

# L'astronomie dans le monde

## **Wassonite, Krotite et autres**

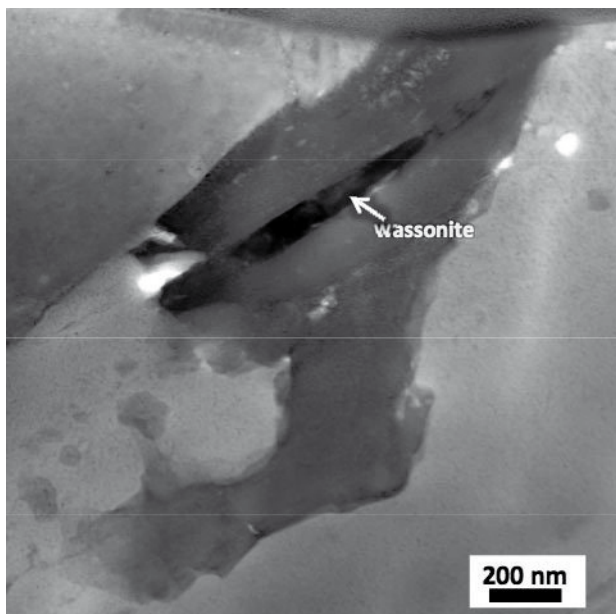
Un minéral inconnu découvert dans une pierre venue de l'espace et tombée dans les régions polaires. Voilà qui n'est pas sans rappeler l'album de Tintin, l'Étoile Mystérieuse, et le calystène. La météorite, Yamato 691, est une chondrite de type enstatite (une forme de silicate). Elle a été découverte avec huit autres en Antarctique, dans les Monts Yamato, en 1969, l'année où les premiers échantillons lunaires des missions Apollo ont été ramenés sur Terre – année aussi où ont été découvertes les fameuses météorites de Murchison et d'Allende.

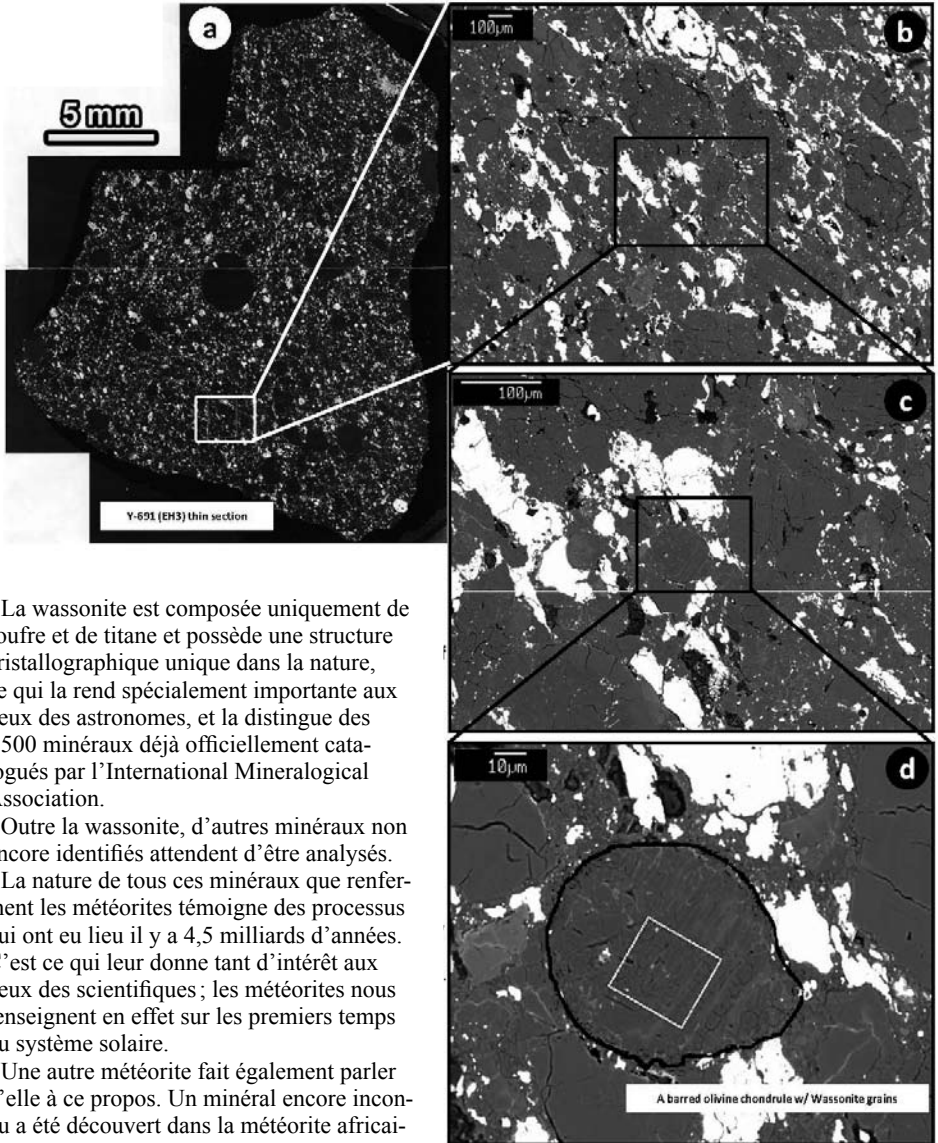
Cette découverte marqua le début de recherches systématiques dans le continent austral principalement par les Japonais et les Américains. Plus de 40 000 pierres ont ainsi été retrouvées, parmi lesquelles de très rares météorites martiennes et lunaires.

