
L'astronomie dans le monde

Venus Express

basé sur ESA PR 50-2005.

La sonde européenne Venus Express a été placée avec succès sur une trajectoire qui va l'amener à quitter le domaine terrestre et à rejoindre la planète Vénus qu'elle atteindra en avril prochain.

Cette petite sœur de la sonde Mars Express, en orbite autour de la Planète rouge depuis décembre 2003, est la deuxième sonde lancée par l'Agence spatiale européenne à destination d'une autre planète.

Venus Express doit se placer en orbite

autour de Vénus pour mener une étude détaillée de la structure, de la chimie et de la dynamique de son atmosphère, marquée par des températures extrêmes, de très fortes pressions, un effet de serre de très grande ampleur et un mouvement de « super-rotation » encore inexpliqué, l'atmosphère accomplissant le tour de la planète en seulement quatre jours terrestres. Venus Express sera aussi le premier orbiteur de Vénus à effectuer des observations de la surface de la planète à travers des « fenêtres de visibilité » récemment découvertes dans les bandes infrarouges.

Cette sonde de 1.240 kg a quitté la Terre à bord d'un lanceur Soyouz-Frégate, qui a décollé de Baïkonour, au Kazakhstan. L'étage supérieur Frégate a effectué une première mise à feu après 9 minutes de vol pour se placer sur une orbite d'attente autour de la Terre. Une seconde mise à feu, 1 heure et 22 minutes plus tard, a propulsé la sonde sur sa trajectoire interplanétaire. Le contact a été établi avec Venus Express par le centre européen d'opérations spatiales (ESOC) de l'ESA à Darmstadt, en Allemagne environ deux heures après le lancement. La sonde s'est correctement orientée par rapport au Soleil, a déployé ses panneaux solaires et a commencé à communiquer avec la Terre via son antenne à faible gain. Trois jours plus tard, elle devait établir la connexion au moyen de son antenne à grand gain.

Venus Express s'éloigne désormais de la Terre à pleine vitesse pour un périple de cinq mois et 350 millions de kilomètres dans le système solaire interne. Après vérification du bon fonctionnement de ses équipements et de sa charge utile, la sonde sera mise en sommeil, ne



contactant plus la Terre qu'une fois par jour. Si nécessaire, une correction de trajectoire est prévue à mi-parcours, en janvier.

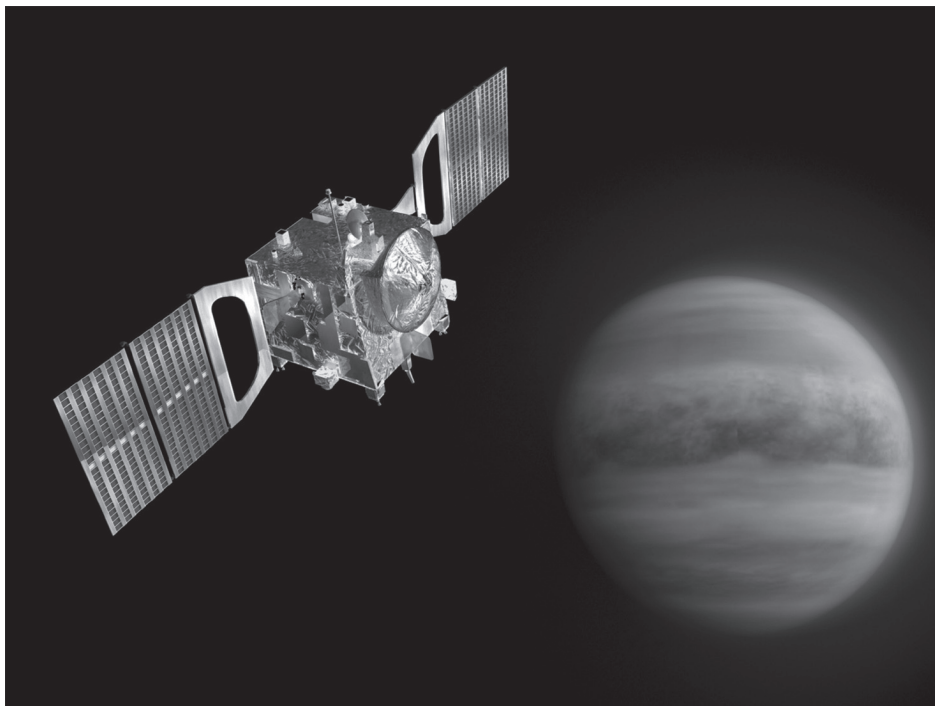
Pour son entrée dans le domaine vénusien, Venus Express va affronter des conditions plus difficiles que celles rencontrées par Mars Express à son arrivée autour de la planète rouge. En effet, Vénus, d'une taille approchant celle de la Terre, est 7,6 fois plus massive que Mars et son champ gravitationnel est en conséquence. Pour compenser cette gravité plus forte, la sonde va devoir allumer son moteur principal pendant 53 minutes afin de décélérer de 1,3 km/s et se placer sur une orbite très elliptique autour de la planète. L'essentiel de ses 570 kg d'ergols sera consommé à cette occasion.

