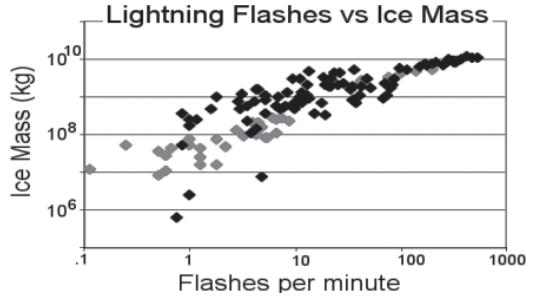


L'astronomie dans le monde

Glace et éclairs

Non, nous ne parlerons pas de pâtisserie! Le satellite TRMM a montré l'existence d'une très bonne corrélation entre la fréquence des éclairs et la quantité de glace dans les nuages. Un cumulonimbus contenant dix mille tonnes de glace produit un éclair à la minute.

Quant à la glace qui se trouve au sol, ou en mer, celle de l'Arctique diminue sensiblement. Le fait était connu pour l'été (10% en moins par décennie) mais les hivers ne manifestaient qu'une diminution de 1,5% par décennie depuis 1979, alors que les modèles climatiques tenant compte de l'effet de serre prédisaient que la diminution devait être plus rapide en hiver qu'en été. Ce désaccord semble se lever. L'observation confirme que chacun des deux derniers hivers a manifesté un recul de 6%. Tout cela pourrait avoir de graves conséquences sur l'écosystème arctique.

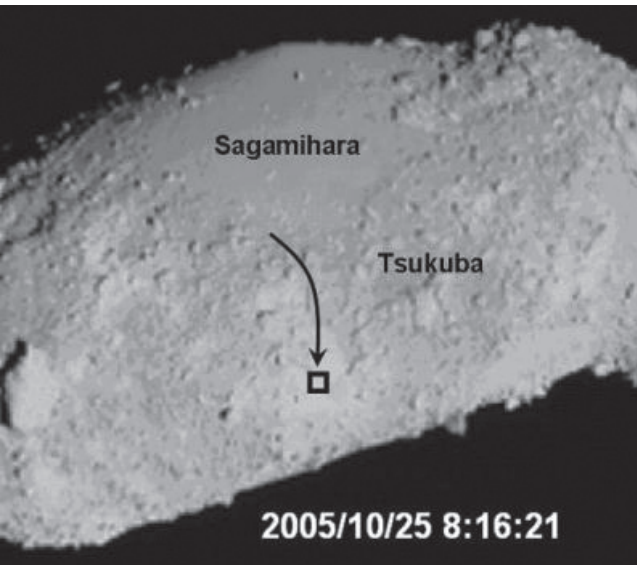


Corrélation observée entre la fréquence des éclairs et la masse de glace emprisonnée dans les nuages (© NASA)

Astéroïdes

Les données récoltées par la sonde Hayabusa lors de son rendez-vous avec l'astéroïde Itokawa ont démontré un effet d'érosion spatiale et confirmé que la composition minérale de tels astéroïdes est semblable à celle des météorites tombant sur Terre.

On pense depuis longtemps qu'astéroïdes et météorites sont faits des mêmes constituants. Cependant les mesures de la réflectivité dans le proche infrarouge des astéroïdes et des météorites montraient suffisamment de différences pour en douter. La comparaison de l'astéroïde Itokawa avec les échantillons existants de météorites montre que l'érosion spatiale peut expliquer ces différences de spectre entre les astéroïdes et les météorites les plus communes, les chondrites. Les impacts d'ions de grande énergie et de poussières microscopiques vaporisent la surface des astéroïdes, déposant une mince couche qui change les propriétés optiques



L'astéroïde Itokawa photographié par Hayabusa (©JAXA)

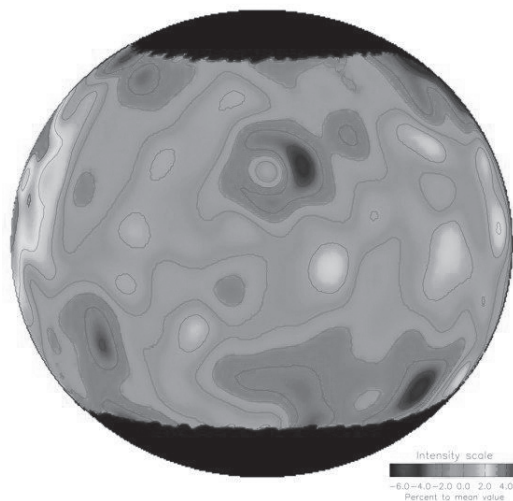


Image de Cérés en infrarouge (fausses couleurs); © B Carry/C Dumas et al./Keck)

de l'astre. Après des millions d'années de dégradation, les zones les plus érodées paraissent plus sombres et rouges. La teinte sombre des astéroïdes serait ainsi due à une couche de poussières de fer produites par des impacts et les variations de teinte sont liées à l'épaisseur de cette couche.

D'autre part, une carte infrarouge de l'astéroïde Cérés a été dressée grâce au télescope Keck II, précisant celle déjà obtenue en ultraviolet par le télescope spatial Hubble. L'origine des marques sur la sol de la petite planète est encore mystérieuse. Certaines sont probablement des cratères, mais d'autres doivent être dues à des altérations chimiques, peut-être du même genre que celles montrées par Itokawa.

Pour en savoir plus sur le plus gros astéroïde de la ceinture principale, les astronomes prévoient d'utiliser le VLT de l'ESO pour établir une cartographie plus précise. De même la NASA a l'intention de le scruter en détail, ainsi que son suivant, Vesta, avec la sonde Dawn, dont le lancement est prévu en juin prochain. Dawn survolera Vesta en 2011 et Cérés en 2015.

Pluton

Le Minor Planet Center a attribué le numéro 134340 à Pluton dans la liste des astéroïdes où Cérés figure en première position. Ce catalogue ne contenait que 7000 objets il y a une décennie, ce qui montre l'explosion spectaculaire des découvertes. Cela n'empêchera pas Pluton d'avoir éventuellement une autre dénomination comme « planète naine » trans-neptunienne, les « planètes naines » non trans-neptuniennes (cis-neptuniennes?) figurant sur une autre liste.

Avatars et avanie d'une petite planète

Les mésaventures de Xena, la planète devenue naine car elle était trop grosse, continuent de plus belle.

Découverte comme objet de la ceinture de Kuiper (KPO) et trans-neptunien (TNO) cette petite planète a reçu le sigle 2003 UB313. Son inventeur Mike Brown lui avait attribué le nom provisoire de Xena et c'est sous cette appellation qu'elle a tenu la vedette dans la polémique sur la définition des planètes après s'être avérée plus imposante que Pluton. Elle fut virtuellement une planète principale, avant d'être dégradée en « planète naine ». Le Minor Planet Center lui a maintenant attribué le numéro 136199 dans sa liste interminable, ainsi que le nom officiel d'Eris qui avait également été proposé par Mike Brown et qui a été accepté quasi unanimement par le WGPN (Working Group for Planetary System Nomenclature) et le CSBN (Committee for Small Body Nomenclature) de l'Union Astronomique Internationale (UAI).

Cette décision de l'UAI n'aura cette fois suscité aucune discussion sérieuse. Eris est déesse de la discorde et des conflits dans des légendes grecques. Elle provoque envie et jalousie et pousse les hommes à la colère et au combat. On imagine mal un choix plus judicieux. Le satellite d'Eris abandonne son nom S/2005 (2003 UB 313) 1 pour l'appellation à peine plus romantique et mnémotechnique (136199) Eris I. Mais on pourra aussi appeler ce caillou, Dysnomia, un nom également choisi

par Mike Brown avec énormément d'à-propos. Dysnomia n'est autre que l'« Anarchie », un des fléaux capturés par Prométhée et qui se sont abattus sur l'humanité lorsque Pandore a ouvert sa sinistre boîte.

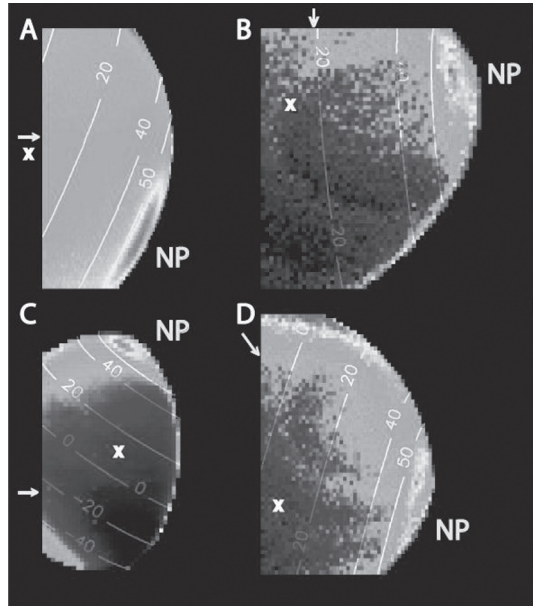
Nuage d'éthane sur Titan

Le spectromètre VIMS (Visual and Infrared Mapping Spectrometer) de la sonde Cassini a décelé un énorme nuage d'éthane autour du pôle nord de Titan. Il pourrait ainsi tomber des flocons de neige d'éthane dans les lacs de méthane situés aux mêmes latitudes. Ce nuage pourrait être la solution d'une énigme qui avait déjoué les efforts des scientifiques ; ceux-ci pensaient trouver un océan recouvrant toute la surface du satellite sur une profondeur de 300 mètres ainsi que des nuages d'éthane tout autour de Titan. On sait en effet que le méthane présent dans l'atmosphère constituée principalement d'azote est détruit irrémédiablement par le rayonnement solaire. La dégradation du méthane produit essentiellement de l'éthane et, après quatre milliards et demi d'années de ce processus, cette molécule ne peut que se trouver en abondance sur Titan.

Les survols de Titan par Cassini ont prouvé l'inexistence de cet océan et même l'absence de lacs sauf dans les régions arctiques. Par contre on voyait le dépôt d'autres produits organiques provenant des réactions photochimiques dans l'atmosphère formant des dunes et recouvrant des cratères. Où était donc passé l'éthane ?

Les nouvelles observations nous enseignent que c'est dans les régions polaires qu'il faut chercher cette molécule. Le spectromètre VIMS a observé le nuage d'éthane comme une bande brillante située entre 30 et 60 kilomètres d'altitude à la limite du cercle polaire arctique, entre les latitudes nord de 51 et 69 degrés. Sans doute s'étend-t-il plus au nord, mais l'hiver boréal plonge ces régions dans l'ombre et elles ne seront observables qu'en 2010.

En cette saison, l'éthane précipite sous

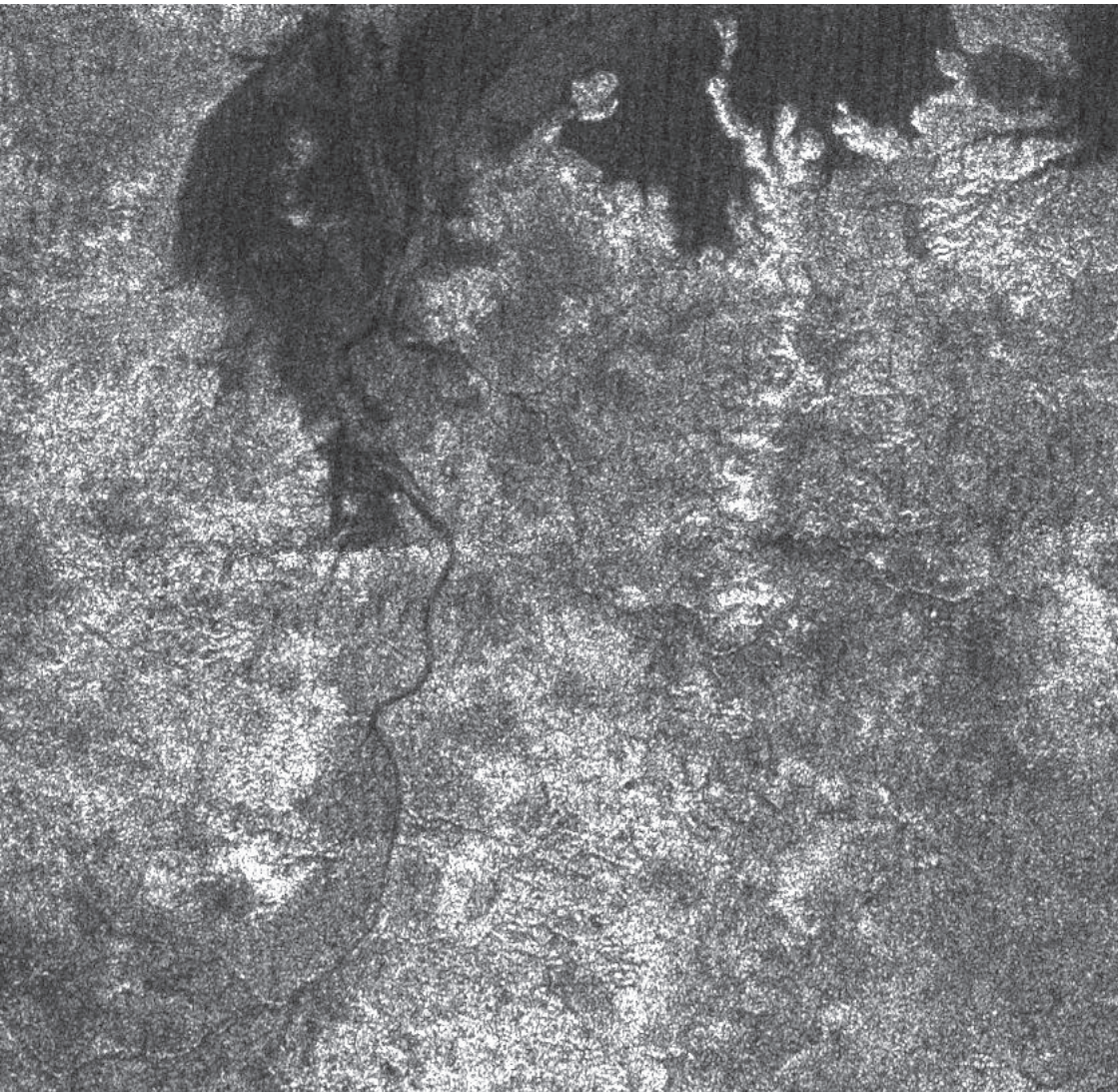


Images infrarouges de l'hémisphère nord de Titan à la longueur d'onde de 2,8 micron de Titan. Le nuage d'éthane est la petite tache sombre près du pôle (NP).