Les grains de ce nouveau minéral sont allongés et très petits (50 nanomètres sur 450). Il aurait été impossible de les distinguer sans l'aide d'un microscope électronique spécial de la NASA, permettant de les isoler et d'en déterminer la composition chimique et la structure atomique.

Le nom de wassonite a été attribué en l'honneur de John T. Wasson, grand spécialiste des météorites.

*Photo d'un grain de wassonite au microscope électronique à transmission (STEM).*





La wassonite est composée uniquement de soufre et de titane et possède une structure cristallographique unique dans la nature, ce qui la rend spécialement importante aux yeux des astronomes, et la distingue des 4 500 minéraux déjà officiellement catalogués par l'International Mineralogical Association.

Outre la wassonite, d'autres minéraux non encore identifiés attendent d'être analysés.

La nature de tous ces minéraux que renferment les météorites témoigne des processus qui ont eu lieu il y a 4,5 milliards d'années. C'est ce qui leur donne tant d'intérêt aux yeux des scientifiques ; les météorites nous renseignent en effet sur les premiers temps du système solaire.

Une autre météorite fait également parler d'elle à ce propos. Un minéral encore inconnu a été découvert dans la météorite africaine NWA 1934. Il est le principal constituant d'une inclusion d'aspect très particulier (on l'appelle affectueusement « l'œuf fêlé ») et sa composition, un silicate d'aluminium et de calcium  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ , est semblable à celle d'un composant de bétons réfractaires. Découverte par Chi Ma et ses collègues, la krotite a été

*Zooms successifs d'une coupe de la météorite Yamato 691, commençant par une vue d'ensemble (a). L'unique chondrule contenant des grains de wassonite est entourée d'un cercle (d).*

***Ce grain de quelques millimètres (« l'œuf fêlé ») prélevé dans la météorite NWA 1934 contient de la krotite dans les veines sombres.***  
(© *Chi Ma et al.*)

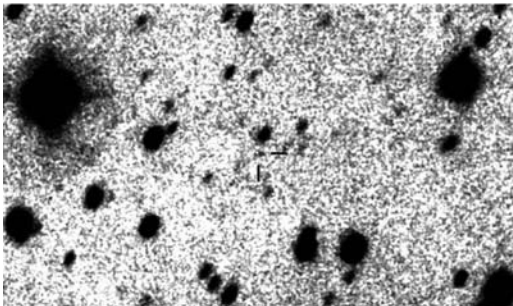
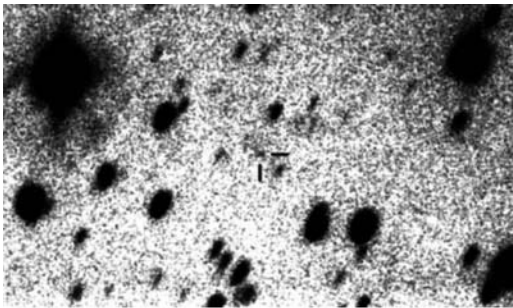


nommée en l'honneur du cosmochimiste A.N. Krot. Elle a dû se former à très haute température, au moins 1 500°C, sous faible pression, et est probablement l'un des premiers minéraux du système solaire, témoin d'une époque où de telles conditions pouvaient se rencontrer dans la nébuleuse protoplanétaire. Cette étude mentionne ici aussi la présence

d'au moins huit autres minéraux, dont un encore inconnu des scientifiques.

