchet de l'Observatoire de Paris vient de détecter un anneau de poussière dans l'infrarouge avec le télescope de 8 m Gemini au Chili. Des spectres de la poussière analysés par le satellite Spitzer montrent qu'il s'agit bien de l'émission thermique de grains de silicates, qui se sont condensés à partir du vent stellaire de la géante rouge, précurseur de la supernova.

En utilisant des télescopes qui fonctionnent dans l'infrarouge, Bouchet et ses collègues ont mis en évidence la présence de poussières de silicates produites par l'étoile avant qu'elle n'explose. Ces poussières ont survécu à l'explosion, furent balayées et repoussées par les ondes de choc, jusqu'à rejoindre, près de 20 ans plus tard, un anneau de gaz qui entoure les braises de l'étoile défunte, ce qui les rend visibles à travers des détecteurs dans l'infrarouge

L'image en couverture 1 montre l'anneau de poussières (le nuage flou) vu avec le télescope GEMINI de 8 m de diamètre en opération au Chili, superposé à l'image obtenue dans le visible avec le télescope spatial Hubble (le collier de perles).

Les poussières – ces particules et cristaux chimiques plus fins que ne l'est le sable de nos plages – sont sources à la fois de frustration et de fascination chez les astronomes. Elles peuvent complètement masquer les étoiles distantes. D'un autre côté, c'est à partir de ces poussières que sont fabriqués tous les corps solides. C'est pourquoi les poussières constituent un des domaines de recherche les plus importants de l'astronomie et de l'astrobiologie.

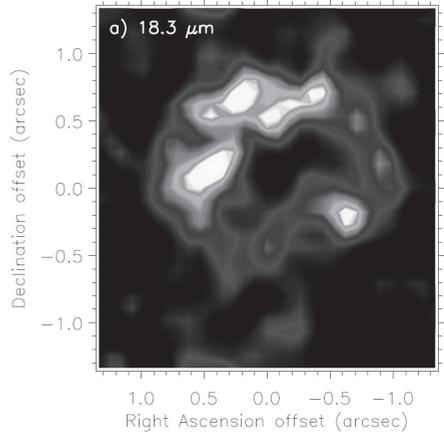
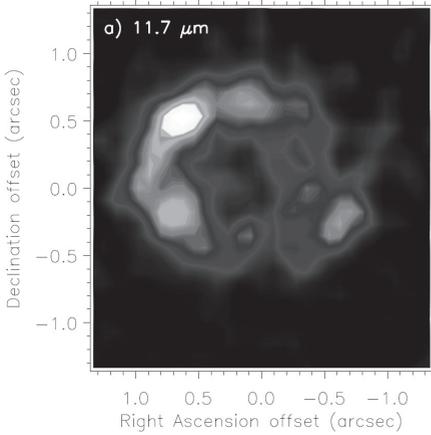
On trouve des poussières partout dans l'univers, et pourtant les astronomes savent peu de choses sur leur origine. De toute évidence, elles sont fabriquées dans les étoiles, puis injectées violemment dans l'espace par les supernovae. Mais le hic est dans les détails. Quelle est la quantité de poussières produite dans une étoile? Quelle est la quantité qui est vaporisée par l'explosion de l'étoile, et quelle est la quantité de celles qui survivent? Et comment de menus nuages de poussières arrivent-ils à former des planètes et en fin de compte la vie?

C'est le genre de questions auxquelles les scientifiques veulent répondre. Avec la supernova SN 1987A, ils disposent d'un laboratoire parfait pour observer le déroulement du processus.

« Ceci est une nouvelle fenêtre pour les astronomes », dit Bouchet, qui conduit les observations de SN 1987A dans l'infrarouge avec le télescope de 8-m de Gemini Sud au Chili et l'observatoire spatial Spitzer de la NASA. Lui et son équipe sont spectateurs de processus jamais observés auparavant. C'est la première fois que les scientifiques mettent directement en évidence le fait que des poussières produites dans une étoile massive peuvent survivre à son explosion comme supernova; la première fois qu'ils détectent des poussières froides amalgamées à du gaz dont la température est de plusieurs millions de degrés, si chaud qu'il émet

La supernova SN1987 10 jours après son explosion (à gauche) et avant son explosion. (© Anglo-Australian Observatory, David Malin)





Images infrarouges de l’anneau de poussières obtenues avec Gemini.
 (© P. Bouchet et al. 2006)

des rayons X, et la première fois qu’ils sont témoins du mécanisme qui produit le morcellement des poussières en particules plus fines (procédé connu sous le nom de « postillonage » par les scientifiques).