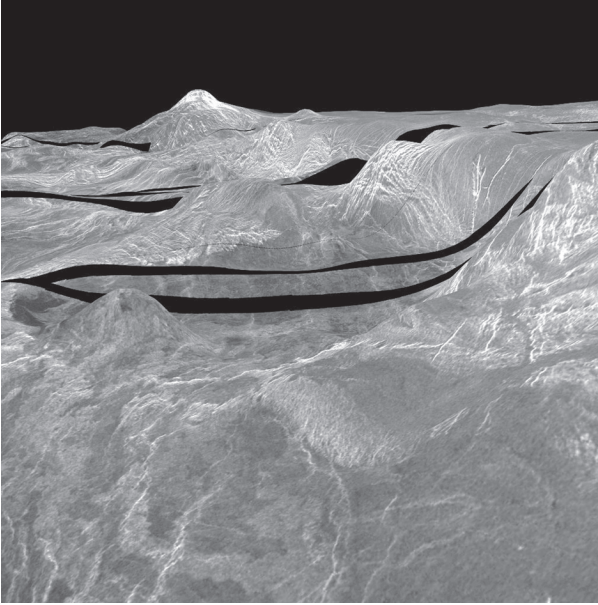
Un second allumage sera nécessaire pour atteindre l'orbite opérationnelle définitive : une orbite polaire parcourue en 12 heures, s'approchant jusqu'à 250 km de la planète et s'en éloignant jusqu'à 66.000 km, afin d'autoriser aussi bien des observations rapprochées qu'une vision globale.

Explorer les planètes pour mieux comprendre la Terre

« Le lancement de Venus Express est une nouvelle illustration de la volonté européenne d'étudier les différents corps telluriques du Système Solaire », a souligné le Dr. David Southwood, directeur du Programme scientifique de l'ESA. « Nous avons commencé en 2003 avec l'envoi des sondes Mars Express et SMART-1 vers Mars et la Lune et toutes deux ont largement dépassé nos espérances. Venus Express marquera une nouvelle étape en attendant de boucler notre premier tour d'horizon avec la mission BepiColombo qui sera lancée vers Mercure en 2013 ».

« Grâce à Venus Express, nous comptons bien démontrer une fois de plus que l'étude des planètes est d'une importance cruciale pour notre propre vie sur Terre », a déclaré Jean-Jacques Dordain, Directeur général de l'ESA. « Pour comprendre l'évolution du climat de la Terre et l'ensemble des phénomènes qui y participent,





Relief tourmenté dans Ishtar Terra, en bordure du haut plateau de Lakshmi visible au fond, à droite (© NASA)

nous ne pouvons pas nous contenter d'observer notre seule planète. Il nous faut décrypter les mécanismes qui régissent les atmosphères planétaires en général. Avec Mars Express, nous étudions l'atmosphère de Mars, avec Huygens nous avons exploré celle de Titan, et avec Venus Express nous allons ajouter une nouvelle pièce à notre collection. A une époque, Vénus et la Terre ont dû être très semblables et il nous faut comprendre pourquoi et comment elles ont pu diverger au point que l'une a pu devenir le berceau de la vie tandis que l'autre s'est transformée en un véritable enfer ».

La mission de Venus Express devrait durer au moins deux jours vénusiens (486 jours terrestres) et pourra être prolongée en fonction de l'état de la sonde.

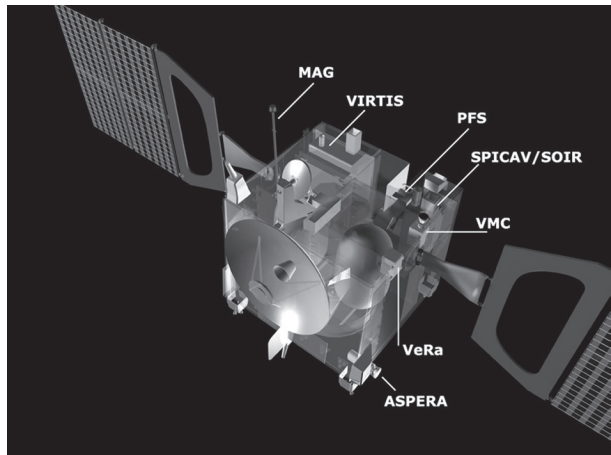
La petite sœur de Mars Express

Venus Express réutilise en grande partie l'architecture développée pour Mars Express, ce qui a permis de réduire les cycles de fabrication et de diviser par deux le coût de la mission tout en préservant les objectifs scientifiques. Approuvée fin 2002, la sonde a ainsi pu être réalisée en un temps record pour être prête à temps pour la fenêtre vénusienne de 2005.

Toutefois, les conditions qui règnent autour de Vénus sont très différentes de celles que l'on rencontre autour de Mars. Le flux solaire y est quatre fois plus intense et il a fallu adapter la conception de la sonde à ce nouvel environnement, notamment en revoyant l'ensemble du contrôle thermique. Là où Mars

Express tentait de conserver de la chaleur pour le bon fonctionnement de son électronique, Venus Express va devoir en dissiper un maximum.

Les panneaux solaires de la sonde ont été entièrement reconçus. Ils sont plus courts et les rangées de cellules solaires alternent avec des miroirs pour réfléchir une partie du flux so-



laire et éviter ainsi des pointes de température à 250°C. Il a même été nécessaire de protéger la partie arrière des panneaux solaires – qui reste normalement dans l'ombre – pour évacuer la chaleur due au rayonnement solaire réfléchi par l'atmosphère de Vénus.

Une atmosphère mystérieuse

Intervenant après une vingtaine de missions américaines et soviétiques menées depuis 1962, la mission Venus Express va tenter de répondre à de multiples questions soulevées par les sondes précédentes et restées sans réponse à ce jour. Elle se concentrera sur les caractéristiques de l'atmosphère, sur sa circulation, sur sa structure et sa composition en fonction de l'altitude ainsi que sur ses interactions avec la surface et avec le vent solaire en altitude.