### ***Hale-Bopp***

En 2007, dix ans après son passage au périhélie, la comète Hale-Bopp continuait à montrer des signes d'activité avec une coma de gaz et de poussières. Elle était alors à 26 unités astronomiques du Soleil. Une nouvelle étude montre que la comète a fini par s'éteindre à la distance de 30 UA. Il semble que le noyau d'une comète de ce type doit se refroidir sous -220°C pour cesser toute activité. Hale-Bopp passera 25 siècles dans les confins glacés du système solaire avant de revenir à nouveau se chauffer quelques années au Soleil.



***Deux images de la comète Hale-Bopp obtenues le 4 décembre 2010 avec le télescope de 2 m 20 MPI/ESO de La Silla. L'astre était alors à la distance de 30,7 unités astronomiques de nous.***  
(© *G. Szabó et al.*)

## **Dawn**

Le 16 juillet prochain, la sonde Dawn de la NASA devrait entrer en orbite autour de l'astéroïde 4 Vesta (le quatrième astéroïde à avoir été découvert). Vesta est le plus brillant des astéroïdes de la ceinture principale. Lors des oppositions favorables, comme celles de 2007 et 2011, il est visible à l'œil nu. A l'opposition du 5 août 2011, sa magnitude sera de 5,6. On peut donc dire que c'est la dernière des planètes visibles à l'œil nu qui n'ait pas encore été explorée, une omission qui sera bientôt réparée.

Pour spectaculaire que cela soit, cette insertion en orbite autour d'un astéroïde n'est pas une première. En février 2000, une autre sonde de la NASA, NEAR-Schoemaker, s'était placée en orbite autour du petit astéroïde 433 Eros et, après une année d'observation, elle s'y était finalement posée. En 2005, une sonde japonaise, Hayabusa, atterrissait brièvement sur l'astéroïde 25143 Itokawa après quelques semaines d'observation rapprochée. La sonde n'était cependant pas vraiment en orbite autour de l'astéroïde, mais était sur une orbite héliocentrique parallèle. Eros et Itokawa sont de petits astéroïdes peu massifs, et il faut reconnaître qu'il y a peu de différence entre un

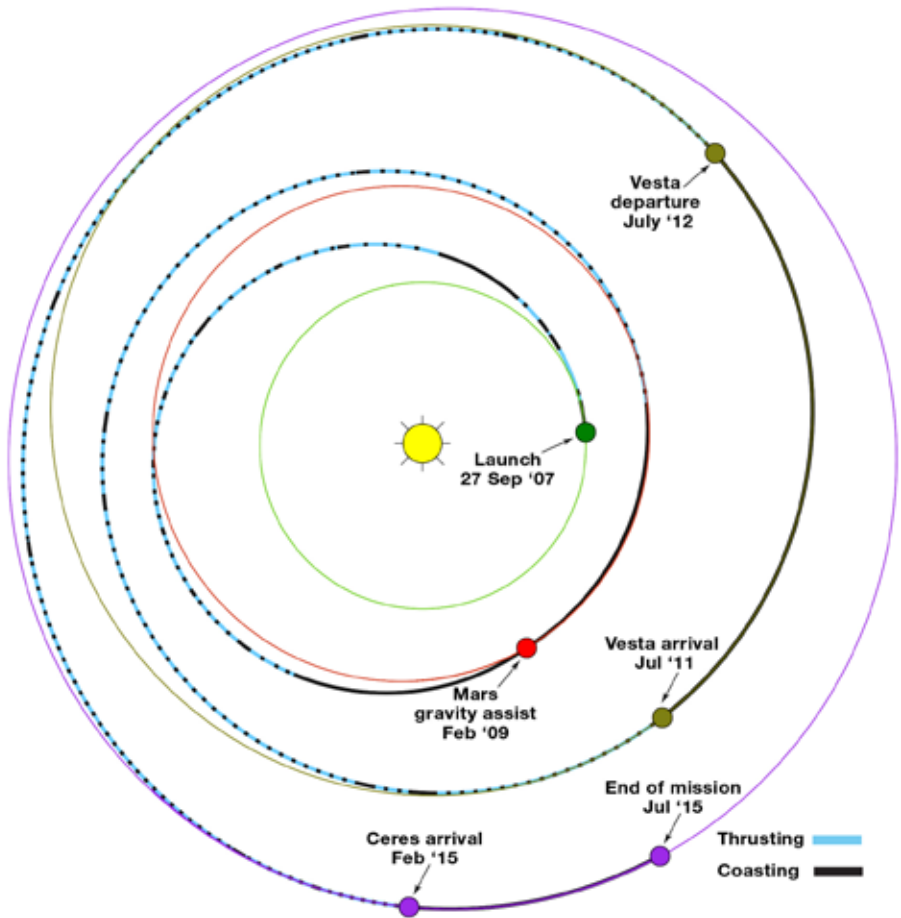
*Mosaïque de quatre images d'Eros prise par la sonde NEAR le 14 février 2000, peu après l'insertion en orbite de la sonde. (NASA/JHUAPL)*