En toute honnêteté ils ne savent pas ce à quoi s’attendre, et ils sont déjà tombés sur quelques surprises.

Les détecteurs infrarouges sont cruciaux pour ce genre d’observations. Le rayonnement dans l’infrarouge est moins énergétique que le rayonnement de la lumière visible. Les détecteurs infrarouges sont similaires aux lunettes qui permettent de voir la nuit. Les poussières sont à une température inférieure à une centaine de degrés au-dessous de zéro, et donc trop froides pour émettre un rayonnement visible. Grâce aux images obtenues dans l’infrarouge, on a pu déterminer que les poussières résident dans l’anneau équatorial de gaz qui entoure la supernova SN 1987A. Par conséquent, il leur a fallu plusieurs années pour parcourir, depuis le moment de l’explosion, une distance d’un peu moins d’une année lumière à travers le milieu interstellaire. « Ceci était tout à fait attendu » nous dit Bouchet. « il était prévu que la collision entre la matière éjectée par SN 1987A et l’anneau équatorial surviendrait entre 1995 et 2007, et elle a lieu en ce moment. »

Les poussières de silicates qui ont été détectées ne peuvent avoir été formées au moment de l’explosion, à cause des très hautes énergies que celle-ci a libérées, et ne peuvent donc provenir que de l’étoile progénitrice.

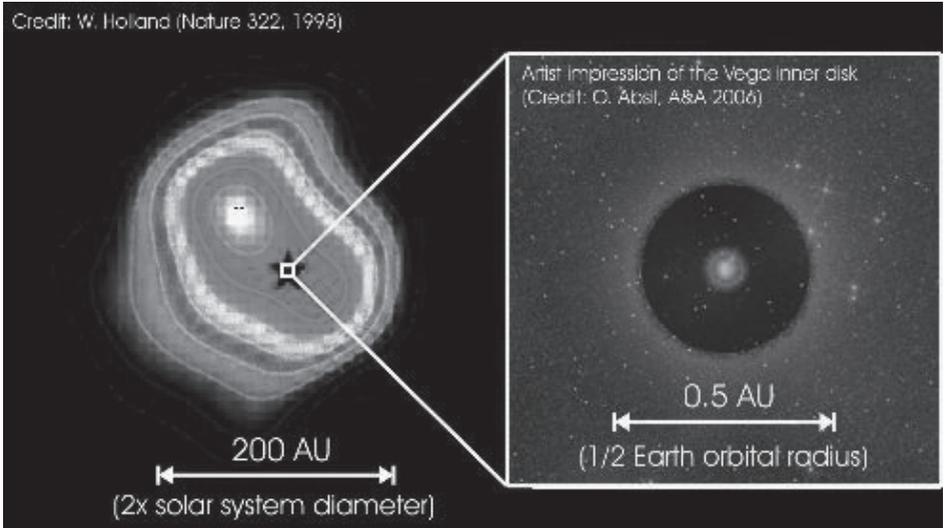
La découverte essentielle, cependant, réside dans le fait que cette équipe a détecté beaucoup moins de poussières que prévu. Ceci pourrait indiquer que l’onde de choc produite par l’explosion d’une supernova peut détruire davantage de poussières que ce que les scientifiques croyaient possible. Si ceci était confirmé, cela pourrait avoir de grandes répercussions sur nos estimations des concentrations de poussières dans l’Univers.

La recherche se poursuit. Nous assistons au spectacle de l’interaction entre l’onde de choc de la supernova et son milieu environnant, et cet environnement se transforme très rapidement dans toutes les longueurs d’onde. C’est pourquoi, maintenant que la supernova SN 1987A jouit, une fois encore, d’un nouveau regain d’intérêt, les scientifiques préparent une nouvelle série d’observations. Qui sait ce qui peut nous être révélé une fois que les poussières se seront décantées ?

Véga : l’étoile à comètes ?