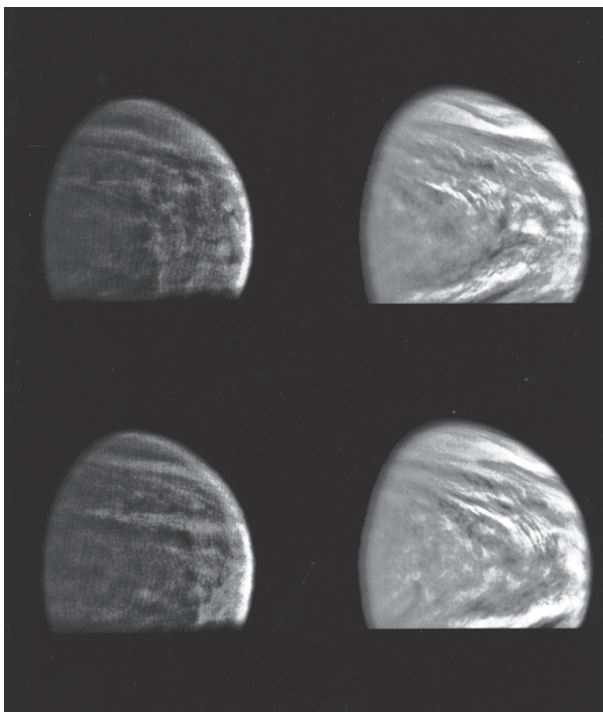
Pour mener cette étude, elle dispose de sept instruments dont trois sont dérivés d'instruments déjà embarqués sur Mars Express, deux d'instruments de la sonde cométaire Rosetta et deux autres sont des nouveaux dé-

veloppements.

Le spectromètre PFS déterminera la température et la composition de l'atmosphère selon l'altitude. Il mesurera également la température de la surface et recherchera une éventuelle activité volcanique. Le spectromètre infrarouge et ultraviolet SpicaV/SOIR et l'expérience VeRa sonderont également l'atmosphère en observant des occultations d'étoiles ou de signaux radio. SpicaV/SOIR tentera en particulier de détecter des molécules d'eau, d'oxygène et de composés sulfuriques, dont on soupçonne la présence dans l'atmosphère vénusienne. 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 mettre en évidence la dynamique atmosphérique.

Associé à un magnétomètre, l'instrument Aspera 4 étudiera les interactions entre la haute atmosphère et le vent solaire en l'absence de protection par une magnétosphère semblable à celle qui entoure la Terre, car Vénus ne dispose pas de champ magnétique planétaire. Aspera 4 observera le plasma généré par ces interactions tandis que le magnétomètre étudiera le champ magnétique induit par ce plasma.

Enfin, la caméra VMC effectuera des prises de vues dans quatre longueurs d'onde, et en particulier dans l'une des « fenêtres infrarouges » révélées en 1990 par la sonde Galileo (lors de son survol de Vénus sur la route de Jupiter) et qui permettent de voir à travers la couche nuageuse jusqu'à la surface. Cette caméra servira aussi à l'étude de la dynamique atmos-



Images de Vénus obtenues par Galileo en 1990 lors de son périple vers Jupiter. Des filtres violets (à gauche) et infrarouges (droite) permettent de sonder l'atmosphère à des profondeurs différentes. (© NASA)

phérique et notamment à l'observation des doubles vortex des régions polaires, dont l'origine reste encore mystérieuse.

Deux lunes de plus

C'est en utilisant le télescope spatial Hubble pour étudier la neuvième planète du système solaire que des astronomes américains ont découvert que Pluton avait non pas une, mais trois lunes.

Pluton a été découverte en 1930. Elle se trouve à près de cinq milliards de kilomètres du Soleil, dans ce que l'on appelle la ceinture de Kuiper, une vaste région peuplée d'astres de glace et de rochers. En 1978, alors que l'on ne connaissait encore que Pluton dans cette zone, on a découvert Charon, son premier satellite,

Il a fallu attendre 2005, et les images de la caméra ACS (Advanced Camera for Surveys) de Hubble pour trouver ces deux petits points lumineux de magnitude 23 semblant accompagner la planète. Ils étaient 5000 fois moins

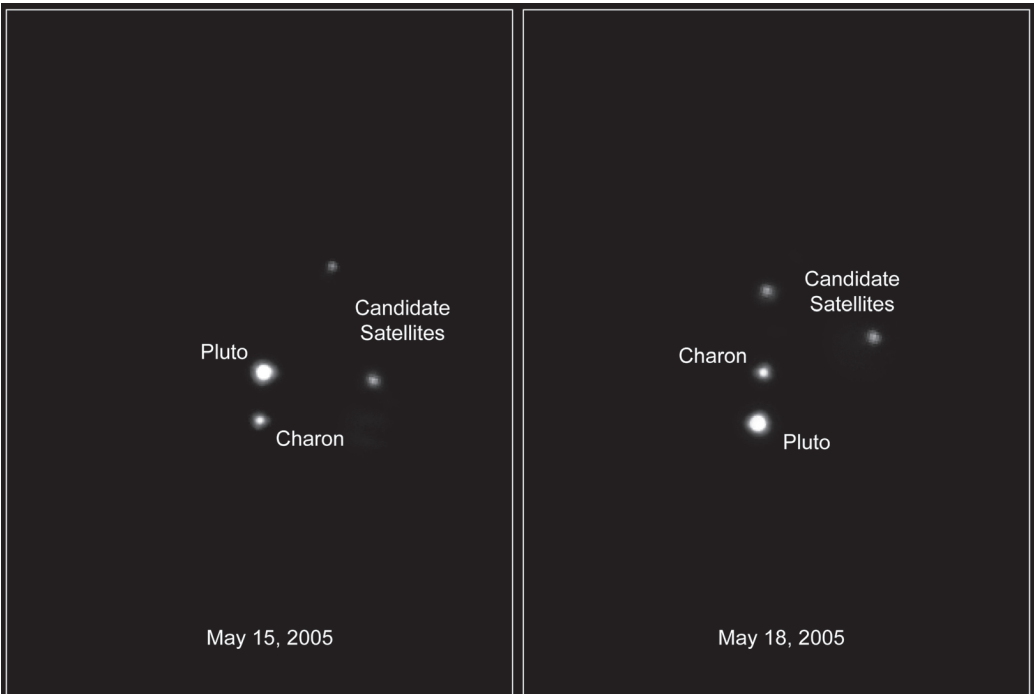
lumineux que celle-ci mais se retrouvaient d'images en images.