*Départ, le 27 septembre 2007, de la fusée Delta II emportant Dawn vers la ceinture des astéroïdes. (© NASA)*

mouvement orbital autour de ces cailloux et du sur-place. Il n'en est pas de même pour Vesta. Avec un peu plus de 500 kilomètres de diamètre, c'est un astre respectable, le deuxième plus gros astéroïde de la ceinture principale. La gravité y est de 0,022 g seulement, mais la vitesse d'échappement est malgré tout un respectable 350 m/s (contre 10 m/s pour Eros et 20 cm/s pour Itokawa). Il ne suffirait donc pas à un astronaute de bondir pour s'en échapper.

Au début mai, alors qu'elle était encore à plus d'un million de kilomètres de Vesta, Dawn est entrée dans la phase d'approche officielle. A partir de ce

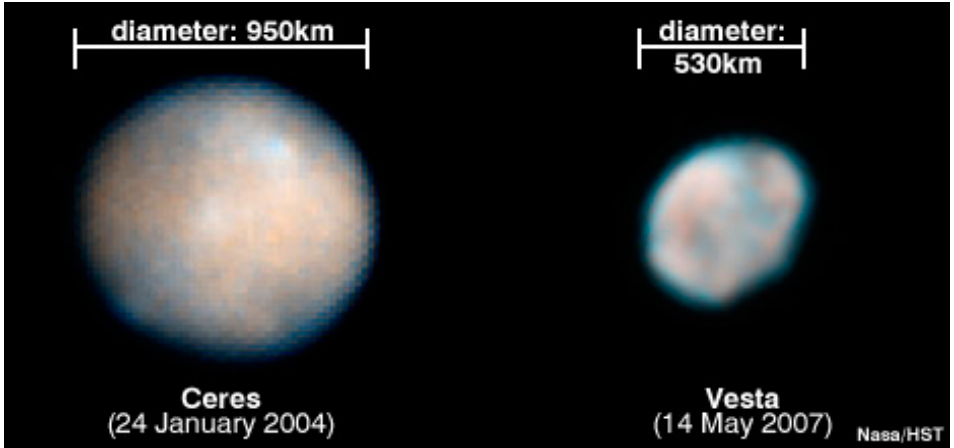


*Schéma de la trajectoire de Dawn (en pointillés) avec les orbites de la Terre, Mars, Vesta et Cérés. La planète Mars a fourni une assistance gravitationnelle en février 2009. Les scientifiques ont calculé que la Planète Rouge a été légèrement ralentie dans l'aventure : après un an sa position sur son orbite est à peine modifiée de la largeur d'un atome.*

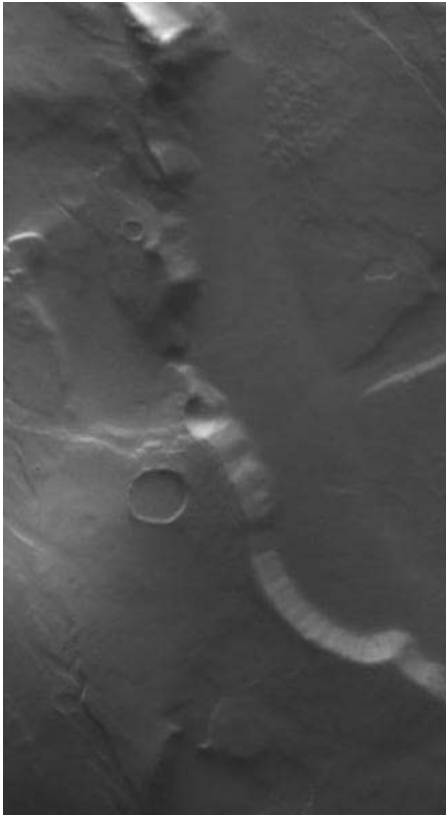
moment les caméras peuvent être utilisées pour aider au guidage.