Basé sur un communiqué de l’Observatoire de Paris

Autour de Véga circulent des débris chauds, résidus de l’évaporation de comètes et de collisions entre astéroïdes. Leur étude révèle la nature du disque qui entoure l’étoile, dont



seule la partie la plus lointaine était connue jusqu'à présent. On a maintenant détecté la présence d'un faible flux infrarouge dans l'environnement proche de Véga. Cette lumière est 78 fois moins importante que celle de l'étoile (aux longueurs d'onde d'observation, comprises entre 2 et 2.5 micromètres). L'interprétation la plus vraisemblable est que Véga est entourée de particules chauffées par l'étoile à des températures avoisinant les 1300°C.

Le fait que Véga soit entourée d'un disque de poussières est connu depuis que le satellite IRAS a découvert qu'elle émettait bien plus de lumière qu'elle ne devrait dans l'infrarouge lointain. Il s'avère que ce rayonnement est dû à l'existence d'un anneau de particules produites par les collisions multiples entre des corps plus importants (comme ceux de la ceinture de Kuiper dans le système solaire).

Ce phénomène se retrouve aussi sur plusieurs autres étoiles semblables, bien connues des astronomes, comme β Pictoris ou ϵ Sillon Eridani. Pour ces étoiles, comme pour Véga, il a même été possible de faire une image de l'anneau. Celui-ci se trouve loin de l'étoile (dans le cas de Véga par exemple, trois fois plus loin que la distance qui sépare le Soleil de Pluton), et les particules qui le constituent sont donc très froides (-190°C).

**Zoom sur la partie interne du disque de débris de Véga (image reconstituée à partir des observations de CHARA/FLUOR).
(© Olivier Absil, Université de Liège)**

Mais jusqu'à présent, rien n'était connu de la zone intérieure de ces anneaux, c'est-à-dire à des distances comparables à la distance Terre-Soleil. Cette zone contient-elle aussi des poussières? C'est le cas de notre système solaire, où les poussières interplanétaires réparties dans le nuage zodiacal peuvent être observées à l'œil nu, juste après le coucher du soleil et lorsque le ciel est très pur, comme une lueur diffuse le long de l'écliptique, la lumière zodiacale. Mais rien n'avait pu jusqu'à présent être détecté pour les autres étoiles, car la résolution angulaire nécessaire dépasse les capacités d'un télescope unique, qui par ailleurs est ébloui par l'éclat de l'astre central.

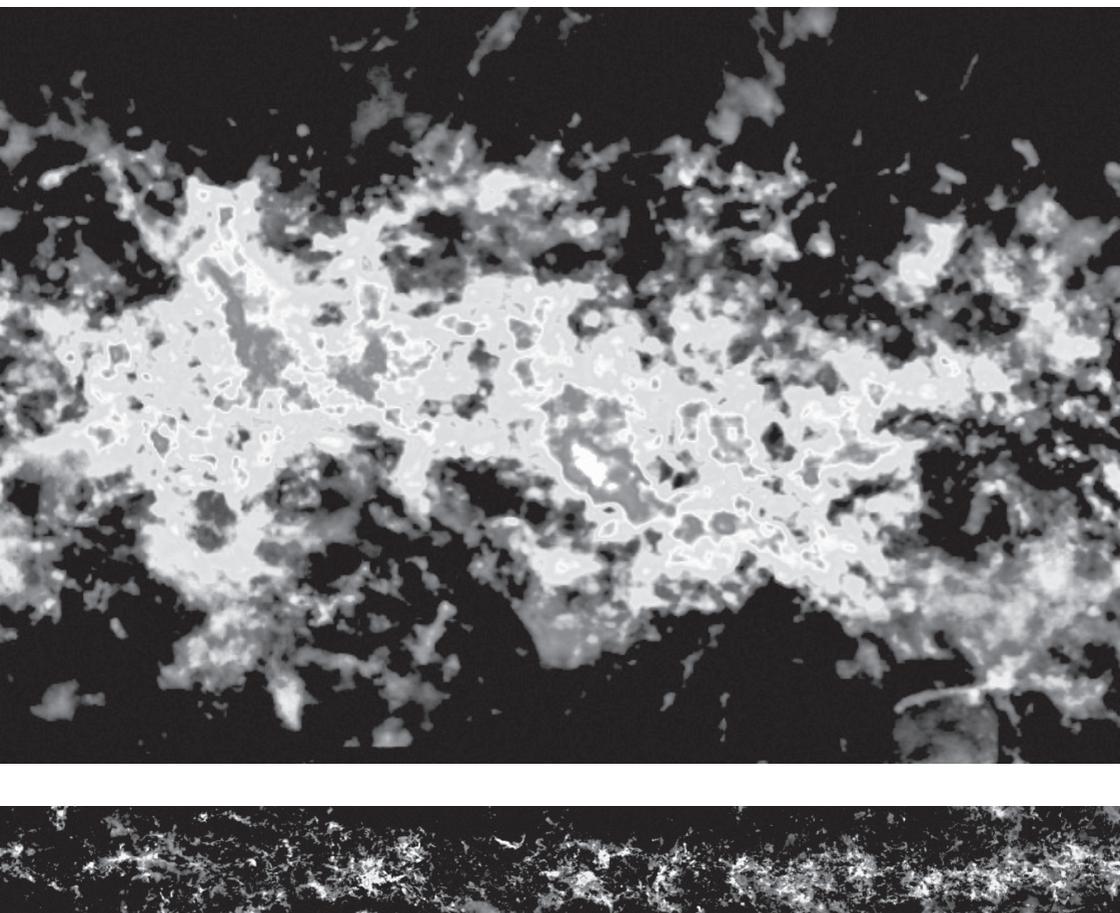
Les résultats ainsi obtenus ont été comparés avec des résultats spectrométriques antérieurs. Il semble que les particules autour de Véga ont une composition chimique sensiblement différente de celles du système solaire, avec une prédominance de matériaux réfractaires (comme le graphite), alors que notre nuage zodiacal contient surtout des silicates. Elles seraient aussi en moyenne plus petites, avec des grains dont la taille dépasse rarement le