(© NASA/JPL/University of Arizona)

forme de neige ou, si la température est suffisante, de pluie. Ensuite ce sera au tour du pôle sud de recevoir les averses d'éthane. Les scientifiques pensent que la température des pôles est si basse que l'éthane doit s'y accumuler sous forme de glace. En extrapolant à partir du rythme actuel de précipitation, on calcule que sur la vie entière de Titan il se serait formé de la glace d'éthane sur une épaisseur de deux kilomètres. Mais cela semble improbable au vu des observations faites jusqu'à maintenant. D'ici la fin 2007, la sonde Cassini aura mesuré le profil des températures sur Titan ce qui permettra d'apporter une réponse définitive à ce problème.

En plus de l'éthane, le méthane atmosphérique pleut sur Titan, ce qui expliquerait la présence de lacs renfermant ces hydrocarbures aux latitudes élevées du satellite.

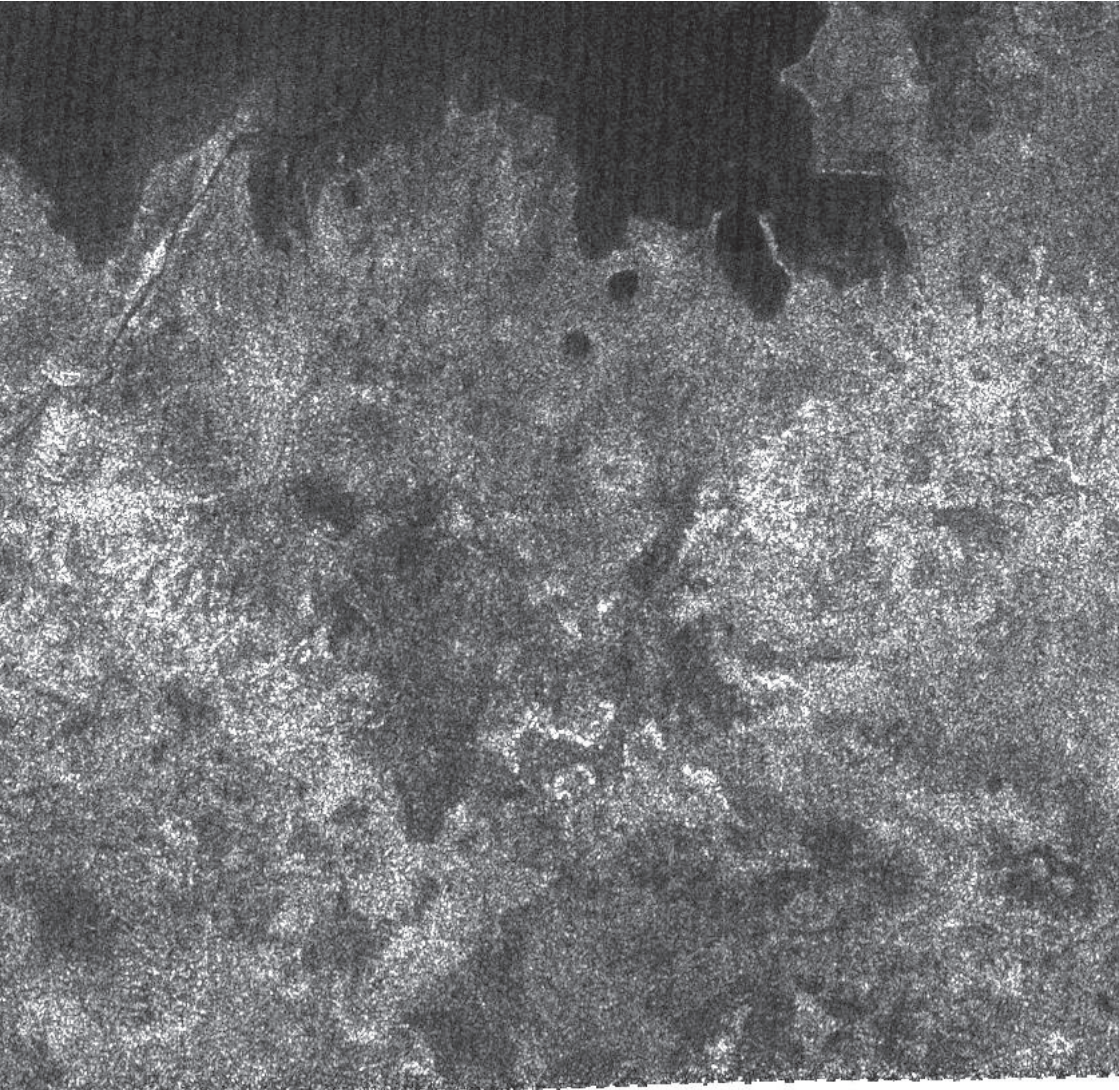


Lacs de Titan

En effet, de plus en plus de lacs d'hydrocarbure sont découverts aux hautes latitudes boréales du satellite géant de Saturne. L'image ci-dessus en montre un particulièrement étendu. Plusieurs canaux - des rivières? - y aboutissent. Le plus long d'entre eux serpente de bas en haut dans la partie gauche de l'image.

Il mesure une centaine de kilomètres. Certains de ces canaux sont rectilignes, laissant penser que le lit de rivières emprunte opportunément le parcours de failles géologiques.

La blancheur d'une des presqu'îles est probablement le signe que d'anciens reliefs érodés ont été inondés dans un passé plus ou moins ancien.



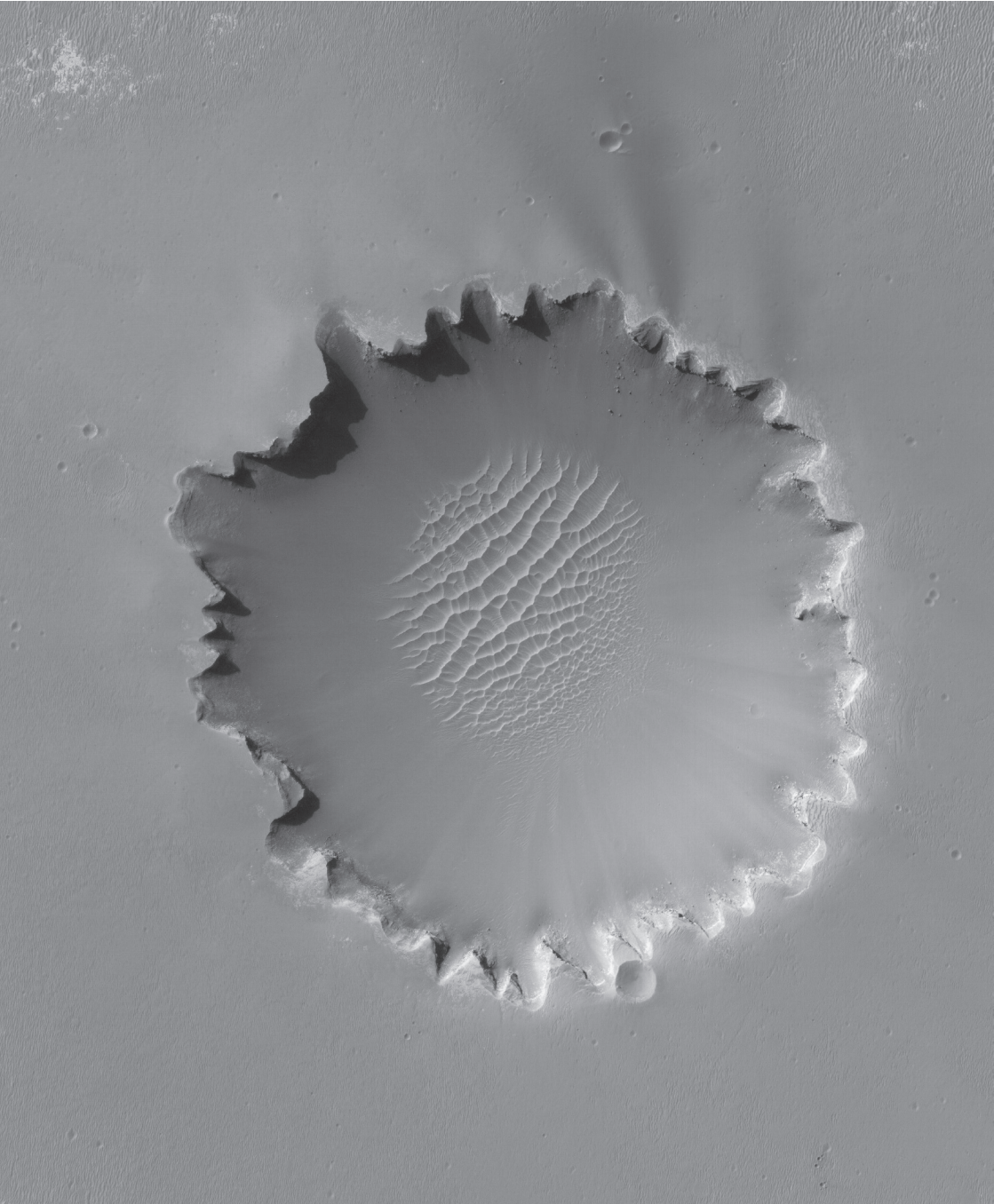
L'image a été obtenue le 9 octobre par le radar de Cassini, en mode dit de « synthèse d'ouverture », et mesure 300 sur 140 km.

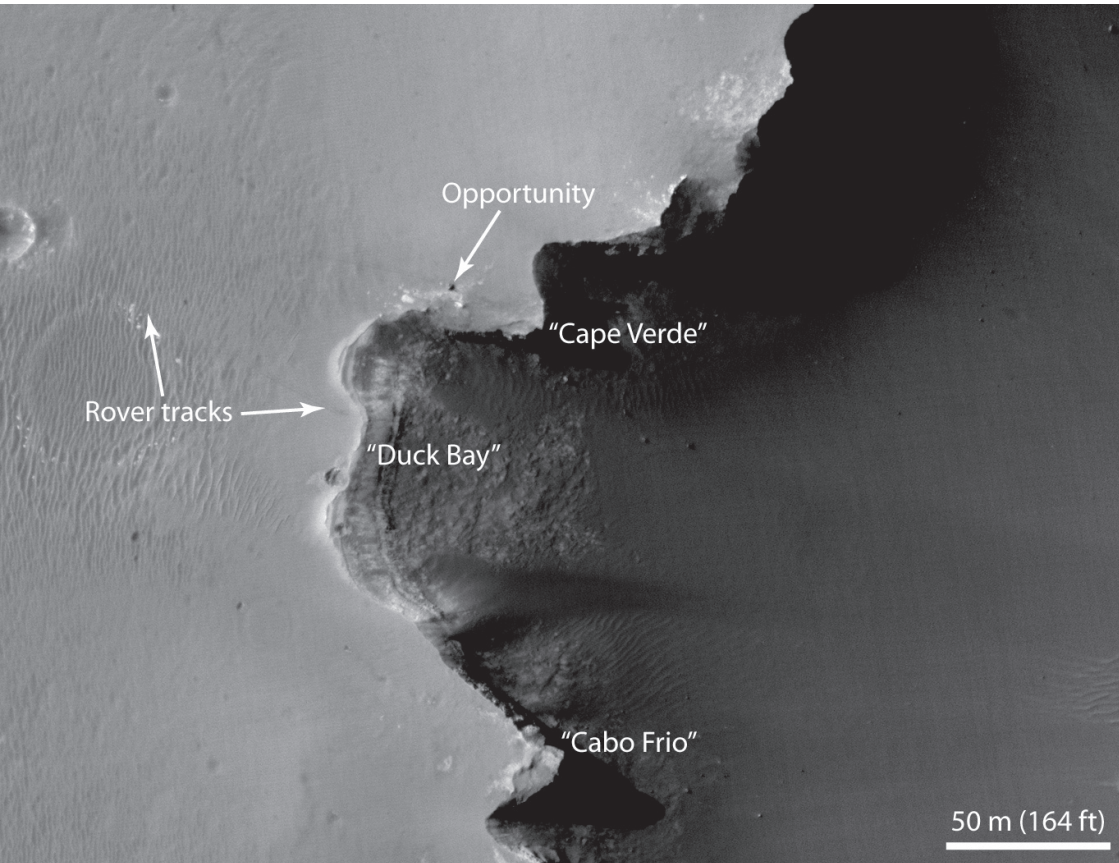
La NASA scrute Mars

Le Rover Opportunity est arrivé au bord d'un cratère cinq fois plus grand que celui qu'il avait étudié durant six mois. Il lui a fallu 21 mois pour se déplacer du cratère Endurance au

cratère Victoria de 800 mètres de diamètre, un périple de 9 kilomètres. Cette performance a été permise par une longévité qui dépasse de dix fois celle originellement prévue.

Outre l'occasion d'obtenir des vues splendides, l'exploration du cratère Victoria, plus profond qu'Endurance, permettra de sonder plus loin l'histoire géologique de Mars





L'image du cratère Victoria (page de gauche) prise par l'instrument HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment) à bord du vaisseau spatial MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) montre le rover Opportunity près du bord du cratère Victoria. Ci-dessus un agrandissement de la zone. (© NASA/JPL/University of Arizona)

– à condition bien sûr que le robot trouve un moyen de négocier les fortes pentes du cratère.