Jusqu'alors, la trajectoire était calculée à partir de la télémétrie radio entre la Terre et la sonde, mais la précision de cette méthode n'est plus suffisante lorsque l'on approche de la cible. Les images de Vesta vue depuis la sonde elle-même au milieu des champs stellaires permettent d'affiner considérablement la mesure de la position du vaisseau.





*Cérès et Vesta vues par le télescope spatial Hubble. (© NASA/HST)*



La page suivante montre les premières images de la série, obtenues le 3 mai. L'astéroïde était alors à une distance de 1,3 million de kilomètres.

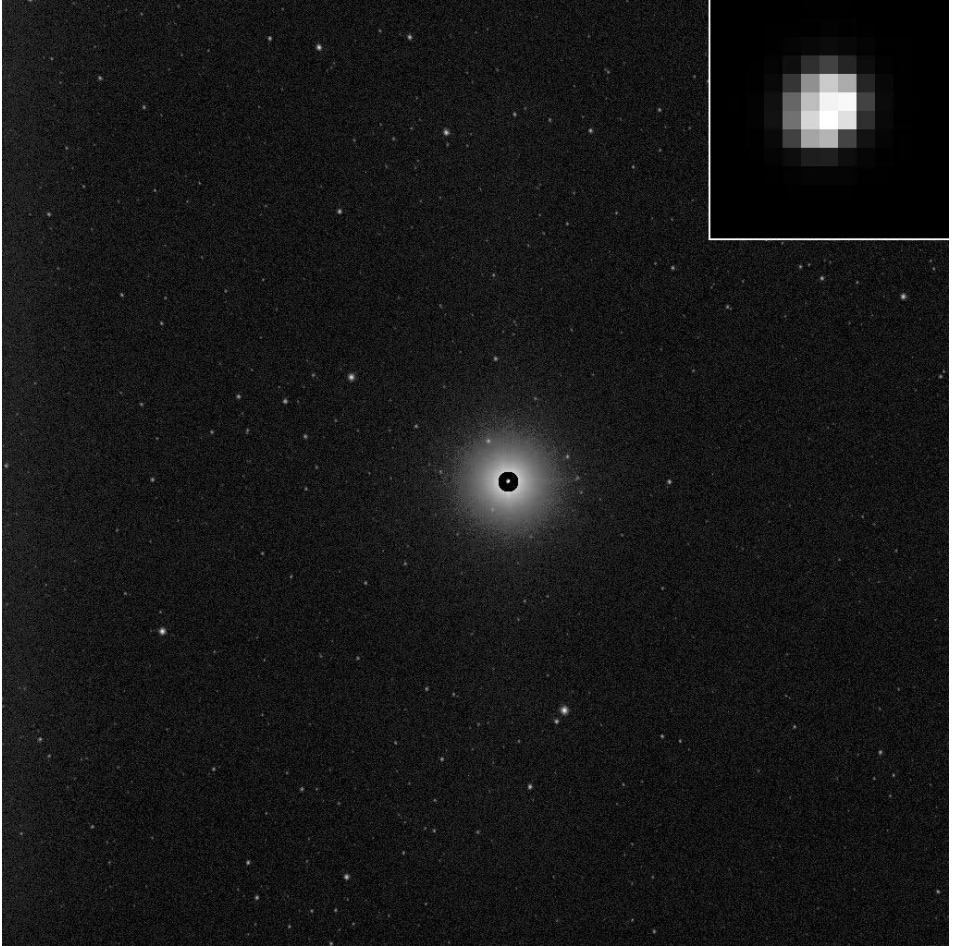
Les corrections de trajectoire sont effectuées par des moteurs ioniques accélérant des ions de xénon à très grande vitesse. Ces moteurs sont extrêmement efficaces, beaucoup plus que les moteurs-fusées classiques mais agissant moins brutalement.

Les trajectoires de Vesta et Dawn sont de plus en plus similaires et doivent devenir quasiment identiques au moment où l'attraction de l'astéroïde capturera Dawn, à une distance d'environ 16 000 km.