micromètre (bien plus petite que la poussière domestique; on peut les comparer en cela aux particules qui constituent la fumée de cigarette). Or des grains aussi petits sont normalement chassés par la pression créée par l'intense rayonnement de Véga et ne peuvent subsister plus de quelques années à proximité de l'étoile : leur présence prouve donc qu'ils sont produits en permanence, probablement dans une phase d'intense bombardement météoritique et cométaire comme celle qu'à connue la Terre aux origines du système solaire. Le taux de production des poussières correspondrait au passage quotidien de 13 grosses comètes dans l'environnement de Véga.

Carte de la Voie Lactée

L'observation de l'isotope ^{13}CO du monoxyde de carbone a permis de réaliser une cartographie profonde des nuages moléculaires de la Galaxie. Durant dix ans les astronomes participant au projet GRS (Galactic Ring Survey) ont mesuré le ciel avec un radiotélescope à la fréquence de 110 GHz. Le monoxyde de carbone ^{12}CO est souvent utilisé pour étudier les nuages moléculaires et tracer les bras de la Galaxie. Le problème est qu'il est presque trop abondant

Petite zone de 2 degrés de large du GRS.



et que le gaz proche cache le plus lointain. En choisissant un isotope beaucoup moins abondant on est moins gêné par ce problème d'opacité et on voit beaucoup plus loin. On peut ainsi pénétrer la structure des nuages moléculaires les plus denses, filaments et concentrations devant mener à la formation d'étoiles.

Toile cosmique

Des astronomes anglais et espagnols ont obtenu la première preuve observationnelle que les galaxies ne sont pas orientées au hasard. En fait, elles ont tendance à être perpendiculaires aux structures à grande échelle.

La matière n'est pas distribuée de façon uniforme dans l'espace, mais en un réseau complexe de filaments et de parois délimitant des bulles de vide. Il y a ainsi des régions avec des concentrations élevées de galaxies – les amas de galaxies, et les filaments les réunissant –, et d'autres qui en sont pratiquement exemptes. Cela donne à l'univers la structure d'une éponge ou du réseau de neurones du cerveau.