Le MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) nouvel arrivé dans la banlieue martienne, a obtenu des images à très bonne résolution de la zone où se trouve le robot, près du cratère Victoria. La résolution, meilleure que le mètre, permet de voir le robot ainsi que les traces qu'il

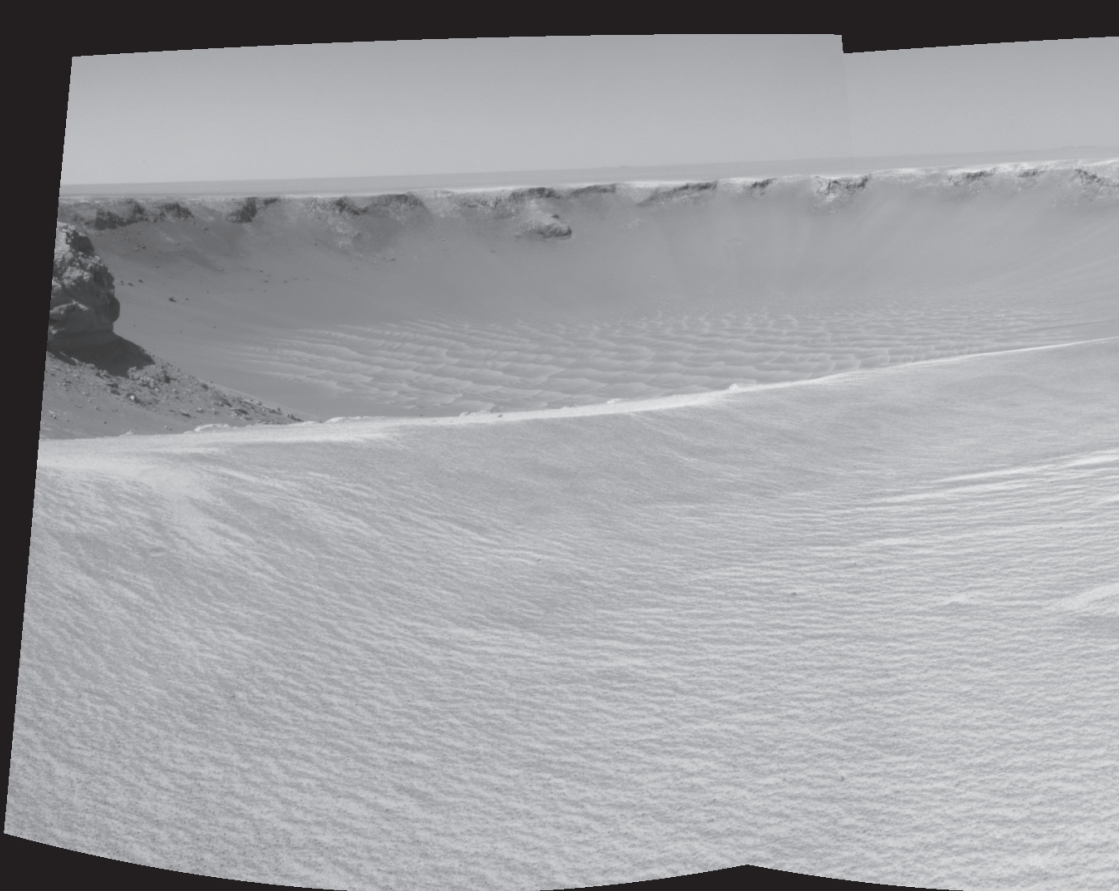
a laissées lors de son trajet. On peut même distinguer l'ombre du mât de la caméra. Après la prise de cette image, Opportunity s'est déplacé vers le sommet de Cape Verde pour prendre davantage d'images de l'intérieur du cratère.

Victoria est un cratère d'impact d'environ 800 mètres de diamètre dans la région de Meridiani Planum près de l'équateur de Mars. Son périmètre est marqué par l'action d'une forte érosion et des éboulements. Des couches de sédiments peuvent être aperçues sur les flancs du cratère. Au fond de celui-ci on peut voir des éboulis et, au centre, un remarquable champ de dunes.

Ci-dessous, une vue du cratère Victoria, depuis le sol martien cette fois. Le robot Opportunity a pris cette image au bord même du cratère, à l'endroit dénommé Duck Bay (voir photo précédente). Le cratère Victoria était le but final de son parcours des 21 derniers mois. À 800 mètres de distance on peut voir le côté opposé du cratère silhouetté par les escarpements rocheux en avant-plan à gauche et à droite. Sur le tour du cratère se succèdent une série de niches et de promontoires rocheux.
(© NASA/JPL)

La vue aérienne du cratère a été prise le 3 octobre depuis une altitude de 297 kilomètres par l'instrument HiRISE du Mars Reconnaissance Orbiter. L'échelle de l'image est de 30 centimètres par pixel et permet donc de déceler des objets de moins d'un mètre.

Au même moment, Opportunity photographiait de beaucoup plus près le même cratère Victoria. On peut voir sur l'image ci-dessous quelques points repérés sur les images du MRO, les caps, le champ de dune, etc.



Les express Mars et Vénus

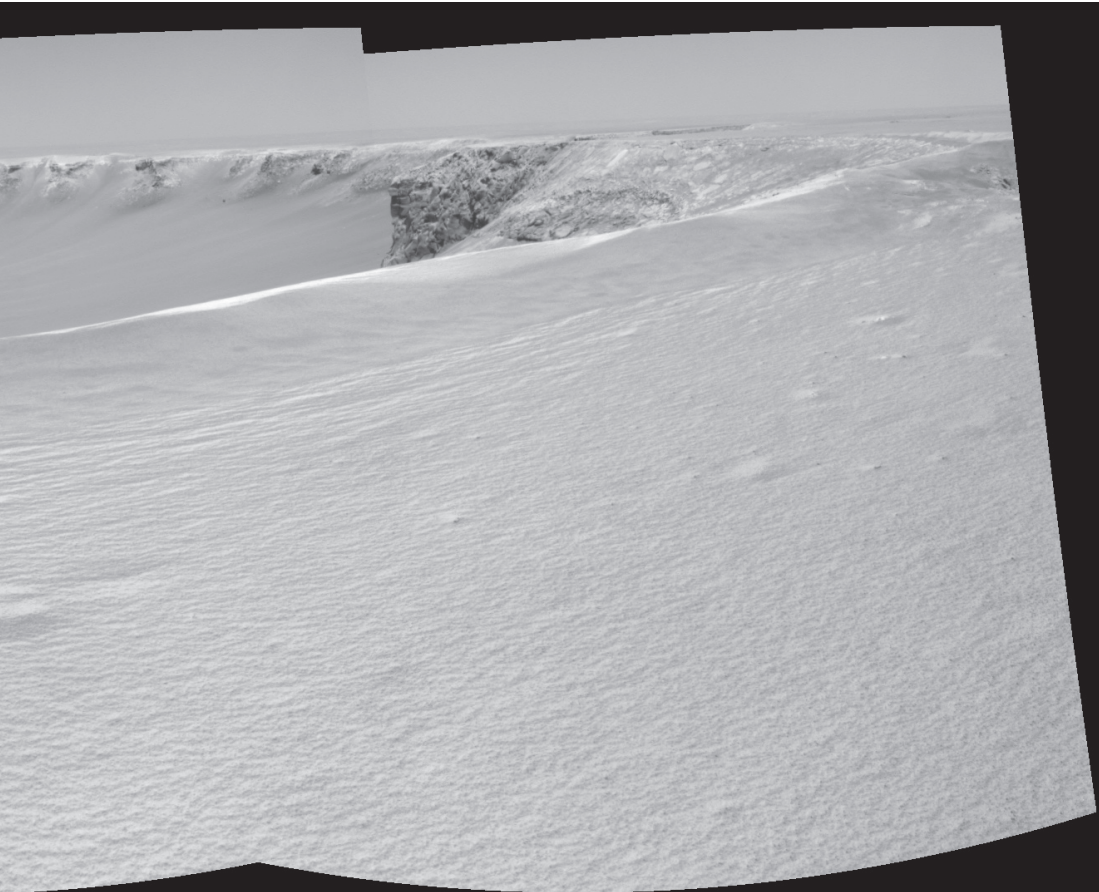
Selon communiqué ESA

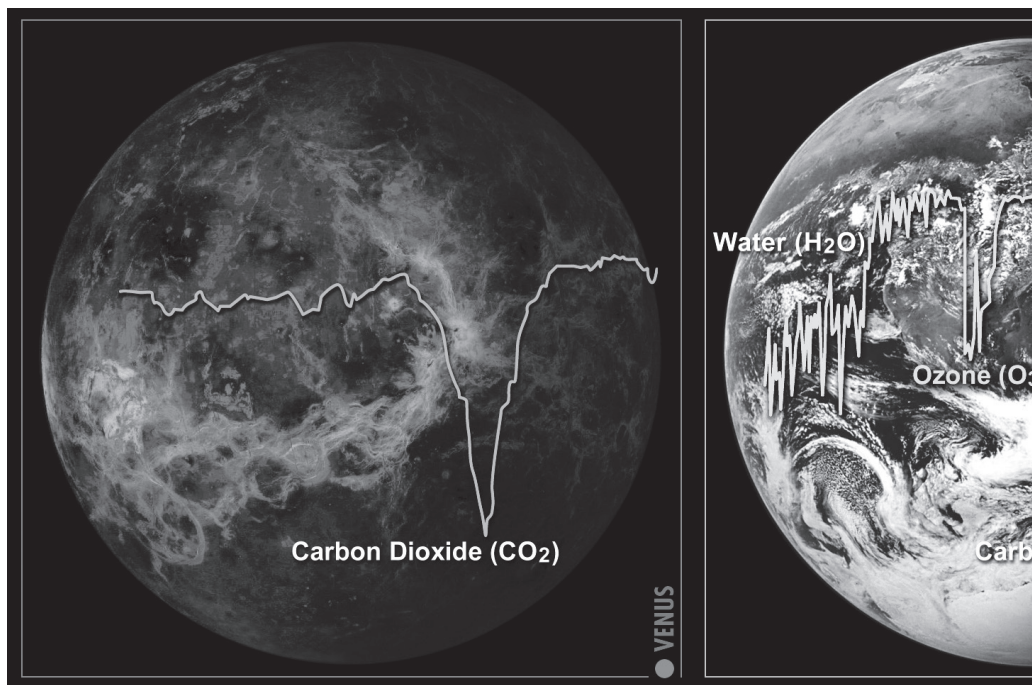
Alors que l'instrument Spicam de Mars Express poursuit son étude de l'atmosphère martienne, son jumeau Spicav est lui aussi en service autour de Vénus.

Comme l'essentiel des instruments de Mars Express, Spicam (Spectroscopy for Investigation of Characteristics of the Atmosphere of Mars) fait partie des équipements scientifiques développés en Europe pour la mission russe Mars 96. Malheureusement, celle-ci a été perdue lors de son lancement le

16 novembre 1996. Il a donc fallu à cet instrument de conception franco-russe attendre plus de six ans pour finalement parvenir en orbite martienne. Cette attente a été payante, car la moisson de données qu'il a renvoyée vers la Terre a déjà permis la publication de nombreuses communications scientifiques. Spicam comporte deux spectromètres fonctionnant l'un dans l'ultraviolet et l'autre, dédié à la recherche de l'eau dans l'atmosphère martienne, dans le proche infrarouge,

En orbite autour de Mars depuis Noël 2003, Spicam n'a pas chômé. On lui doit





notamment le premier profil complet de la température et de la densité en dioxyde de carbone de l'atmosphère martienne, ainsi que la cartographie de la distribution en vapeur d'eau et en ozone autour de la planète.

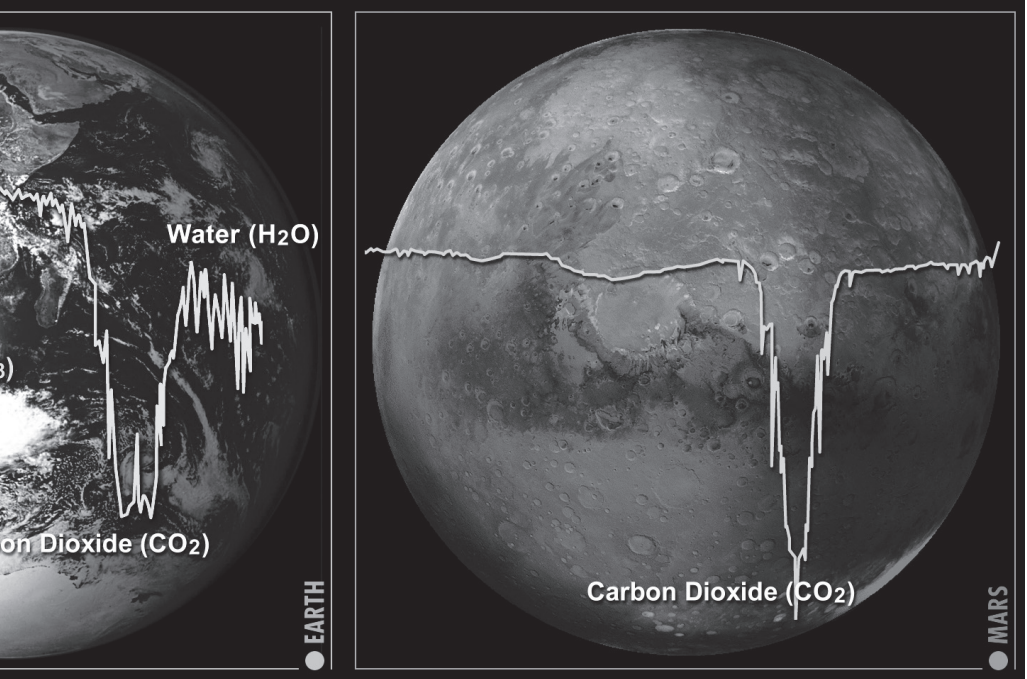
Les aurores de Mars

Parmi les découvertes à mettre au crédit de Spicam, on trouve des émissions lumineuses nocturnes, similaires à des aurores, qui sont générées par les interactions entre les particules chargées du vent solaire et des molécules de dioxyde de carbone de l'atmosphère. Ces émissions sont très localisées et correspondent à des régions où subsiste un champ magnétique dans la croûte planétaire, ultime marque laissée par le champ magnétique autrefois issu du noyau planétaire et aujourd'hui disparu. L'intensité résiduelle de ces champs magnétiques locaux est très faible, mais néanmoins suffisante pour être à l'origine de ces aurores.

D'autres émissions ont également été constatées du côté nocturne, dans la très haute atmosphère, mais elles trouvent leur origine

dans un phénomène bien différent. En fait, de l'oxygène est libéré par la décomposition du dioxyde de carbone par le Soleil du côté diurne. Transporté du côté nocturne, il se recombine avec de l'azote pour former de l'oxyde nitrique. Cette réaction s'accompagne d'une émission lumineuse. Ce phénomène constitue un excellent traceur de la circulation atmosphérique à haute altitude et il aide à déterminer la densité vers 100 km d'altitude. Ces informations seront d'une importance cruciale pour la préparation des activités de freinage dans l'atmosphère de futures missions spatiales (« aérofreinage ») et pour l'amélioration des modèles prévisionnels atmosphériques martiens en général.