L'examen de clichés obtenus en 2002 a confirmé l'existence de ces deux astres. Ils se trouvaient bien là où ils le devaient.

Les deux nouvelles lunes sont désignées provisoirement S/2005 P1 et P2, selon les conventions actuelles des astronomes. Elles orbitent dans le même plan que Charon à environ 65.000 et 50.000 km de Pluton – soit plusieurs fois plus loin que Charon. Leur diamètre est encore incertain, mais doit se situer entre 60 et 200 km. Pour mémoire, rappelons que celui de Pluton est de 2270 km, et celui de Charon 1170 km. Les périodes sont de 38 et 25 jours.

La question de l'origine de ces lunes a déjà été abordée par les astronomes. Ils rejettent l'idée d'une capture. Il est probable qu'elles se soient formées en même temps que Charon lors d'une violente collision interplanétaire.

Le système de Pluton
(© NASA/ESA/Weaver/Stern)



De nouvelles observations sont prévues pour confirmer et préciser cette découverte. C'est alors que des noms moins prosaïques pourront être adoptés pour ces compagnons des dieux de l'enfer.

Selon les astronomes, les observations permettent d'exclure la présence de tout autre objet d'une vingtaine de km ou plus, auprès de Pluton.

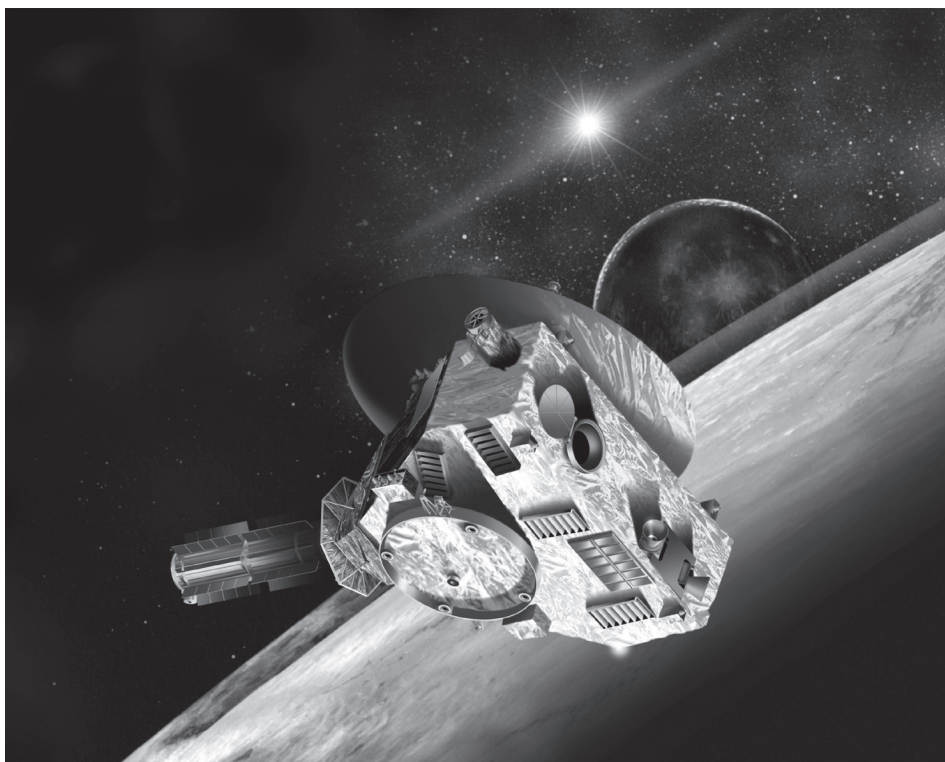
Cela enlève un peu au mystère de cette planète qui sera bientôt la cible de la mission New Horizons de la NASA. Le lancement de cette nouvelle sonde est prévu en janvier 2006, avec une fenêtre s'étendant du 11 janvier au 14 février. Une assistance gravitationnelle de Jupiter est prévue si le lancement peut avoir lieu au début de la fenêtre. Par contre, s'il est retardé jusqu'aux douze derniers jours de cette fenêtre, il faudra adopter une trajectoire directe.

Une seconde fenêtre, de la dernière

chance, est ouverte en février 2007. Après être passée au périhélie en 1989, Pluton s'éloigne progressivement du Soleil, se refroidit, et toute trace d'atmosphère risque de disparaître. Il y a donc tout intérêt à ne pas retarder cette mission.