En attendant, les scientifiques scruteront les images pour déceler d'éventuelles lunes

*Image de Mars prise par Dawn lors de son survol le 17 février 2009.*

*(© NASA/JPL/MPS/DLR/IDA, Dawn Flight Team)*



autour de Vesta. Les observations effectuées depuis le sol ou les observatoires spatiaux n'ont pas encore trouvées mais rien n'interdit de penser qu'il existe de petits satellites. La période d'approche est également mise à profit pour calibrer les détecteurs de neutrons et de rayons gamma ainsi que les spectromètres dans le visible et l'infrarouge.

Dawn doit rester en orbite pendant un an autour de Vesta. Ensuite la sonde reprendra sa route vers sa seconde destination, 1 Cérés, le premier et le plus gros des astéroïdes de la ceinture principale, qu'il atteindra en 2015.

*Premières images de Vesta obtenues par Dawn le 3 mai, au tout début de la phase d'approche. La partie centrale de l'image, saturée et gonflée par une pose longue, a été remplacée par une pose plus courte montrant Vesta sous sa taille réelle, environ cinq pixels (cf encadré).*

*La sonde était à la poursuite de l'astéroïde et calquait sa trajectoire sur la sienne. Il lui restait ici encore plus d'un million de kilomètres à grignoter avant de rattraper Vesta. (NASA/Dawn)*

Rappelons qu'officiellement Cérés est une planète naine. Elle partage ce titre avec Haumea, Makemake, Eris et Pluton. Vesta ne l'est pas, mais pourrait le devenir s'il s'avère que sa forme un peu tourmentée est compatible malgré tout avec l'équilibre hydrostatique. En attendant, rien n'empêche de l'appeler astéroïde, voire petite planète si l'on est pas à portée des oreilles d'un astronome tatillon.

Ces deux visites aideront les astronomes à dévoiler les secrets de l'origine du système solaire. Ils pourront comparer les deux astéroïdes géants et comprendre les raisons de leurs différences. Les instruments de Dawn établiront la topographie de chacun des astéroïdes, la composition de sa surface et sa texture. L'analyse minutieuse des trajectoires permettra de cartographier les champs de gravité et d'en déduire des informations sur la structure interne de ces petites planètes.

### **Tempel 1**

L'analyse des données recueillies lors de l'expérience Deep Impact suggère la présence de cavités sous une grande partie de la surface de la comète Tempel 1. Ces cavités contiendraient du gaz sous pression, ce qui pourrait expliquer les éruptions et fragmentations que subissent les comètes. Cette étude se base sur la mesure de la vitesse des particules éjectées par l'explosion. Quelques jets plus rapides dans le nuage général pourraient avoir leur source dans la décompression de poches de gaz se trouvant quelques mètres sous le sol.

### **Pluton**

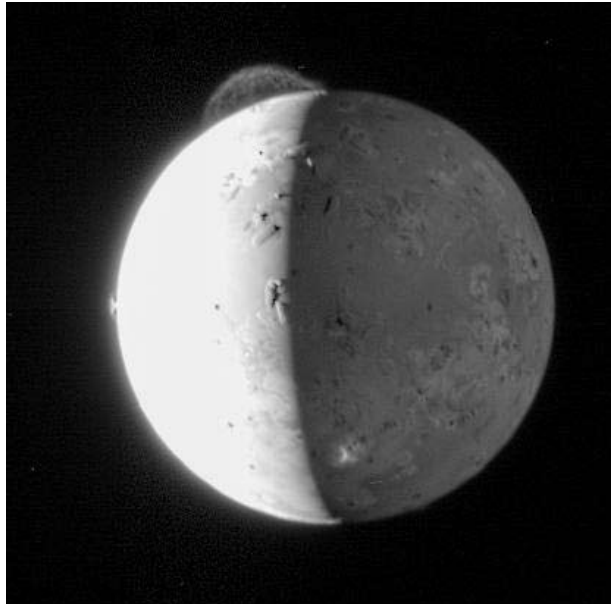
L'atmosphère de ce monde glacé semble avoir grossi durant la dernière décennie, et on y a trouvé du gaz carbonique, un composé qui n'était pas présent au début du siècle. Les astronomes sont dans l'expectative devant ce regain d'activité alors que l'astre s'éloigne de plus en plus du Soleil (le passage au périhélie eut lieu en 1989).

### **Io**

Les progrès en physique des minéraux et dans la modélisation des interactions entre Io et le champ magnétique de Jupiter ont permis de réanalyser les données magnétiques de la sonde Galileo obtenues il y a plus de dix ans. Il apparaît qu'un océan de magma d'une épaisseur de plus de 50 km doit exister sous la surface du satellite. Io montre la plus grosse activité volcanique du système solaire, produisant cent fois plus de lave que tous les volcans de la Terre réunis.