En outre, Spicam a fourni une étude complète de la distribution des poussières dans l'atmosphère martienne. Il a ainsi été possible d'observer comment les couches de poussières peuvent être limitées par des nuages de glaces d'eau en raison du phénomène de « lessivage » des nuages, lorsque l'eau se condense sur les particules, qui s'alourdissent et tombent. Cette



Trois des quatre planètes telluriques possèdent une atmosphère. Le spectre de celle-ci est révélateur de la présence de la vie. La recherche de vie extraterrestre fera usage de cette idée.
 (© ESA 2001. Illustration par Medialab)

observation des nébulosités martiennes n'a pas été exempte de surprise, puisque Spicam a également découvert des nuages de glace carbonique vers 90 km d'altitude.

Haro sur l'ozone

En mesurant le rayonnement réfléchi par la surface, le spectromètre ultraviolet de Spicam a permis de mesurer la concentration en ozone. Ce gaz est présent sur Mars, mais dans des quantités bien moindres que sur Terre. Dans une colonne d'atmosphère martienne, il y a environ 200 fois moins d'ozone que dans son équivalent terrestre. Si on ramenait ce gaz à une couche uniforme, on obtiendrait sur Terre une épaisseur de 3 mm, alors que sur Mars, elle varierait entre 1 et 25 μm selon la région. S'il

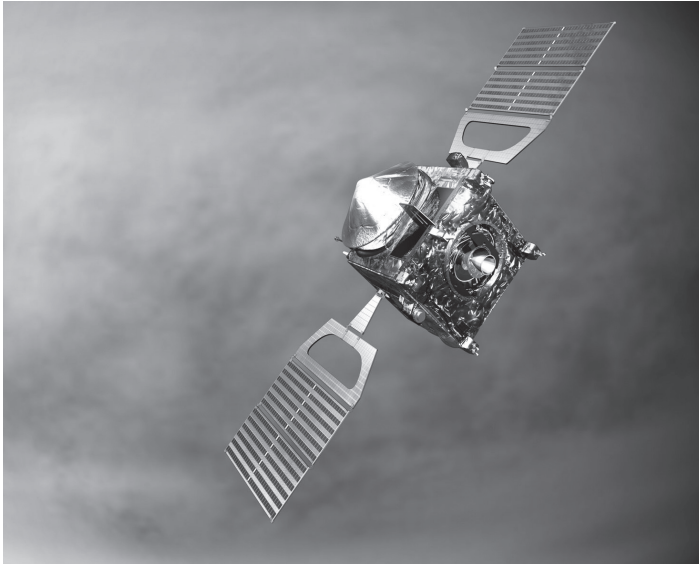
y avait sur Mars une vie comparable à celle de la Terre, il n'y aurait pas assez d'ozone dans l'atmosphère pour la protéger des rayons ultraviolets solaires.

Cette cartographie complète des concentrations en ozone autour de la planète sur une année martienne a également confirmé le rôle de la vapeur d'eau dans la destruction de l'ozone. C'est un phénomène que l'on connaissait sur Terre mais on le voit à l'œuvre à grande échelle sur Mars. Là où il y a de la vapeur d'eau, il y a nettement moins d'ozone.

L'ozone réagit en effet avec la vapeur d'eau pour former des oxydants très puissants, comme le radical hydroxyle (OH), le peroxyde d'hydrogène (l'eau oxygénée) et l'oxygène atomique, qui attaquent toute matière organique.

Outre que ces observations permettent de prédire des concentrations d'oxydants non mesurables in-situ pour améliorer les modèles de l'atmosphère martienne, elles sont aussi un avertissement de ce qui pourrait se produire sur Terre.

(suite page 370)



Venus Express, impression d'artiste
(© ESA)

(suite de la page 363) Aujourd'hui, dans l'atmosphère de notre planète, la vapeur d'eau est très peu présente au-dessus de la tropopause – entre 8 et 18 km selon la latitude – car les températures sont trop froides et elle se condense. Toutefois, les mesures effectuées par ballons-sondes semblent indiquer que la quantité de vapeur d'eau dans la très haute atmosphère augmente régulièrement depuis une vingtaine d'années. D'ores et déjà la vapeur d'eau est le troisième plus gros destructeur d'ozone de notre planète.

Compte tenu de la qualité des résultats obtenus par Spicam, il serait judicieux que toute prochaine mission vers Mars emporte un instrument de ce type.

De Spicam à Spicav

Lorsque la mission Venus Express a été décidée, en 2003, un modèle de rechange de Spicam a été récupéré et légèrement modifié pour devenir Spicav (Spectroscopy for Investigation of Characteristics of the Atmosphere of Venus). La principale nouveauté est l'ajout du spectromètre à très haute résolution SOIR (Solar

Occultation in the Infra Red) qui étudie l'atmosphère en observant l'occultation du Soleil à travers le limbe de Vénus dans un spectre plus large de l'infrarouge (2,4 à 4,3 μm).

Comme autour de Mars, il s'agit de fournir des profils de température et de pression pour alimenter les modèles théoriques. Spicav étudie aussi la composition de l'atmosphère et les concentrations en divers éléments réactifs, en nuages et en aérosols.

Sur Vénus, on ne s'attend pas vraiment à trouver de l'ozone en quantité notable, car s'il y en avait, on l'aurait déjà détecté. En revanche, l'atmosphère de notre plus proche voisine contient d'autres éléments forts réactifs comme l'anhydride sulfureux, dont l'association avec la vapeur d'eau est à l'origine des nuages d'acide sulfurique qui recouvrent la planète. La moyenne atmosphère contient également de petites quantités d'oxygène et de vapeur d'eau. L'étude du cycle chimique de ces éléments est importante pour pouvoir comprendre la formation des nuages de la couche inférieure.

Ce milieu peu accueillant en fait pourtant rêver certains. Quelques scientifiques pensent que si une vie a jamais pu se développer sur Vénus, ce qui pourrait en subsister aujourd'hui aurait pu se réfugier dans des gouttelettes d'acide sulfurique sur le modèle de certaines bactéries extrémophiles terrestres.

La recherche d'une vie plus qu'hypothétique n'est cependant pas l'objectif de Spicav. Il s'attache plutôt à traquer des émissions lumineuses dans la haute atmosphère, comme les aurores nocturnes liées à l'interaction directe avec le vent solaire qui ionise le dioxyde de carbone et génère du plasma, ou les émissions

liées à la recombinaison de l'oxyde nitrique, comme sur Mars, et qui constituent ici aussi un parfait traceur de la dynamique atmosphérique. Spicav se livre également à une étude détaillée des émissions ultraviolettes d'origine inconnue sur la face diurne et assistera le spectro-imageur *Virtis* et le spectromètre *PFS* dans leur observation des émissions thermiques de la face nocturne.

L'eau lourde et les océans de Vénus

Grâce à la très haute résolution spectrale fournie par le spectromètre *SOIR* – de l'ordre de 0,15 nm – les scientifiques se sont également lancés à la recherche de molécules d'eau lourde dans l'atmosphère de Vénus. Cette chasse au deutérium (un isotope de l'hydrogène dont le noyau compte un neutron) passionne les scientifiques. Sur Terre, on trouve environ une molécule d'eau demi-lourde (hydrogène-deutérium-oxygène) sur 3 000 molécules d'eau. Sur Vénus, il y en aurait 100 à 150 fois plus, soit environ 1 molécule sur 25.

Cette forte concentration — révélée par la mission américaine *Pioneer Venus* de la NASA en 1978 et vérifiée ensuite depuis la Terre — s'explique par la décomposition des molécules d'eau dans la haute atmosphère. Alors que l'hydrogène libéré s'échappe facilement vers l'espace, le deutérium, deux fois plus lourd, aura moins de facilité à quitter la planète, tant et si bien qu'au long des milliards d'années sa concentration augmente par rapport à celle de l'hydrogène. Si l'on part de l'hypothèse que le deutérium ne parvient jamais à s'échapper, cela signifie alors que la quantité d'eau à l'origine était 150 fois supérieure à ce qu'elle est aujourd'hui. Mais comme on estime qu'il n'y a dans l'atmosphère de Vénus que suffisamment d'eau pour faire une couche de 3 cm à la surface de la planète, cela représenterait à peine 4,5 m d'eau dans les océans vénusiens d'autrefois, contre quelque 2,8 km de moyenne à la surface de la Terre.

Au-delà de Vénus

Cette recherche d'un éventuel ancien océan vénusien recouvre un mystère encore plus grand : pourquoi la Terre, Vénus et Mars, qui semblent toutes trois avoir eu de l'eau liquide à leur surface à une époque, ont-elles

évolué si différemment ?

La promesse d'une meilleure compréhension des mécanismes qui régissent l'évolution des planètes telluriques pourrait même nous amener bien plus loin que nos plus proches voisines. Car si l'on considère que l'eau liquide est nécessaire à la vie telle que nous la connaissons, elle nous permettra d'affiner le cadre de nos recherches hors du système solaire, avec les futurs observatoires conçus pour débutsquer les exoplanètes, comme l'interféromètre *Darwin*, de l'ESA.

Avant même ses premiers résultats autour de Vénus, les performances du spectromètre *SOIR* ne sont pas passées inaperçues et certains imaginent déjà de pouvoir l'utiliser autour d'autres planètes. Ainsi, la NASA a lancé un appel d'offres pour une future mission *Mars Scout* en 2011 et deux des équipes candidates ont déjà demandé à faire figurer *SOIR* dans leur charge utile.

Cydonia, le visage sur Mars

Communiqué de l'ESA

La sonde *Mars Express* de l'ESA a recueilli des images de la région martienne de *Cydonia*, rendue célèbre par le fameux « visage de Mars ». Parmi les photos prises par la *Caméra Stéréo à Haute Résolution (HRSC)* figurent quelques-unes des vues les plus spectaculaires jamais renvoyées de Mars.

D'avril 2004 à juillet 2006, plusieurs tentatives de photographier la région de *Cydonia* n'avaient pas donné de résultats satisfaisants en raison de l'altitude de survol et de la présence de poussières ou de brumes dans l'atmosphère. Il a donc fallu attendre le 22 juillet dernier pour que la caméra *HRSC* à bord de *Mars Express* puisse enfin réaliser une série de prises de vues qui montrent le fameux « visage de Mars » avec un niveau de détail sans précédent.

Les données ont été recueillies au-dessus de la région de *Cydonia* au cours de l'orbite n°3253, avec une résolution au sol d'environ 13,7 mètres par pixel. La région de *Cydonia* se situe approximativement par 40,75° Nord et 350,54° Est.

« Ces images de la région martienne de *Cydonia* sont vraiment spectaculaires », estime

le Dr. Agustin Chicarro, chef de projet scientifique de la mission Mars Express à l'ESA. « Non seulement elles nous apportent une vision complètement nouvelle et détaillée d'un site célèbre auprès des amateurs de mythes spatiaux du monde entier, mais elles nous donnent aussi un impressionnant aperçu en gros plan d'une zone d'un grand intérêt pour les géologues planétaires. De plus, elles démontrent à nouveau les capacités exceptionnelles de la caméra de Mars Express. »

Cydonia se situe dans la région martienne d'Arabia Terra et appartient à la zone de transition entre les hautes terres méridionales et les vastes plaines du nord de la planète. Cette transition se caractérise par de larges vallées parsemées de débris ainsi que des monticules résiduels isolés de tailles et de formes variées.

« Le visage » fait son apparition en 1976

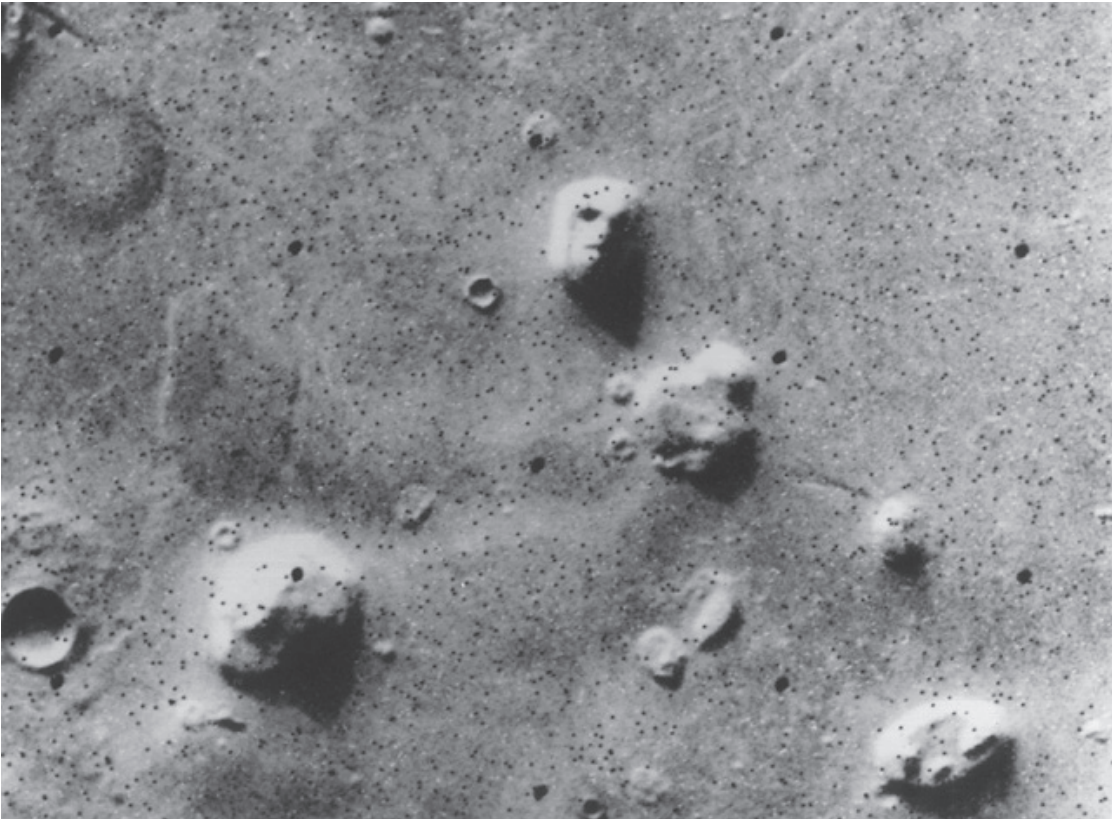
L'un de ces massifs résiduels est devenu célèbre en tant que « visage de Mars » sur une image prise le 25 juillet 1976 par l'orbiteur de la sonde américaine Viking 1.