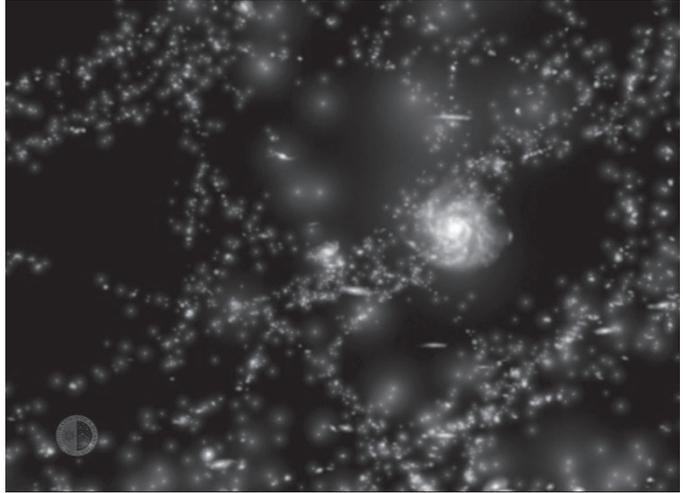
Lorsque l'Univers était jeune, la matière était distribuée de manière plus homogène. La structure actuelle est le résultat du jeu des forces de gravitation durant des milliards d'années. Selon les modèles théoriques, ce processus conduit à une orientation préférentielle des galaxies perpendiculairement à la direction des filaments.

Bande plus large du GRS montrant la complexité des structures observées.

Cette prédiction théorique semble donc se vérifier.

Premières galaxies

Des simulations numériques réalisées avec l'un des plus puissants ordinateurs ont permis de retracer la formation des galaxies dès 300 millions d'années après le Big Bang. La



Vue d'artiste de la structure de l'univers.

grosse surprise est que les galaxies se forment plus vite que prévu, et arrivent rapidement à des abondances chimiques comparables à celles observées aujourd'hui.

Neutrinos

La mutation des neutrinos entre les types muon, électron et tau a été observée entre Batavia et Soudan, sites de deux laboratoires situés aux USA. Cela confirme que les neutrinos possèdent bien une masse, et permettra sans doute de progresser dans la connaissance de la physique des particules et de la matière

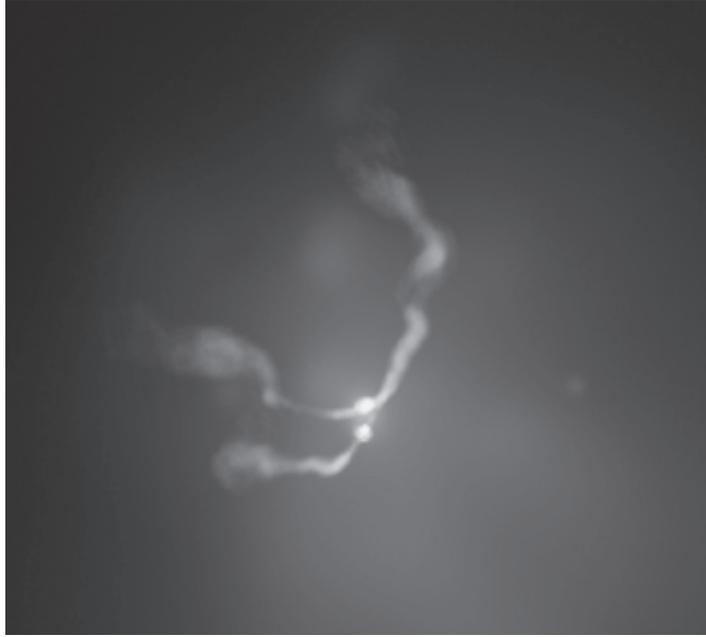
sombre, et de mieux comprendre la formation de l'univers.

Pulsar double

Le télescope spatial X Chandra a permis d'observer un système double de trous noirs supermassifs qui s'est formé lors de la coalescence de deux galaxies au cours de la rencontre de deux amas. La grande vitesse des trous noirs dans le milieu ambiant déforme les jets de plasma qu'ils émettent, et a permis de déduire leur parcours.

Méthanol cosmique

L'émission « maser » du méthanol a été observée en radio le long de filaments s'étendant sur des centaines de milliards de kilomètres à proximité d'une zone de formation stellaire. Jusqu'à présent on considérait que l'émission maser était concentrée en sources plus ou moins ponctuelles. Les filaments se situent à l'endroit où des nuages en collision produisent des ondes de choc.



*Image composite montrant les jets radio au sein de l'immense nuage X enrobant l'amas de galaxies de Persée.
(© NASA/CXC/Alfa/D.Hudson & T.Reiprich et al. ; Radio : NRAO/VLA/NRL)*

*Tracés des isophotes des émissions maser du méthanol superposées à la région de formation stellaire W3(OH). L'encadré à gauche montre en plus les sources plus localisées du radical OH.
(© RAS)*