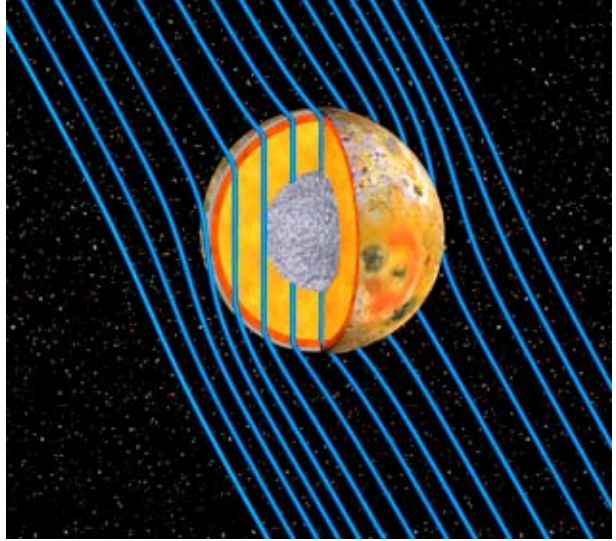
Io baigne dans les lignes du champ magnétique de Jupiter et en subit les fortes variations

*Io vue par la sonde Horizon en février 2007 d'une distance de 2,5 millions de kilomètres. Un panache volcanique s'élève jusqu'à 300 kilomètres au-dessus du volcan Tvashtar. Des panaches plus petits sont visibles et correspondent aux volcans Prométhée et Masubi. En 1979 Voyager avait pris des images similaires du volcan Pelé. (© NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute)*





*Structure interne de Io révélée par Galileo. La croûte, de faible densité, a une épaisseur de 30 à 50 kilomètres. En dessous, un océan de magma en fusion au moins partielle (l'asthénosphère) a une épaisseur de plus de 50 kilomètres et représente plus de 10 pour cent en volume du manteau. Le noyau, quant à lui, mesure de 1 200 à 1 800 kilomètres de diamètre.*  
(© NASA/JPL/University of Michigan/UCLA)



liées à la rotation de la planète géante. Mais l'océan de magma situé sous la surface d'Io est un très bon conducteur électrique. Il est composé de roches « ultramatiques » riches en silicate de fer et de magnésium, et les physiciens ont récemment mis en évidence ces propriétés de ce type de roches ignées. L'océan de magma protège donc l'intérieur du satellite des variations du champ magnétique. Au cœur d'Io, le champ reste vertical en dépit de l'agitation des lignes de force en surface. C'est la signature du champ magnétique mesurée par la sonde Galileo lors de survols rapprochés en octobre 1999 et février 2000 qui a permis aux scientifiques de mieux comprendre la structure interne d'Io.

sultat : l'une des planètes orbitant autour de l'étoile 55 Cancri constitue la super Terre la plus dense – aussi dense que le plomb. Son diamètre ne dépasse que de 60 % celui de la Terre mais sa masse est 8 fois plus grande. Son année dure 18 heures et non 2,8 jours comme on l'avait d'abord pensé.

*Vue d'artiste de la planète « e » tournant autour de l'étoile 55 Cancri.*  
(© U. Texas, NSF, NAS)

## **Titan**

L'origine de l'azote atmosphérique de Titan est assez mystérieuse, les hypothèses émises jusqu'à présent présentant diverses difficultés. Des scientifiques japonais suggèrent que l'énergie libérée par les nombreux impacts de comètes et d'astéroïdes, quelques centaines de millions d'années après la formation de Titan, a pu convertir la glace d'ammoniac en azote.

## **55 Cancri e**

Deux équipes (l'une utilisant Spitzer, et comprenant des Liégeois, l'autre utilisant MOST) annoncent en parallèle un même ré-



## **Écoulements dans le cratère Terby**

Le cratère Terby de 170 kilomètres de diamètre est à la limite nord du grand bassin martien Hellas Planitia. Il a été formé par l'impact d'un bolide qui a creusé au travers d'une série de couches sédimentaires, mettant au jour une belle stratification. Les images détaillées obtenues par la caméra HiRISE de MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) semblent révéler d'anciens torrents plongeant le long des parois du cratère. La photo de la page suivante montrent une vallée entaillant le bord nord du cratère, et se terminant en un éventail d'éboulis au fond.