New Horizons passera en juillet 2015 à 9.600 km de Pluton et 27.000 km de Charon à la vitesse de 11 km/s. Des études d'imagerie (avec des résolutions atteignant 25 m) et de spectroscopie seront effectuées durant les mois précédant et suivant le survol. Les nouveaux petits satellites seront évidemment scrutés avec

Vue d'artiste de la sonde New Horizons auprès de Pluton et Charon. On distingue l'antenne de plus de deux mètres qui doit relayer les données vers la Terre à près de cinq milliards de kilomètres de distance.
(© Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute, JHUAPL/SwRI)



la plus grande attention.

Ensuite la sonde se dirigera plus profondément dans la ceinture de Kuiper pour une exploration fantastique qui durera une ou plu-

Titan

Les caméras infrarouges et le radar de la sonde Cassini lui permettent de percer les brumes du satellite, mais on ne peut choisir les sites visités puisque les survols se font au hasard des orbites. La figure ci-dessous illustre cette situation. Les globes de Titan montrent les zones balayées à ce jour par le radar de Cassini travaillant en mode de synthèse d'ouverture. Les nombres indiqués sont la longitude centrale approximative de chacune de ces images. Les mappemondes sur lesquelles les scans du radar sont superposés ont été construites à partir d'observations réalisées par le télescope spatial Hubble. La trace supérieure de l'image

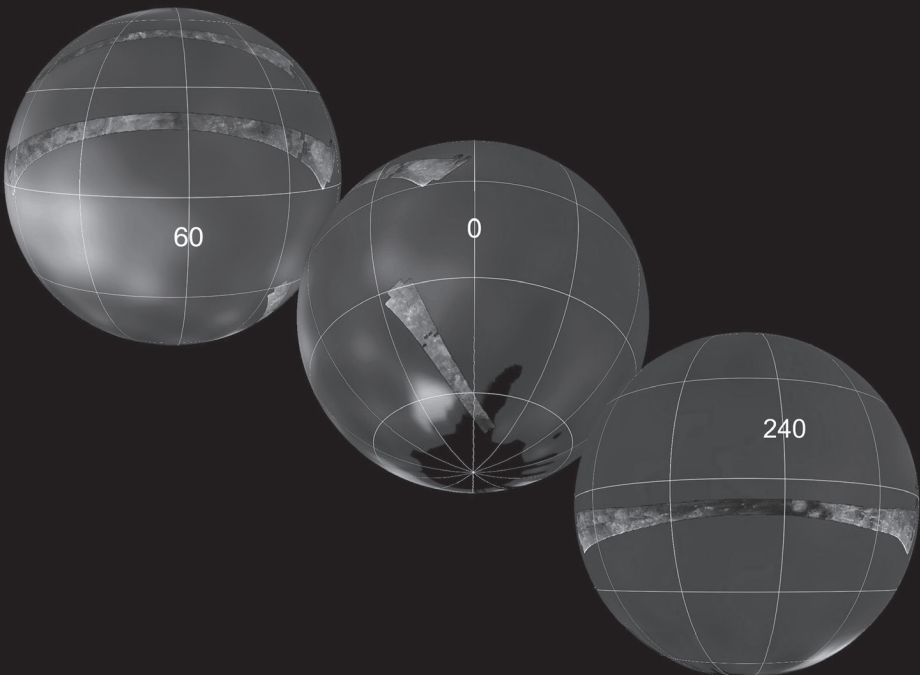
de gauche montre le scan effectué lors du premier survol le 26 octobre 2004. La trace équatoriale est celui du deuxième en date du 15 février 2005. Le balayage du 26 octobre mesure 4.500 km de long. La résolution varie de 300 à 1.500 mètres.

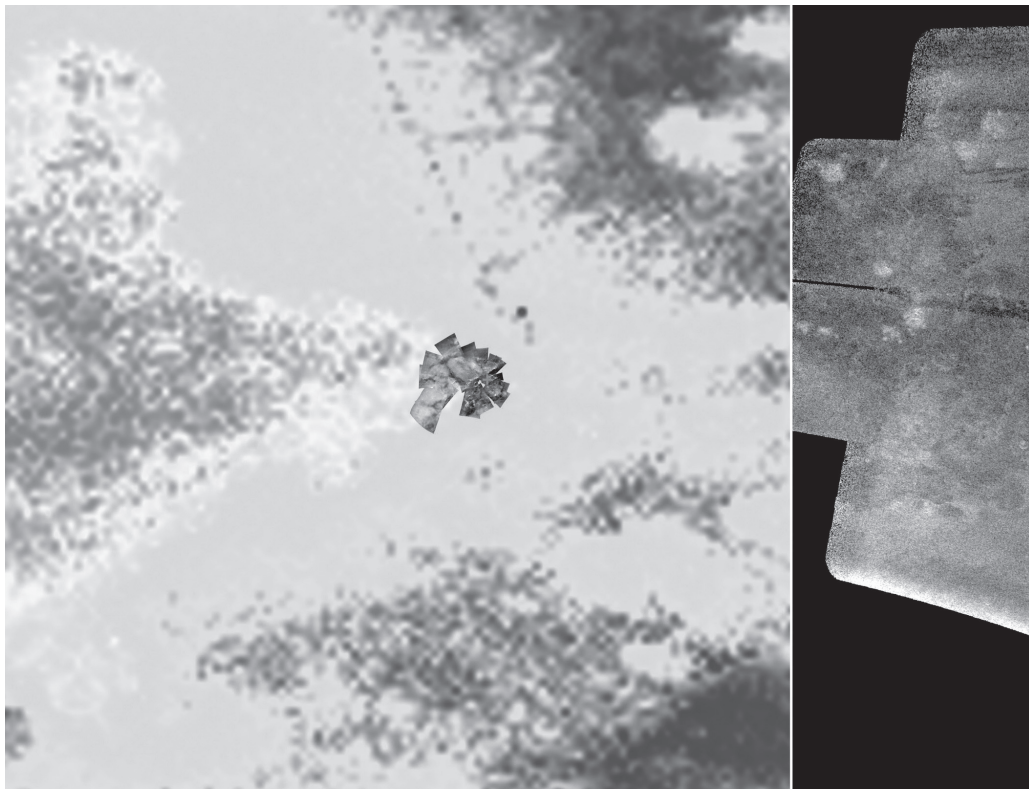
L'image centrale présente le scan effectué lors du troisième survol, le 7 septembre 2005 non loin du pôle sud.