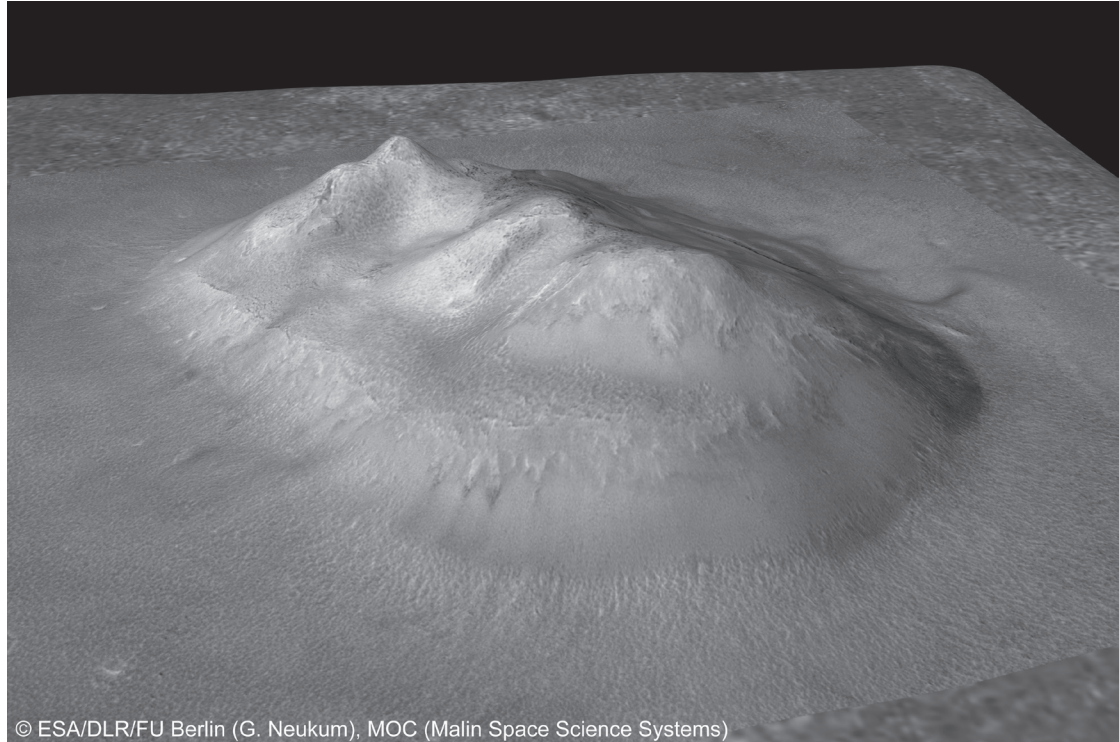
La morphologie de la surface de la formation et les ombres portées donnaient

Image originale de la « Face on Mars » prise par le Viking 1 orbiter de la NASA le 25 juillet 1976. On y voit les restes d'un massif dans la région de Cydonia.

Le 31 juillet de cette même année, la NASA disait que la formation « ressemblait à une tête humaine ». Mais les scientifiques de la NASA avaient déjà interprété correctement l'illusion due à l'angle d'éclairage du Soleil et au relief particulier.

(© NASA/JPL)





Vue en perspective du massif obtenue par la caméra HRSC (High Resolution Stereo Camera) de Mars Express. La résolution originale est d'environ 13.7 mètres par pixel.

(© ESA/DLR/FU Berlin, G. Neukum ; MOC, Malin Space Science Systems)

l'impression que le massif comportait des yeux, un nez et une bouche.

En dépit de cela, le « visage de Mars » a été au cœur d'une vague de spéculation sur les origines et les significations de possibles structures artificielles sur la Planète Rouge, le « visage » lui-même devenant le sujet le plus largement débattu.

Pour quelques passionnés, l'ensemble des structures proches a même été considéré comme un paysage artificiel, avec de possibles pyramides, voire une cité désagrégée. L'idée

que la planète ait pu, à une époque, abriter des êtres intelligents a depuis lors inspiré l'imagination de nombreux passionnés de Mars, et a été à l'origine d'une littérature pléthorique, plus ou moins sérieuse, allant d'articles dans la presse à des œuvres de science-fiction et d'innombrables sites sur Internet.

Néanmoins, l'interprétation scientifique formelle n'a pas changé : le prétendu « visage » n'a jamais été qu'une interprétation par l'imagination humaine d'une surface fortement érodée.

Il a fallu attendre avril 1998 et la confirmation par de nouvelles données collectées par la Mars Orbiter Camera, à bord de l'orbiteur Mars Global Surveyor de la NASA, pour que le mouvement de spéculation populaire sur la vraie nature du « visage » ne s'essouffle. D'autres données, recueillies en 2001 par le même orbiteur n'ont fait que confirmer cette conclusion.

Grand intérêt pour les géologues planétaires

Même si ces formations ne sont pas le fruit d'une intelligence extraterrestre, elles n'en sont pas moins d'un intérêt significatif pour les géologues planétaires.

Dans les régions voisines de Cydonia, sur les surfaces en pente douce entourant les collines et les reliefs, on trouve fréquemment ce que l'on appelle des « tabliers de débris ». Ils se forment au pied des monticules résiduels et sont probablement constitués d'un mélange de débris rocheux et de glace. Dans la région de Cydonia elle-même, de tels « tabliers » sont souvent absents des massifs les plus petits. On estime que la formation de ces « tabliers de débris » pourrait résulter de la formation des talus, de la présence d'une masse de débris rocheux en pente à la base d'une falaise, et de glissements de terrain.

Sur le massif du « visage », on peut distinguer de tels glissements de terrains caracté-

ristiques ainsi qu'une ébauche de « tablier ».

D'anciens « tabliers de débris » de plus grande taille pourraient avoir été recouverts plus tard par des coulées de lave dans les régions voisines. La façade ouest du « visage » a glissé au bas de la pente sans perdre sa cohésion. La zone de décrochement est matérialisée par un long escarpement qui s'étend du nord au sud. Les résultats d'une grande sape – un glissement des rochers vers bas de la pente – sont également visibles au pied des structures en forme de pyramides.

Une structure en « forme de crâne » apparaît dans quelques images

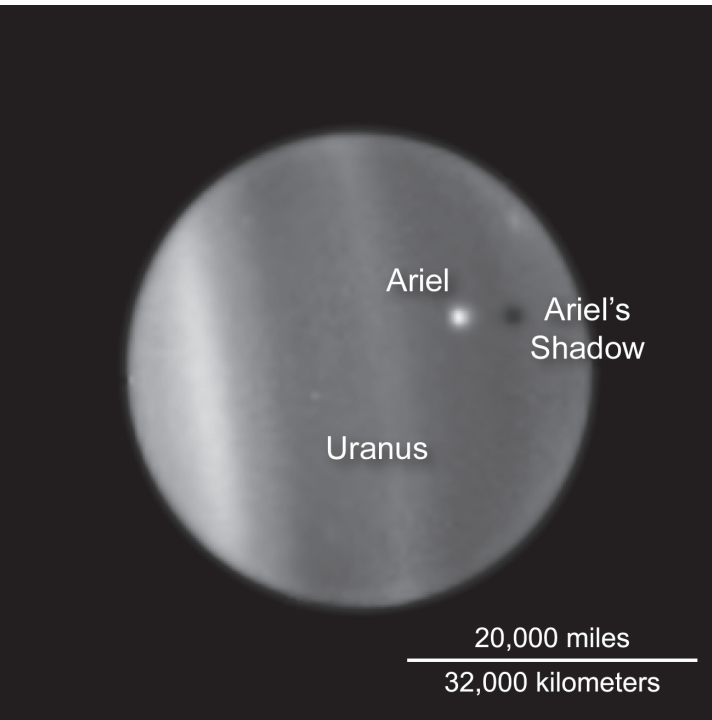
Le 22 juillet, la chance a enfin été au rendez-vous au cours de l'orbite n°3253 et une large partie de la région de Cydonia a pu être photographiée par la caméra HRSC à la meilleure résolution possible et en 3D.

En fait, en plus du célèbre « visage » et des « pyramides », une structure naturelle dont la forme évoque un crâne apparaît également sur quelques unes des images réalisées par Mars Express.

Ainsi que le disait le célèbre scientifique, vulgarisateur et écrivain Carl Sagan : « L'imagination nous emmènera souvent vers des mondes qui n'existent pas, mais sans elle nous n'irions nulle part. »

Transit d'Ariel

Le télescope spatial Hubble a capturé le transit d'Ariel et de son ombre sur le disque d'Uranus. Les transits des satellites de Jupiter sont monnaie courante et constituent des sujets d'observation de premier choix pour les astronomes amateurs. La raison en est simple, la Terre n'est jamais bien loin du plan



Transit d'Ariel vu par le HST
(©ESA/NASA)

de l'orbite des satellites de Jupiter de sorte que ceux-ci passent et repassent devant le disque de la planète. Pour Uranus il en va tout autrement. L'inclinaison de l'axe de la planète sur son orbite est extrême et rend ce genre d'événement très rare. Ce n'est qu'au voisinage des équinoxes « uraniens » que le plan de l'orbite des satellites s'approche du Soleil et par conséquent de la Terre. On peut donc assister à ces transits durant des fenêtres centrées sur ces équinoxes, soit tous les 42 ans.

Lune

Le lac de l'excellence connaît un nouveau cratère, celui fait par la sonde européenne SMART-1. L'impact délibéré s'est produit le 3 septembre à la vitesse de 2 km/s et a pu être observé depuis la Terre.

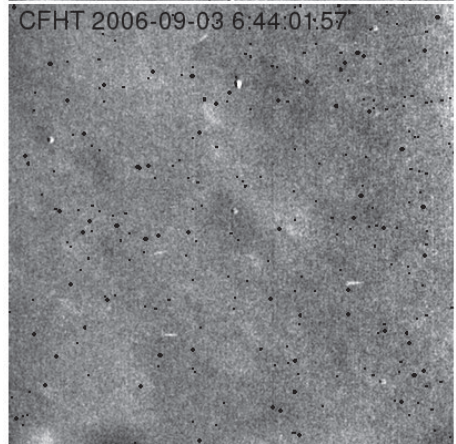
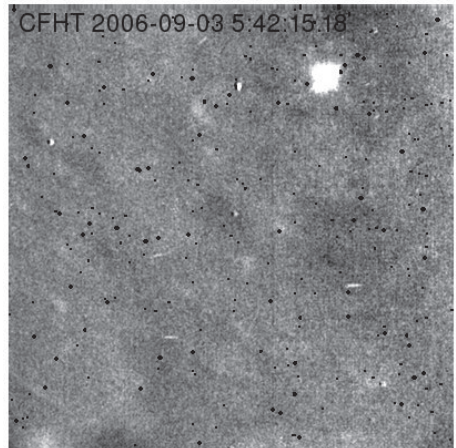
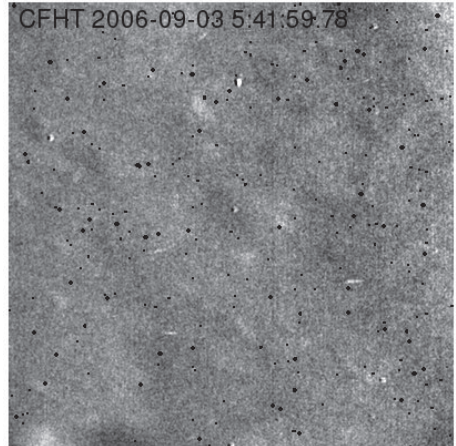
Séquence de trois images montrant le crash de SMART sur la surface lunaire et prises par le télescope de 3m60 Canada-France-Hawaii (CFHT), le 3 septembre. Le flash a duré une milliseconde et est dû à la libération thermique de l'énergie de l'impact conjuguée au rayonnement des éléments volatils de la sonde tel que le reliquat d'hydrazine.

(© Canada-France-Hawaii Telescope Corporation)

Gonflée, la planète !

Le réseau HAT de petits télescopes automatisés a permis, grâce à la technique des transits, la découverte d'une planète aux caractéristiques bien singulières. Baptisée HAT-P-1, elle est en orbite autour de l'un des membres d'une étoile double située à 450 années lumière dans la constellation du Lézard. Malgré son rayon égal à 1.38 fois celui de Jupiter, HAT-P-1 n'est que moitié moins massive que Jupiter.

HAT-P-1 tourne autour de son étoile hôte en 4 jours et demi sur une orbite vingt fois plus petite que celle de la Terre autour du Soleil. Par suite de la faible inclinaison du plan orbital sur la ligne de visée, la planète passe à chaque tour devant l'étoile, entraînant une diminution de l'éclat de celle-ci d'environ 1,5 pour cent





L'exo-monde de HAT-P-1 (vu ici par un artiste) a étonné les astronomes, car il est bien plus gros que ne le prévoit la théorie. Le rayon de HAT-P-1 est environ 1,38 fois celui de Jupiter pour une masse moitié moindre.
(© David A. Aguilar, CfA)

que le rayonnement stellaire est requise car celui-ci est bien insuffisant pour enfler la planète d'une telle façon. Les effets de marée à l'intérieur de la planète sont de sérieux candidats mais pour qu'ils soient efficaces il faut des circonstances très particulières, comme une orbite fortement ex-

pendant plus de deux heures.

Le système binaire ADS 16402 auquel appartient HAT-P-1 est visible dans de petits instruments. Le couple stellaire est séparé d'environ 1500 fois la distance Terre-Soleil. Les étoiles sont similaires au Soleil mais un peu plus jeunes avec seulement 3,6 milliards d'années contre 4,5 milliards d'années pour l'astre du jour.

HAT-P-1 est la seconde planète extrasolaire où l'on découvre une densité aussi faible. Selon les meilleurs modèles théoriques elle serait de 24 pour cent trop grosse. La première planète trouvée anormalement enflée avait également été découverte par la méthode des transits. Il s'agissait de HD 209458b qui, quant à elle, paraît trop grosse d'environ 20 pour cent.

Plusieurs possibilités avaient déjà été envisagées pour expliquer la taille excessive de HD 209458b, mais jusqu'ici sans succès. La découverte et l'observation plus approfondie de HAT-P-1 apporteront peut-être des éléments de réponse à ce problème.