Une fois de plus, les scientifiques sont confrontés au choix entre deux explications, l'une proposant l'existence de torrents d'eau, l'autre des avalanches de matériaux secs.

La première est celle qui vient tout de suite à l'esprit, et elle est confortée par la présence des couches sédimentaires, couches qui ont pu se déposer au cours de longues périodes de submersion du bassin d'Hellas Planitia.

Ces sédiments semblent d'ailleurs contenir de l'argile qui ne peut se former qu'en présence d'eau liquide.

Mais des éboulements répétés au bord d'une paroi sèche peuvent donner lieu à des reliefs d'allure similaire. Les conséquences de l'érosion sont souvent les mêmes, qu'elle soit due à l'action de l'eau ou aux grains de poussières mus par le vent ou par la gravité.

Même s'ils penchent en faveur de l'hypothèse hydraulique, les scientifiques devront attendre une exploration plus approfondie pour avoir une réponse définitive.

### ***Le cratère Terby vu par HiRISE.***

***Ce cratère avait été considéré comme site potentiel d'atterrissage du rover Mars Science Laboratory (aussi appelé Curiosity), une idée maintenant abandonnée. Sans doute ses anciens torrents seront-ils explorés un jour. (NASA/JPL/University of Arizona)***





*Sillon creusé par un probable écoulement d'eau dans le cratère Terby. (© NASA/JPL/University of Arizona)*

## ***Cinquante ans de l'homme dans l'espace***

Le prix Nobel Steven Weinberg (physique, 1979) disait il y a quelques années « La Station Spatiale Internationale » est un dindon en orbite. Aucune science de valeur n'en est sortie. Je pourrais même ajouter que le programme spatial dans son ensemble, malgré son coût énorme n'a jamais rien produit de scientifiquement intéressant. »

Un demi-siècle s'est écoulé depuis le vol du premier homme au-dessus de l'atmosphère (Youri Gagarine, le 12 avril 1961), un demi-siècle de prouesses techniques dictées essentiellement par la nécessité de garder en vie astro- et cosmonautes dans un environnement hostile. Des budgets colossaux ont été dépensés dans cette aventure qui a profité à l'industrie, contribué au prestige des nations, et fait rêver les foules.

L'utilité d'envoyer des hommes dans l'espace n'est cependant pas évidente, en tout cas pas du point de vue scientifique. Nombreux sont ceux qui comme Weinberg avancent des arguments contre les vols habités. Leur coût humain a été désastreux et leur bilan scientifique des plus maigres. Ce dernier se résume essentiellement à quelques dizaines de kilos de cailloux lunaires. On peut ajouter la réparation du télescope spatial Hubble, qui a sauvé cet instrument d'une retraite honteuse, et les upgrades ultérieurs qui ont contribué à son succès mais, plutôt que d'y voir une justification du programme de navettes, on peut considérer cela comme le signe d'une mauvaise conception. Il est d'ailleurs prévu que le successeur de Hubble ne pourra pas être entretenu. Et c'est le cas de tous les autres télescopes spatiaux présents, passés, et à venir.

L'écrasante majorité, pour ne pas dire la totalité, des découvertes spatiales sont l'œuvre des sondes et observatoires en orbite autour de la Terre, mais aussi du Soleil, de Saturne, Mars, Vénus et maintenant Mercure. Les rovers qui explorent Mars sont de plus en plus sophistiqués et n'ont pas besoin d'un équipage ni de l'intendance extraordinairement lourde qui l'accompagnerait.

En fait, lorsque l'on analyse les arguments en faveur de la présence de l'homme dans l'espace, on constate que ce sont le plus souvent des positions en faveur de l'exploration spatiale (avancées technologiques, coopérations internationales, valoriser la science, trouver la vie ailleurs, etc.) et non de l'utilité des astronautes.

Après un demi-siècle, on attend encore le premier astronaute qui reviendra sur Terre nous annoncer une découverte scientifique.

Les images des autres mondes renvoyées par les robots ont certainement incité plus de jeunes à faire de la science que des coups de golf pratiqués dans le cratère Fra Mauro. Les corvées de l'équipage de l'ISS n'ont rien d'excitant, que ce soit l'entretien du système de recyclage d'urine ou le rafistolage de l'un ou l'autre composant.

La meilleure justification pour aller dans l'espace ne serait-elle pas la même que celle attribuée à l'alpiniste George Mallory à propos du Mont Everest : « parce qu'il est là » ?



*Youri Gagarine (1934-1968).*