Ces survols ont montré une grande variété géologique, cratères d'impact, dépôts apportés par les vents, canyons, phénomènes cryovolcaniques...

La troisième image montre les contours de la zone balayée lors du récent survol du 28 octobre 2005. Le site où a atterri le module Cassini-Huygens en janvier 2005 se trouve

Scans du radar de Cassini lors des différents survols de Titan (© NASA)





L'image de gauche combine des vues infrarouges et visibles prises par Cassini. Celle de droite a été obtenue par le radar à synthèse d'ouverture de la sonde. Au centre de l'image de gauche, on a superposé la mosaïque assemblée par le module Huygens lors de sa descente. Les contours de cette mosaïque sont également indiqués dans l'image radar. Un examen attentif montre dans l'image de gauche une certaine corrélation des zones claires de Huygens avec celles vues par Cassini. Par contre, à droite, on ne voit rien de tel. (© NASA/JPL/University of Arizona/Space Science Institute)

tout à droite de la bande couverte par le radar.

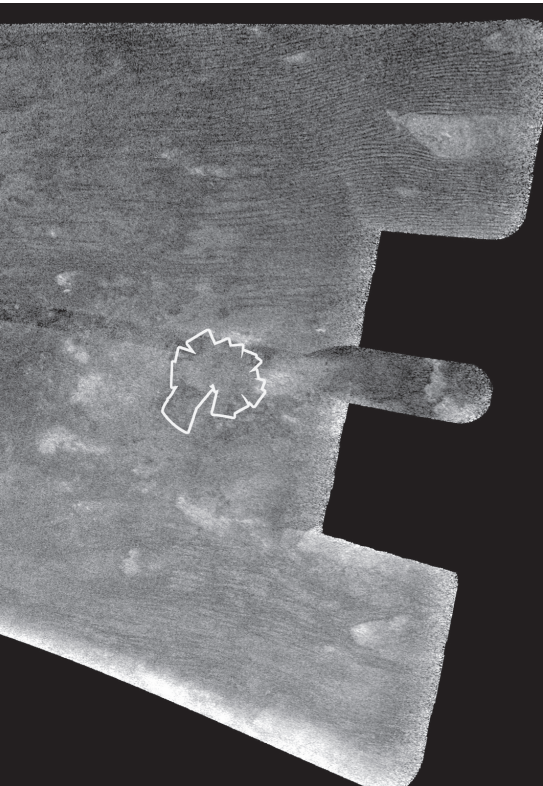
Pour la première fois, la trajectoire de la sonde lui a donné l'occasion de scanner la zone d'atterrissage de Huygens ce qui, en principe, permettrait de combiner les données obtenues par les deux sondes et de mieux les interpréter.

Mais cela ne semble pas si simple comme l'illustre la figure ci-dessus.

Les images infrarouges de Cassini sont à première vue en accord avec les photos prises par Huygens. Cela est assez normal si l'on considère que les régions brillantes sont de la glace bien propre et les régions sombres des dépôts d'hydrocarbures.

Par contre le radar ne fait pas la distinction entre blanc et noir, mais entre lisse et rugueux. Les zones lisses paraissent plus sombres que les zones rugueuses. La comparaison des données montre qu'il n'y a pas de correspondance évidente entre glaces et hydrocarbures d'une part, et surfaces lisses et rugueuses d'autre part.

Une conclusion générale s'impose. La surface de Titan est plus complexe qu'on ne le pensait. Des terrains apparaissant monotones lorsqu'on les observe avec un instrument révè-



lent un surprenant chaos avec un autre.

Au fur et à mesure que s'accumulent les images de Titan, les astronomes déploient des trésors d'imagination pour affubler de noms les différentes taches plus ou moins sombres qu'on y distingue, un travail de nomenclature qui leur plaît certainement quand on regarde les cartes de la Lune, de Mars, ou le catalogue des astéroïdes.

A titre d'exemple nous reproduisons ci-dessous les noms provisoire de la région de Shangri-la et Xanadu (et oui!).

Cassini

La photo de couverture montre un superbe rassemblement de trois satellites de Saturne (Dioné, Téthys et Pandore) et des anneaux, fournissant de la sorte un bon échantillon de la diversité des mondes du royaume cronien. Un énorme bassin d'impact de 330 km de diamètre est faiblement visible du côté inférieur droit de Dioné avec, à sa gauche, un joli cratère d'apparence bien classique. Sur Téthys on aperçoit Ithaca Chasma. Même Pandore montre quelques détails à la limite de la résolution.