Une source de chaleur extérieure autre

centrique ou une inclinaison extrême de l'axe de rotation sur le plan orbital, hypothèse difficile à étayer dans l'état actuel de nos moyens d'observation.

Terres, terres !

Les planètes de type terrestre occupant la zone « habitable » près d'une étoile pourraient être bien plus nombreuses qu'on ne le croyait. Des simulations numériques montrent que la migration de planètes géantes du type Jupiter chaud vers leur étoile peut s'accompagner de la formation d'objets ressemblant à la Terre au-delà de la zone des géantes. Quelques-unes de ces planètes pourraient ainsi occuper la région où l'eau peut subsister à l'état liquide, une condition semble-t-il indispensable pour permettre l'émergence de la vie. En outre, quelques planètes rocheuses dites « Terres Chaudes » peuvent se former en deçà des Jupiters chauds. Les calculs indiquent que ce phénomène concernerait le tiers des systèmes planétaires découverts jusqu'à présent et contenant des Jupiters chauds.

Les planètes des zones habitables se forment avec d'énormes quantités d'eau, jusqu'à

100 fois celle présente sur Terre aujourd'hui. Ce seraient de véritables planètes-océans.

Nous avons parlé de planètes, mais si l'on appliquait la nouvelle nomenclature énoncée par l'Union Astronomique Internationale (UAI) relative au système solaire à ces objets, il faudrait peut-être parler pour les Jupiters chauds de « planètes naines » géantes devenant de vraies planètes quand leur migration est terminée et qu'elles ont nettoyé leur orbite. De la même façon, les analogues terrestres ne pourraient passer du statut de « planètes naines » à celui de « planètes » qu'après avoir fait le ménage autour d'elles.

Une planète extrasolaire aurait abrité de l'eau liquide.

Selon communiqué CNRS

Les astrophysiciens ont découvert qu'une planète extrasolaire détectée récemment a pu autrefois posséder un océan. D'après leur modèle, bien que la planète soit à présent entièrement gelée, une couche d'eau liquide a pu subsister pendant plusieurs milliards d'années et l'on sait que la présence d'eau liquide est probablement l'un des éléments essentiels au développement de la vie.

Depuis une dizaine d'années, la recherche de planètes autour d'autres étoiles (planètes extrasolaires ou exoplanètes) avait surtout accouché de planètes géantes gazeuses, à l'instar des fameux « Jupiters chauds ». Les planètes les plus massives, qui sont aussi les plus grosses, sont tout simplement plus faciles à détecter que les petites planètes comme la Terre. Cependant, le raffinement des techniques d'observation et la précision croissante des instruments de mesure permettent à présent de découvrir des planètes plus petites. On commence à trouver des « Neptunes », c'est-à-dire des planètes ne pesant qu'une dizaine de fois la masse de la Terre.

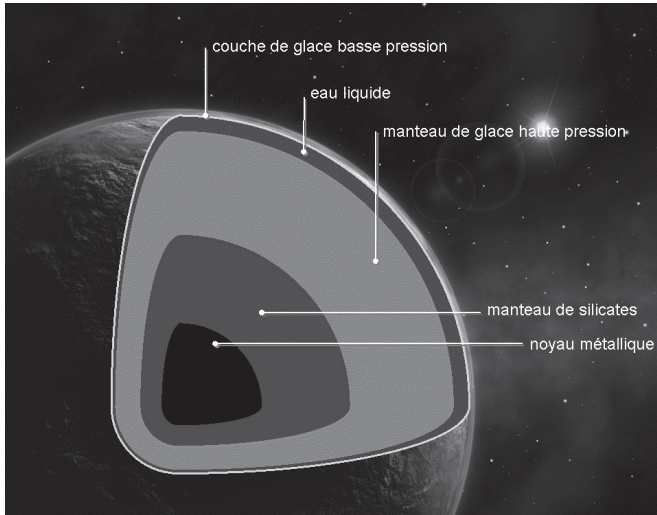
Lorsque l'on détecte une planète dont la masse est supérieure à une certaine valeur critique on considère, en vertu de nos connaissances sur la formation des planètes, que celle-ci doit être nécessairement constituée de gaz (principalement de l'hydrogène et de l'hélium) comme les planètes géantes de notre Système

solaire (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune). En revanche, si la masse de la planète est inférieure à cette valeur critique, on peut légitimement envisager qu'elle soit principalement composée de roches et possède une surface solide, comme la Terre. Le problème, c'est que cette valeur critique n'est pas bien connue : on la situe aux alentours de 13 masses terrestres.

En janvier 2006 on annonçait la découverte de la planète extrasolaire la plus légère jamais détectée, OGLE-2005-BLG-390Lb qui, avec ses 5,5 masses terrestres, boxe clairement dans la catégorie des petites planètes « solides », par opposition aux géantes gazeuses. Les chercheurs se sont pris au jeu de déterminer quelques caractéristiques physiques de la planète à partir des bribes d'information obtenues lors de sa détection : la masse de la planète, la distance qui la sépare de son étoile, la masse de l'étoile, et des relations mathématiques reliant ces trois observables.

Le but du jeu : déterminer si la présence d'eau liquide, supposée essentielle au développement de la vie, est possible sur cette exoplanète peut-être plus semblable à la Terre qu'aucune autre au vu de ses mensurations. Or, il ne peut y avoir d'eau liquide en surface où la température, déjà estimée par les astronomes, est bien trop froide. En effet, l'étoile est peu massive (environ le dixième de la masse du Soleil) et de ce fait peu brillante. Elle peine à réchauffer la planète d'autant plus que celle-ci en est deux à quatre fois plus éloignée que la Terre du Soleil. Résultat : une température de surface estimée entre -230°C et -240°C ! Un peu frais pour aller s'y baigner ! Plusieurs objets, dans notre Système solaire, arborent des températures similaires : c'est le cas de satellites de planètes géantes, comme Triton, satellite de Neptune, ou des planètes naines Pluton et Charon, voire Éris. Par analogie, on s'attend à ce que la surface d'OGLE-390Lb soit gelée. Mais qu'en est-il sous la surface ?

On pense en fait que plusieurs corps glacés du Système solaire abritent, sous leur surface gelée, des couches d'eau liquides — des océans sub-glaciaires en quelque sorte. De tels océans peuvent exister sous les banquises d'Europe, Ganimède et Callisto, satellites



Modèle d'une planète océan
(© IAP/CNRS)

de Jupiter, ainsi que sur les plus grosses lunes de Saturne et de Neptune, Titan et Triton. C'est peut-être aussi le cas de Pluton, de Charon et des objets de la ceinture de Kuiper dont la taille est comparable à celle de Pluton. Si les océans sub-glaciaires sont banals dans le Système solaire, pourquoi n'en serait-il pas de même dans les systèmes d'exoplanètes ?

Il convient tout d'abord de comprendre d'où peut venir l'énergie nécessaire pour faire fondre la glace. Les chercheurs proposent qu'elle soit d'origine radioactive (on parle d'énergie radiogénique). Toutes les planètes, en effet, sont composées d'éléments chimiques radioactifs — principalement l'uranium, le thorium et certains atomes de potassium. Ce sont ces éléments qui, en se décomposant, fournissent la plus grande partie de l'énergie interne de la Terre. S'ils n'existaient pas, il n'y aurait sur notre planète ni tectonique des plaques, ni volcanisme, ni tremblement de terre ! Néanmoins, ils sont présents en infime quantité dans le manteau et la croûte terrestres et, qui plus est, leur nombre diminue avec le temps

puisqu'ils se décomposent en d'autres éléments. Comment peuvent-ils alors exercer autant d'influence sur la destinée d'une planète ?

Cela tient à l'énorme masse d'une planète comme la Terre : 6000 milliards de milliards de tonnes, cela fait une quantité prodigieuse d'atomes de sorte qu'une fraction infime de celle-ci représente un nombre conséquent d'atomes radioactifs, et une énergie importante. En d'autres termes, l'énergie produite par radioactivité est proportionnelle à la masse de la planète.

OGLE-390Lb est 5 fois plus massive que la Terre. L'énergie interne émise par radioactivité pourrait suffire pour fondre partiellement la couche de glace. C'est ce qu'ont calculé les chercheurs après avoir envisagé plusieurs cas de figure.

En effet, si on connaît la masse d'OGLE-390Lb, on ne connaît en revanche ni sa taille, ni sa composition. La Terre, par exemple, est composée presque entièrement de roches et de métaux et est une planète très dense. Toute l'eau contenue en surface, dans la croûte terrestre et dans le manteau silicaté ne contribue en effet que pour 0,01% à la masse de notre planète. Si elle était entièrement en surface sous forme de glace, cela ne représenterait qu'une couche de quelques kilomètres d'épaisseur. La situation est différente dans les satellites glacés, comme Europe et Ganymède, où la couche de glace (on parle de manteau glacé) a une épaisseur de plusieurs centaines de kilomètres. Ces corps sont bien moins denses que notre planète.

Les éléments radioactifs ne sont contenus que dans les roches, pas dans la glace. Ainsi, pour une planète d'une masse donnée, plus il y a de glace, moins la production d'énergie est importante. D'un autre côté, plus il y a de glace, moins l'énergie s'échappe facilement

car un manteau de glace agit, comme son nom l'indique, à la manière d'une couche isolante, ralentissant la perte de l'énergie radiogénique produite dans la roche. Il le fait en fondant ! En effet, faire fondre la glace requiert l'apport d'un surcroît d'énergie qui est utilisée pour casser les liaisons entre les molécules d'eau au lieu de s'échapper dans l'espace.

Il a donc fallu imaginer plusieurs modèles pour représenter le manteau de glace d'OGLE-390Lb. Dans l'un de ces modèles, les chercheurs ont incorporé à la planète la même fraction d'eau que sur Terre (0,01% de la masse de la planète). Dans ce cas, la planète produit beaucoup d'énergie radiogénique, mais la couche de glace est trop fine (environ 10 kilomètres) pour la retenir efficacement. Dans un autre modèle, la planète est composée pour moitié de glace et de roche. Il s'agit donc plus d'une version géante de Ganymède que d'une planète tellurique comme la Terre. S'agit-il d'une « planète-océan » pour autant ? Non, répondent les chercheurs, car dans ce cas l'énergie radioactive est produite en trop faible quantité pour faire fondre la glace.

Les chercheurs ont finalement réalisé qu'il devait exister un juste milieu, c'est-à-dire une composition de la planète comportant suffisamment de roche pour produire assez d'énergie, et suffisamment de glace pour retenir cette énergie en fondant. Ils ont calculé que la quantité de glace « idéale » devait se situer aux alentours de 25% de la masse de la planète. Dans ce cas, la planète aurait pu conserver un océan pendant plusieurs milliards d'années... mais pas jusqu'à aujourd'hui !

OGLE-390Lb serait trop vieille : environ 10 milliards d'années ! Cette planète serait donc 2 fois plus vieille que la Terre. Or, si cette dernière possède encore suffisamment d'éléments radioactifs en son sein pour rester bien au chaud, il n'en sera plus de même dans 5 milliards d'années car la quantité d'éléments radioactifs diminue de manière exponentielle avec le temps. Pour OGLE-390Lb, c'est sans doute déjà trop tard : bien qu'étant mieux dotée au départ que notre planète, elle est sans doute aujourd'hui à bout de souffle.

Dans le passé, même la surface d'OGLE-

390Lb était plus chaude et de l'eau liquide a pu y exister au cours du premier milliard d'années. Ensuite, la surface a fini par geler. Cependant, un océan a pu survivre pendant plusieurs milliards d'années, et la vie, pourquoi pas, aurait pu s'y développer bien au chaud sous la glace.

Des planètes au centre de la Voie Lactée

Le télescope spatial Hubble a découvert 16 possibles exoplanètes au sein du bulbe galactique. Cinq d'entre elles tournent autour de leur étoile en moins d'un jour. C'est ce qu'on appelle des USPP (Ultra-Short-Period Planets). Le VLT de l'ESO a permis la confirmation du statut d'exoplanète pour deux de ces astres.

La découverte est le résultat du projet SWEEPS (Sagittarius Window Eclipsing Extrasolar Planet Search) pour lequel le HST a scruté 180.000 étoiles dans le renflement central de la Voie Lactée (voir image en couverture 3 de ce bulletin). Le HST a pris 520 images du même champ avec des filtres bleu et rouge entre le 22 et le 29 février 2004. L'analyse des courbes de lumière de chacune des étoiles a révélé les candidates qui montraient des chutes d'éclat suspectes. Une étude statistique des données du HST laisse penser qu'a priori environ la moitié de ces variations sont dues à des transits planétaires.

Anatomie d'un disque protoplanétaire

Selon communiqués ESO et CEA

Cela fait maintenant une dizaine d'années que les astrophysiciens parviennent à détecter d'autres planètes que celles de notre système solaire. Aujourd'hui, plus de 200 exoplanètes ont ainsi pu être localisées. Or, c'est dans le disque de gaz et de poussières qui entoure une étoile lorsque celle-ci est encore jeune que sont susceptibles de se former de nouvelles planètes. Paradoxalement, on connaît encore relativement mal ces disques, surtout autour des étoiles plus massives que le Soleil.

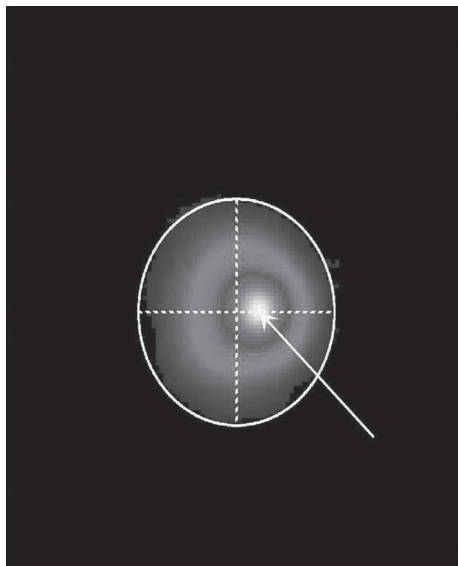
Les astrophysiciens ont réussi à cartographier le disque qui ceinture l'étoile HD 97048, une étoile jeune (quelques millions d'années, à comparer aux 4,5 milliards d'années du

Soleil), 2,5 fois plus massive que le Soleil et 40 fois plus lumineuse. Située à une distance de 600 années lumière dans la constellation du Caméléon (hémisphère sud), l'étoile a pu être observée grâce à la caméra infrarouge Visir qui permet de scruter l'émission infrarouge des objets astronomiques avec une grande acuité.

Les images de Visir ont révélé un disque étendu d'un rayon d'au moins 370 unités astronomiques à un stade primaire d'évolution. Ce disque, de géométrie très particulière, n'est pas plat. Il s'évase régulièrement lorsque l'on s'éloigne de l'étoile jusqu'à atteindre une épaisseur de 360 unités astronomiques. C'est la première fois qu'une telle structure, prédite par certains modèles, est directement mise en évidence autour d'une étoile massive. Dans une telle géométrie, tout point de la surface du disque reçoit la lumière de l'étoile. Cette lumière

Image infrarouge en « fausses couleurs » du disque entourant l'étoile HD 97048 (de type Herbig Ae). Le contour de l'émission (en forme d'ellipse) est nettement décalé par rapport à la position de l'étoile (marquée par une flèche), indiquant que cette structure est un disque incliné.

(© CEA/Sap)



est absorbée par les poussières à la surface du disque qui maintiennent donc le disque relativement « chaud » loin de l'étoile.

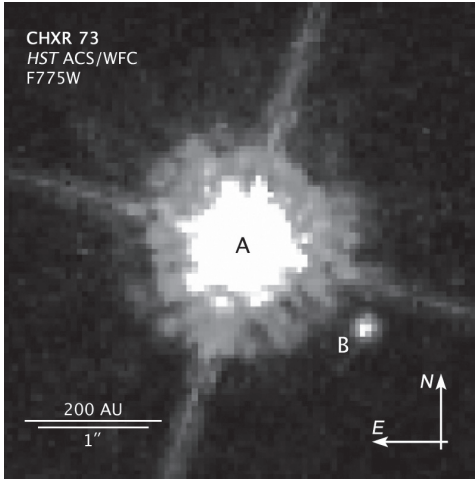
Cette morphologie ne peut s'expliquer que si le disque contient encore une grande quantité de gaz, dont la masse a été estimée à au moins 10 fois la masse de Jupiter. Par ailleurs, une grande quantité de poussières (plus de 50 masses terrestres) a pu être observée. Il s'agit d'un bel exemple de disque protoplanétaire puisqu'il contient suffisamment de matière pour que des planètes puissent se former. Il fera prochainement l'objet de multiples campagnes d'observations, notamment pour « zoomer » sur les zones les plus internes du disque, plus denses, où des embryons de planètes existent peut-être déjà.

CHRX73 et pseudo-planète

Le télescope spatial Hubble a observé l'un des astres les plus faibles jamais vus près d'une étoile normale. Il a en effet pris des images d'un astre douze fois plus massif que Jupiter, gravitant autour d'une naine rouge. Une telle masse met l'objet à la frontière entre naines brunes (étoiles ratées) et planètes. La formation du système a dû passer par le fractionnement d'un nuage de gaz, en esquivant le stade de disque proto-planétaire. En effet la distance entre l'astre et la naine rouge est trop grande — environ 200 unités astronomiques — pour qu'on puisse imaginer qu'un disque s'étende jusque-là avec une densité suffisante pour pouvoir former une planète aussi grosse. Ce mécanisme de formation différencie le couple des vrais systèmes planétaires et le place plutôt dans la catégorie des étoiles multiples.

On voit ici l'un des problèmes auxquels devra faire face une définition du terme planète au-delà du système solaire. Certains veulent réserver ce terme aux astres issus d'un disque tandis que d'autres pensent que la masse, et par conséquent la faculté de générer de l'énergie par réactions thermonucléaires, suffit à discriminer entre planètes et étoiles ratées, c'est-à-dire les naines brunes.

CHRX73-B serait donc une naine brune ... naine, ce qui n'aurait rien de choquant dans un bestiaire où l'on pourrait côtoyer des planètes



Le compagnon de CHXR73, observé ici par le HST est l'un des astres les plus faibles jamais vus près d'une étoile normale.
(© NASA/ESA)

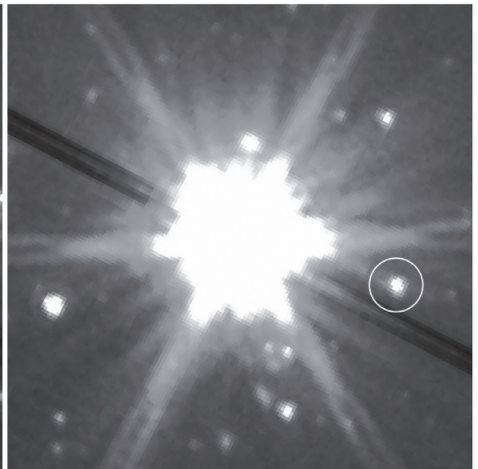
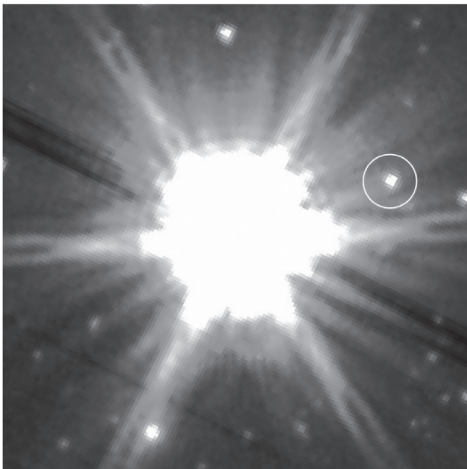
naines géantes. Mais il y a une autre possibilité. L'objet observé n'est peut-être qu'une étoile lointaine se trouvant par hasard dans l'alignement de CHXR73. Les spécialistes évaluent la probabilité d'une telle coïncidence à un pour mille.

Systèmes étranges

Le télescope spatial Spitzer a découvert deux systèmes comprenant une naine brune très froide (de type « T »). L'un des deux est composé d'une étoile semblable au Soleil, d'une naine brune et d'une planète un peu plus petite que Saturne. Un tel arrangement n'avait jamais été vu auparavant mais il pourrait être courant selon les scientifiques et conduirait à des systèmes planétaires ayant des orbites déformées.

Les naines brunes sont des étoiles trop légères pour pouvoir brûler leur hydrogène. Leur température superficielle n'est que de quelques milliers de degrés dans leur prime jeunesse. Elle descend ensuite progressi-

Credit : NASA / JPL-Caltech / K. Luhman, Penn State / B. Patten, Harvard-Smithsonian
Images infrarouges obtenues avec le télescope spatial Spitzer des naines brunes froides en orbite autour des étoiles HD 3651 (à gauche) et HN Peg. Les masses de ces naines brunes ne sont que de 20 et 50 fois celle de Jupiter et leurs orbites sont plus de dix fois plus étendues que celle de Pluton
(© NASA / JPL-Caltech / K. Luhman, Penn State / B. Patten, Harvard-Smithsonian)



vement jusqu'à celle d'une planète classique. Elles sont donc très faibles, difficilement observables, et la première identification non ambiguë ne date que de dix ans.

Grâce à ses capacités infrarouges, le télescope spatial Spitzer est parfaitement adapté pour détecter directement ce genre d'objet, voire des planètes géantes situées dans les parties externes de systèmes planétaires.

La plus massive des deux naines T, HD 3651 B, est située dans la constellation des Poissons. Elle tourne autour de HD 3651, une étoile légèrement moins massive que le Soleil qui possède en outre une planète. L'orbite de cette dernière, révélée par des observations spectroscopiques, est fortement elliptique et l'on avait émis l'hypothèse que c'était le fait de l'attraction d'un astre inconnu, très distant. Effectivement, c'était la naine T révélée par Spitzer. Comme beaucoup de planètes extrasolaires possèdent des orbites fortement ellipti-

ques, on peut imaginer que la présence de naines est plus répandue que ce que l'on croyait.

L'autre naine T est HN Peg B. Elle est relativement jeune, environ seulement 300 millions d'années. Les scientifiques ont déterminé son âge en étudiant l'étoile principale qui s'est formée en même temps qu'elle à partir d'un nuage de gaz et de poussières. Le système était d'ailleurs connu pour posséder un disque de poussières.

Avec une masse d'environ 20 fois celle de Jupiter, cette naine brune est peut-être la plus jeune naine T connue.

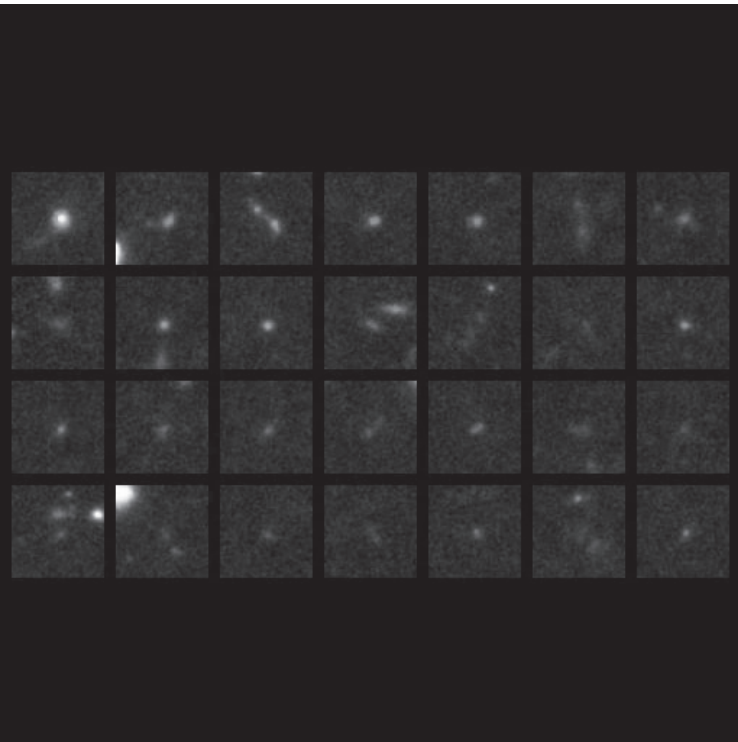
Peu de temps après ces découvertes, le télescope Spitzer a permis celle d'une naine T flottant librement dans l'espace intersidéral.

Premières galaxies

Deux études, l'une réalisée avec le télescope spatial Hubble (HST), l'autre avec le télescope japonais Subaru à Hawaii, confirment que les premières galaxies se sont formées rapidement. Peu nombreuses 700 millions d'années après le Big Bang, elles pullulaient 200 millions d'années plus tard.

La recherche systématique des premières galaxies lumineuses formées dans l'univers a montré un accroissement spectaculaire de leur nombre il y a 13 milliards d'années environ. Ces observations des premières stades de l'évolution des galaxies apportent de nouveaux ar-

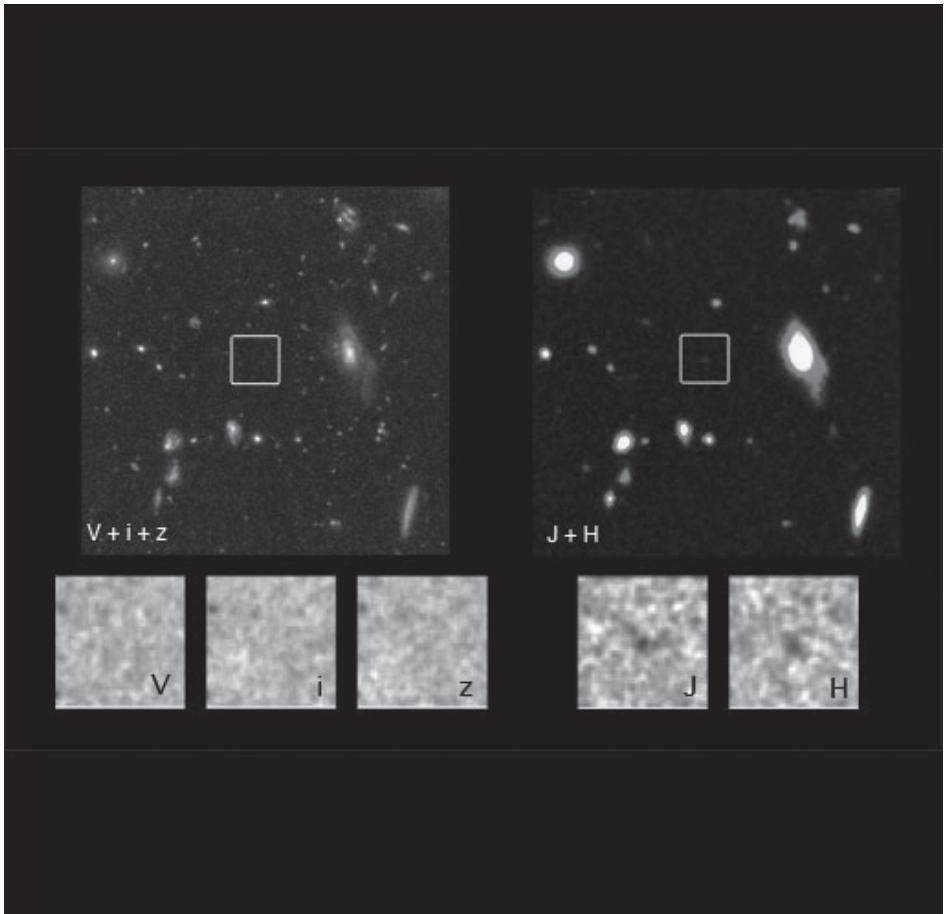
Images de 28 galaxies brillantes dans le champ HUDF (Hubble Ultra Deep Field) situées aux environs d'un redshift de 6, soit 900 millions d'années après le Big Bang). (© 2006 UCO/Lick Observatory).