Dans cette vue obtenue le 22 septembre depuis une distance de 1,2 millions de km,

Téthys (1.071 km de diamètre) est de l'autre côté des anneaux, contrairement à Dioné (1.126 km) et Pandore (84 km). Ce dernier avait été photographié en plus grands détails le 5 septembre alors qu'il n'était qu'à 52.000 km de distance (voir page suivante). Les cratères que l'on y voit sont recouverts de débris, ce qui témoigne d'un processus évolutif rapide (au sens géologique). Les sillons qui marquent la surface suggèrent des fractures dans la croûte superficielle. Le contraste est saisissant avec les reliefs extrêmement nets d'Hypérion (cf *Le Ciel*, novembre 2005, couverture 1 et p. 341)





*Le satellite de Saturne,
Pandore, photographié par
Cassini
(© NASA/JPL/Space Science
Institute)*

*Le satellite de Saturne,
Calypso, photographié par
Cassini
(© NASA/JPL/Space Science
Institute)*

Autre petite lune montrée ci-contre, Calypso est un satellite troyen de Saturne par rapport à Téthys (dans le domaine de la mécanique céleste on est toujours « troyen » par référence à deux autres astres). Elle suit ce dernier de 60° dans son orbite autour de la planète. Un autre troyen de Téthys, Télésto, le précède du même angle.

Calypso ne fait que 22 km de diamètre et, comme maintes autres lunes et maints astéroïdes, il a été façonné par une série d'impacts donnant une superposition indéchiffrable de cratères. Malgré la mauvaise résolution de l'image, il apparaît qu'un matériau pulvérulent recouvre les reliefs. Calypso était à 101.000 km de Cassini lorsque l'image a été obtenue, le 23 septembre 2005.

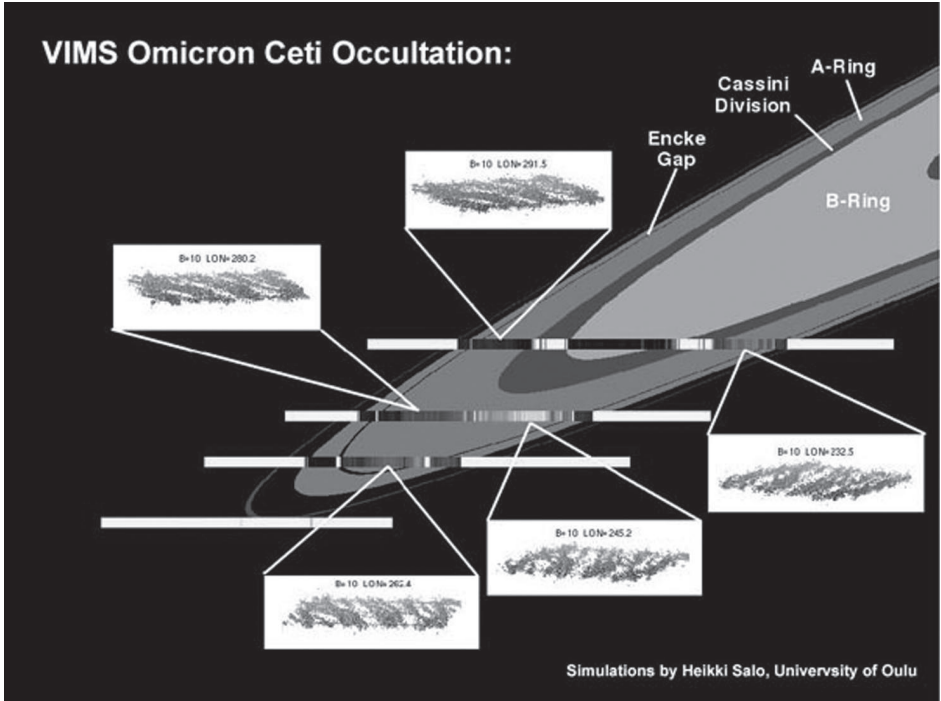
Mira et les anneaux

Cassini ne s'occupe pas que des satellites. L'observation des variations d'intensité d'une étoile au travers des anneaux montre que les particules de glaces sont arrangées de façon régulière, à la façon des rayons d'une roue. Ces alignements sont le fait d'interactions des particules entre elles, et de l'attraction de la planète.

L'existence de ces « sillages gravitationnels » avait été prévue par les théoriciens dès les années 70, mais leur largeur était si petite, une centaine de mètres, qu'il a toujours été impossible de les voir directement, même avec les caméras de Cassini.



L'étoile observée n'était autre que Mira (omicron) Ceti, la « merveilleuse de la Baleine ». Son intensité était mesurée à intervalles réguliers de 80 millisecondes. Pendant ce court instant l'étoile se déplaçait de 1,2 km par rapport aux anneaux. Le diamètre de l'étoile, projeté sur les anneaux était de 4 km. Ces dimensions sont nettement plus grandes que la largeur des sillages et une détection directe était à nouveau impossible. Mais l'existence d'une asymétrie dans les observations au cours du transit ne pouvait s'expliquer que par la présence de tels sillages. Le changement de l'orientation des particules entraîne une extinction plus ou moins forte de la lumière stellaire. On peut ainsi observer en deux endroits parfaitement symétriques de l'anneau une absorption différente parce que les particules sont vues de face ou de profil.



Outre ces conclusions relatives aux sillages gravitationnels, les observations de Mira Ceti ont donné une mesure indirecte, mais assez fiable de l'épaisseur des anneaux, une dizaine de mètres seulement.