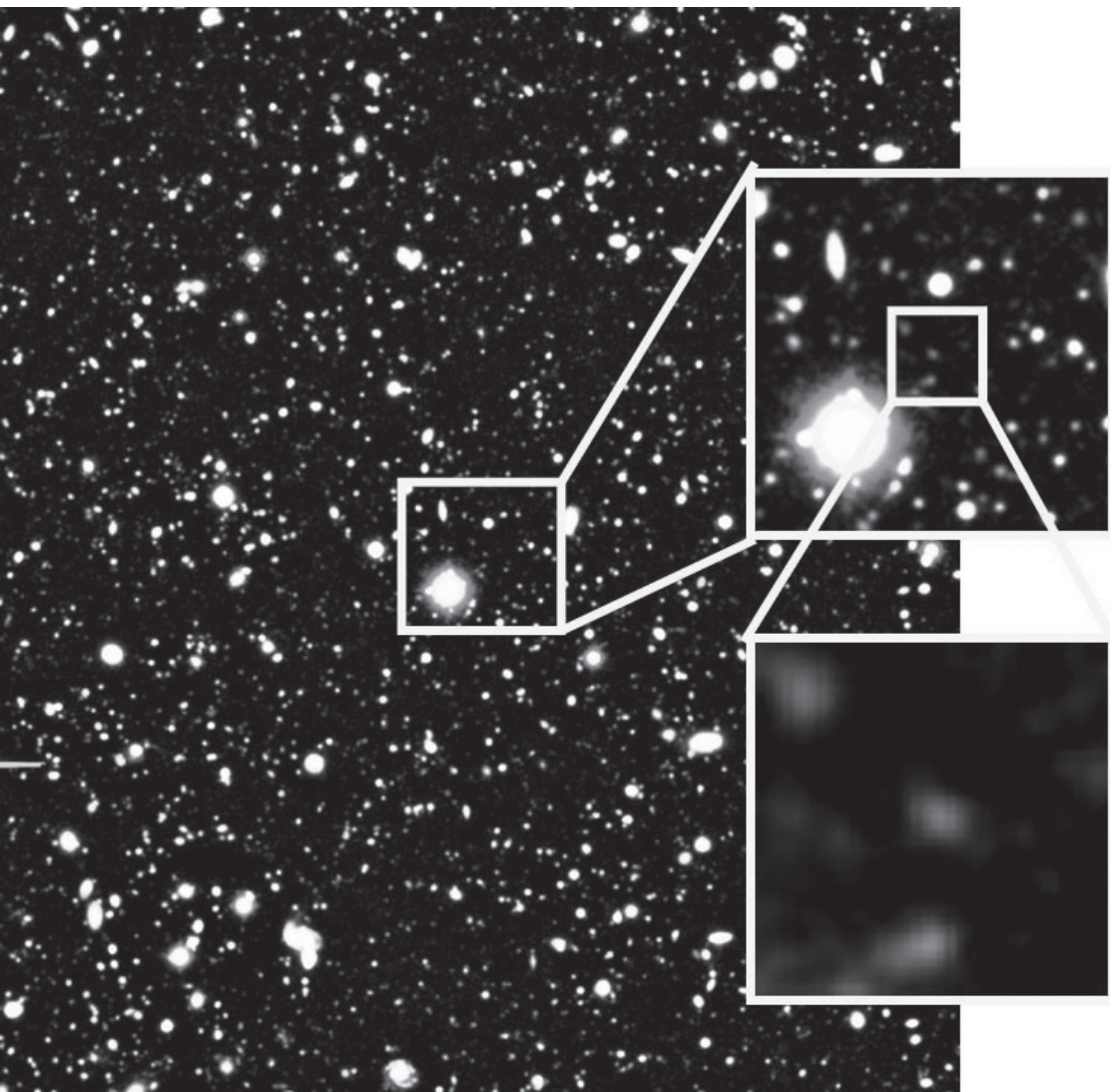


guments en faveur de la théorie hiérarchique de leur formation – théorie soutenant que les grosses galaxies se sont formées et ont grossi aux dépens des plus petites galaxies par suite de collisions et fusions successives.

Les astronomes ont utilisé le télescope spatial Hubble pour explorer la formation des galaxies durant les 900 millions d'années suivant le Big bang. Grâce aux caméras ACS (Advanced Camera for Surveys) et NICMOS (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrograph) ils ont analysé des régions du ciel de façon particulièrement profonde en lumière visible et en infrarouge proche, soit

Images d'une galaxie se trouvant à un redshift de 7,4 (à l'intérieur de la boîte blanche) dans le champ HUDF. Cette galaxie est vue juste 700 millions d'années après le Big Bang. La galaxie disparaît aux longueurs d'onde optiques (à gauche), mais on la voit clairement en infrarouge (à droite), comme le montrent les images du bas.
 (© 2006 (UCO/Lick Observatory).





les champs HUDF (Hubble Ultra Deep Field) et GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey). On y décèle la faible lueur émise il y a 13 milliards d'années par les étoiles des galaxies primitives. Seules les plus lumineuses de celles-ci peuvent être détectées à d'aussi grandes distances.

Série d'images zoomant sur la galaxie IOK-1, l'objet se trouvant au centre du dernier panneau et situé à 12,88 milliards d'années lumière. Le grand champ mesure 254 sur 284 secondes d'arc. Le gros plan ne fait que 8 secondes de côté.
(© NOAJ/Univ. de Tokyo)

Les chercheurs ont ainsi observé des centaines de galaxies lumineuses 900 millions d'années après le Big Bang (ce qui correspond à un redshift de 6 environ). Mais quand ils ont regardé plus profondément, environ 200 millions d'années plus tôt (redshift entre 7 et 8), ils n'en ont identifiée qu'une avec certitude, en plus de quelques candidates douteuses. A l'évidence il a dû se passer pas mal de choses pendant ces 200 millions d'années.

Toutes les galaxies observées dans cette étude sont beaucoup plus petites que notre Voie lactée ou les autres galaxies géantes de notre voisinage. Elles regorgeaient de zones de formation stellaire riches en lumière bleue et ultraviolette qui nous parvient très décalée vers le rouge après un voyage de 13 milliards d'années.

A ce jour, il est impossible de détecter les jeunes galaxies encore plus petites avant qu'elles n'aient fusionné pour former les premières galaxies lumineuses, mais on peut en voir les germes dans le fond cosmique de rayonnement micro-onde (CMB) mesuré récemment avec précision par le satellite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). De petites fluctuations de densité se manifestent dès 400 000 ans après le Big Bang.

Les astronomes utilisant le télescope Subaru à Hawaii ont déniché eux aussi une galaxie ayant un redshift très proche de 7. Se basant sur le nombre d'objets montrant des redshifts inférieurs, ils auraient dû en observer une demi-douzaine. Leur conclusion est donc analogue à celle obtenue avec le HST, il y a eu des changements rapides et importants lorsque le cosmos avait environ 800 millions d'années.

Pour cette étude les astronomes ont pris des images au travers de filtres isolant des longueurs d'onde bien spécifiques correspondant à une émission de l'hydrogène (Lyman-alpha) affectées de redshifts 4,8, 5,7, 6,6 et 7,0, ce qui, converti en âge de l'univers, donne 1,26, 1,01, 0,84 et 0,78 milliards d'années. Les longueurs d'ondes correspondantes sont de 711, 816, 921 et 973 nanomètres. Elles n'ont pas été choisies par hasard. Cette partie rouge du spectre est fortement affectée par l'émission du radical

OH dans notre atmosphère et les filtres sont situés dans quelques rares domaines où cette émission est relativement faible.

La construction du filtre à 973 nanomètres, le plus critique puisqu'il correspond aux galaxies les plus éloignées, a été spécialement difficile et a demandé deux ans de travaux.

Les observations faites dans ce filtre sur un champ bien particulier ont montré plus de 41.000 objets. La comparaison avec les autres filtres a révélé que seuls deux d'entre eux pouvaient être des galaxies de redshift 7, en raison de leur surbrillance. Des spectres ont alors été pris qui ont montré que l'un des deux, IOK-1, était effectivement une galaxie pourvue d'une forte émission Lyman-alpha et située au redshift impressionnant de 6,964, soit une longueur d'onde de 968,2 nanomètres tombant dans la bande passante du filtre. L'identité du second objet est encore incertaine. Il pourrait s'agir d'une galaxie lointaine mais aussi d'un objet variable, plus proche, supernova ou galaxie active.

Voie Lactée

La formation du renflement central, ou bulbe, de notre Galaxie a été plus rapide que ce que l'on croyait et a eu lieu indépendamment de celle du disque. C'est ce qui ressort de l'analyse de la composition chimique de 50 étoiles géantes au moyen du VLT de l'ESO. Le disque se compose d'étoiles de tous âges tandis que le bulbe contient des étoiles vieilles témoins de la formation de la Galaxie, il y a plus de 10 milliards d'années. L'étude du bulbe est donc d'un grand intérêt pour la connaissance de la formation de la Galaxie.

Pour la première fois, une « différence génétique » entre les étoiles du disque et du bulbe a été mise en évidence. On peut en déduire que le bulbe s'est formé plus rapidement que le disque, en moins d'un milliard d'années et dans la prime jeunesse de l'univers.

La composition chimique des étoiles nous renseigne sur celle du milieu interstellaire au moment de leur formation. Elle dépend des générations d'étoiles antérieures et peut ainsi tracer un lien génétique entre différents groupes stellaires. En particulier, la comparaison entre

les abondances de l'oxygène et du fer dans les étoiles est très instructive. L'oxygène est surtout produit par l'explosion d'étoiles massives de courte durée de vie (supernovae de type II), alors que le fer provient le plus souvent de supernovae de type Ia résultant d'étoiles beaucoup plus vieilles. L'abondance relative de l'oxygène par rapport au fer nous renseigne donc sur le taux de formation stellaire au cours de l'histoire de la Voie lactée. Les observations du VLT ont mis en évidence une surabondance de fer des étoiles du bulbe par rapport à celles du disque. On peut en conclure que le bulbe ne s'est pas constitué à partir d'étoiles provenant du disque mais s'est formé indépendamment. D'autre part la comparaison avec les modèles théoriques montre que le bulbe galactique s'est formé en moins d'un milliard d'années, très probablement en une succession de périodes d'activité intense.

Neutrinos

Selon communiqué CERN/CNRS

730 kilomètres sous terre ! C'est le voyage qu'entreprendront des milliards de neutrinos, partant de Genève pour aller dans les Abruzzes près de Rome. A l'arrivée, une poignée d'entre eux se seront transformés. En braquant leur attention sur ces quelques cas, les scientifiques comptent bien apporter la preuve définitive de cette transformation. Ils élucideront ainsi certaines des questions qu'ils se posent sur ces particules et leurs interactions.

L'expérience OPERA (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus), qui détectera les fameux neutrinos a été inaugurée le 11 septembre. Dans la deuxième quinzaine d'août, les premiers neutrinos sont partis du CERN. Le faisceau était dirigé vers le laboratoire du Gran Sasso, plus grand site souterrain du monde pour la recherche expérimentale en physique des particules, situé à 730 kilomètres de là, aux environs de Rome. Il a atteint les détecteurs de l'expérience OPERA, dont l'objectif est d'observer la transformation (ou oscillation) de quelques-uns des neutrinos (qui sont de type muon) en neutrinos d'un autre type (des neutrinos tau). L'expérience OPERA est souter-

raine afin que les détecteurs soient protégés des rayons cosmiques par une montagne (1400 mètres de roche). Après les essais du mois d'août et l'inauguration en septembre, OPERA devait démarrer en octobre.

Les neutrinos, produits dans les étoiles, sont les particules de matière les plus abondantes de l'Univers. Chaque centimètre carré de notre planète reçoit 60 milliards de neutrinos (venant du Soleil) par seconde. Pourtant, les neutrinos interagissent tellement peu avec la matière qu'ils sont difficiles à étudier. En particulier ils n'interagiront pas avec le sous-sol lors de leur parcours souterrain jusqu'en Italie. En outre, l'oscillation se produit au bout d'une grande distance parcourue, ce qui explique la longueur de ce « voyage intérieur » de 730 kilomètres.

Les scientifiques s'intéressent à la façon dont les neutrinos sont reliés entre eux, observable seulement si les neutrinos sont dotés d'une masse. Si tel est bien le cas, cela implique que les neutrinos ont joué un rôle dans l'évolution de l'Univers et constituent une partie (très petite) de la mystérieuse matière noire, invisible aux télescopes et qui se manifeste par des effets gravitationnels. Les relations des neutrinos entre eux et leurs masses pourraient aussi aider les scientifiques à développer une théorie des interactions fondamentales de la nature. En outre, ces éléments pourraient concourir à expliquer pourquoi, dans l'univers, la matière a pris le pas sur l'antimatière. On comprend que l'enjeu est de taille.

Des expériences récentes aux États-Unis et au Japon ont déjà mis en évidence la disparition de neutrinos de type muon, ce qui suggère qu'ils se transforment en neutrinos de type tau. Avec OPERA, la première expérience du genre en Europe, les scientifiques veulent montrer de façon directe la production de neutrinos tau. Sur plusieurs milliards de neutrinos muon partant du CERN, 30 000 interagiront avec les cibles d'OPERA (où le type des neutrinos sera révélé) et environ 15 seulement de ceux qui auront oscillé seront détectés pendant les cinq ans que durera l'expérience. C'est peu, mais suffisant pour que les physiciens complètent cette partie du « puzzle » des neutrinos.

RCW 86

Des observations menées avec les télescopes spatiaux XMM-Newton et Chandra ont confirmé l'identification d'une des explosions stellaires des temps historiques. Elles ont démontré en effet que les restes de la supernova RCW 86 sont beaucoup plus jeunes qu'on ne le pensait et coïncident avec une supernova observée par les Chinois en l'an 185.

L'explosion d'une supernova éjecte les couches externes de l'étoile dans l'espace en créant de violentes ondes de choc. La matière s'échauffe à des millions de degrés et émet d'intenses rayonnements X durant des milliers d'années.

Les astronomes ont mesuré la vitesse d'expansion des couches et en ont déduit un âge approximatif de 2000 ans, ce qui est compatible avec la supernova observée par les Chinois en 185 dans la même région du ciel.

Ceux-ci avaient noté l'apparition d'un nouvel astre scintillant comme une étoile, mais qui ne semblait pas se déplacer dans le ciel, comme le ferait une comète. Il avait ensuite faibli pour disparaître après huit mois, ce qui semble bien attester d'une supernova.

L'identification de cette supernova avec RCW 86 avait déjà été suggérée, mais les premières mesures de la vitesse d'expansion indiquaient un âge de 10.000 ans. Les mesures X, plus précises ont corrigé cette valeur.

*Les données combinées des télescopes spatiaux X Chandra et XMM-Newton sur RCW 86 montrent l'anneau de débris en expansion qui a été créé lors de l'effondrement suivi de l'explosion d'une étoile massive de la Voie Lactée.
(© NASA/CXC/Univ. of Utrecht/J.Vink et al. XMM-Newton : ESA/Univ. of Utrecht/J.Vink et al.)*