Itokawa

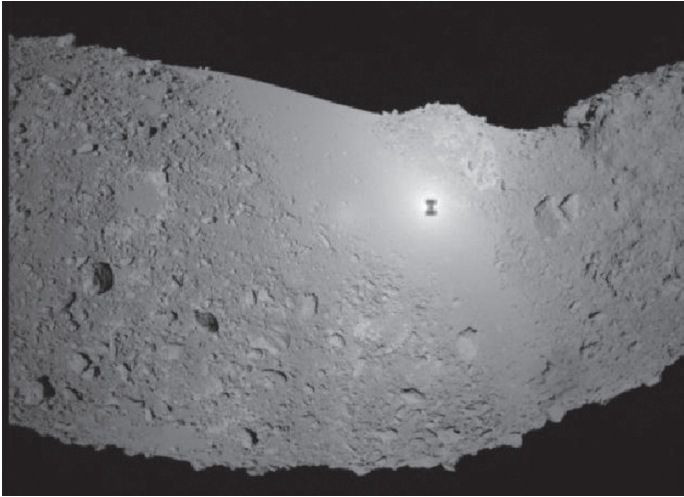
La visite de l'astéroïde Itokawa par la sonde japonaise Hayabusa (cf *Le Ciel*, octobre 2005, p. 292) ne se fait pas sans mal. L'envoi du mini-robot Minerva a échoué. Au moment où nous écrivons ces lignes, la sonde venait de se poser une première fois mais avec des résultats mitigés.

Le 3 novembre, une première simulation de la procédure avait été effectuée. La sonde se trouvait à 3,5 km de la surface d'Itokawa. et était descendue jusqu'à 700 mètres. le but était de calibrer les systèmes de guidage et d'approche. Une anomalie parmi les informations reçues a alors entraîné l'annulation de la suite des manœuvres prévues, et une reprise d'altitude.

Diagramme des anneaux de Saturne montrant le trajet de Mira Ceti au cours de quatre occultations observées par la sonde Cassini. La noirceur de la barre en chaque endroit indique l'importance de l'absorption lumineuse par les anneaux. Les encadrés illustrent l'orientation des sillages gravitationnels par rapport à la ligne de visée sonde-étoile.

De nouvelles répétitions générales d'atterrissage sur l'astéroïde ont eu lieu les 9 et 12 novembre, le vaisseau spatial se plaçant respectivement à 70 et 55 mètres de l'astéroïde. C'est lors de cette dernière approche qu'un minuscule robot d'environ 600 grammes (Minerva) a été libéré. Il devait photographier la surface et effectuer des mesures de températures, mais il n'a pas été lancé au bon moment et semble s'être perdu dans l'espace.

Pas de chance non plus le 20 novembre puisque le contact avec Hayabusa a été perdu durant trois heures. On a d'abord cru que la sonde était descendue à une dizaine de mètres du sol avant d'entrer pour une raison technique



On peut voir l'ombre du photographe sur cette image de l'astéroïde Itokawa prise le 20 novembre.
(© *Japan Aerospace Exploration Agency*)

en mode de sécurité. Elle aurait plané à cette altitude au lieu de poursuivre sa descente. Mais une revue soigneuse des événements laisse penser qu'il a bien eu atterrissage, après quelques rebonds. Hayabusa serait resté 39 minutes sur le sol, malheureusement sans procéder à la récolte de poussières qui était prévue. On espère malgré tout que les chocs auront soulevé un nuage de particules et qu'une petite quantité s'en sera introduite dans le conteneur.

Finalement, les ingénieurs ont pu renvoyer le vaisseau défaillant à une centaine de kilomètres de distance (au lieu des 7 km de l'orbite nominale), espérant un meilleur résultat lors d'une prochaine tentative.

En principe, Hayabusa doit revenir sur Terre avec les échantillons qu'il aura collectés. Si les espoirs reportés pour une dernière tentative d'approche ne se concrétisent pas, cette expédition de retour sera inutile.

Les Montagnes de la création

Sous ce nom pompeux, se cache une zone de formation stellaire. La lumière infrarouge permet au télescope spatial Spitzer de voir ce qui se cache à l'intérieur de la nébuleuse W5,

W5 dans Cassiopée, par le télescope spatial Spitzer (© NASA/JPL-Caltech/L. Allen, Harvard-Smithsonian CfA)

dans Cassiopée, à 7.000 années lumière de nous. Cette image n'est pas sans rappeler la fameuse photo prise par le télescope spatial Hubble de la nébuleuse M16 (de « l'Aigle »), montrant ce que l'on avait surnommé les « piliers de la création ».

La région photographiée par Spitzer est dix fois plus étendue. Le pouvoir pénétrant de l'infrarouge permet de distinguer des centaines d'étoiles en formation dans le pilier droit, et une douzaine dans celui de gauche. La formation de ces nouveaux amas stellaires semble avoir été dirigée par le rayonnement et le vent d'une étoile très massive située au-dessus de la photo, dans la direction pointée par les piliers.





L'émission infrarouge de la nébuleuse est principalement due à des molécules organiques PAH (hydrocarbures aromatiques polycycliques) chauffées par la lumière des nouvelles étoiles.

NGC1333

Il s'agit d'une autre zone de formation stellaire observée par le télescope spatial Spitzer. L'image de la page suivante montre un grand nombre d'étoiles très jeunes dans l'amas

NGC 1333, ou plutôt dans deux amas. Jets et ondes de choc sèment le chaos dans le nuage de gaz se trouvant dans la région inférieure de l'image, On y a décelé des disques protoplanétaires autour de plus de 80 nouvelles étoiles.

La région supérieure est plus tranquille. Les nuées de gaz se sont déjà dispersées, laissant une cavité dont les parois sont échauffées par le rayonnement stellaire et réémettent en infrarouge.