

# L'astronomie dans le monde

## ***Fragmentation et astéroïdes binaires***

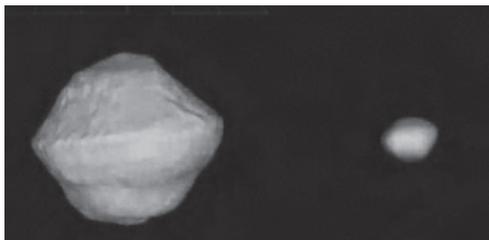
*Basé sur un communiqué CNRS/INSU*

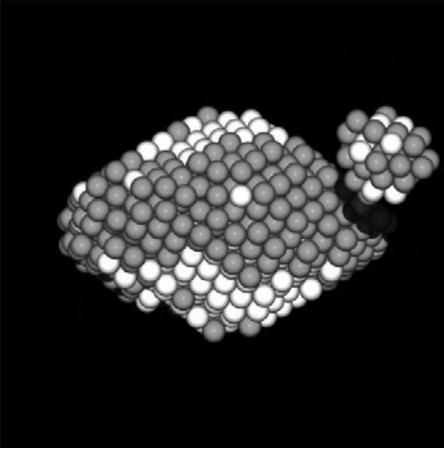
Les astéroïdes binaires sont composés d'un corps central autour duquel tourne un petit satellite. Ces astéroïdes constituent 15% des populations des objets de la Ceinture Principale (entre Mars et Jupiter) et des géocroiseurs, objets passant à proximité de la Terre. L'étude de la nature de la composition rocheuse de ces astéroïdes répond à une double problématique : mieux comprendre la structure des géocroiseurs qui nous menacent, nous informer sur la composition initiale du Système Solaire que ces astéroïdes ont gardée en mémoire. L'existence d'astéroïdes binaires et leur origine peuvent nous révéler des informations sur les propriétés physiques de ces petits corps.

Ces astéroïdes doubles ont des propriétés bien caractéristiques : le corps central (dit « primaire ») est en général presque sphérique, et le secondaire (le satellite) est sur une orbite presque circulaire autour du primaire. Des études montrent que des effets de marée peuvent casser un corps passant près d'une planète. Mais s'il y a formation d'un système binaire, d'une part ce système peut se déstabiliser rapidement lors d'un passage suivant, d'autre part la

forme du primaire sera plutôt allongée, ce qui est contraire aux observations. Les effets de marée ne peuvent donc expliquer le fait que 15% des astéroïdes soient doubles avec un corps primaire de forme quasi-sphérique. Des simulations numériques montrent qu'il existe un mécanisme très robuste pour former les astéroïdes binaires avec les bonnes propriétés : l'effet Yorp. Il s'agit d'un effet thermique, qui tient compte de l'éclairement du Soleil, de la forme de la surface de l'astéroïde, et du taux d'absorption du rayonnement par cette surface.

***Image radar d'un astéroïde binaire réel 1999 KW4. La forme du primaire produite par la simulation est en parfait accord avec l'observation, ainsi que la taille du secondaire. A la fin de la simulation la séparation entre les deux objets sera similaire à celle de 1999KW4.***  
© Ostro et al. NASA.





Cet effet peut augmenter ou diminuer le taux de rotation des astéroïdes de taille kilométrique. Il a déjà été observé récemment sur deux astéroïdes géocroiseurs.

Les chercheurs ont donc simulé l'augmentation du taux de rotation d'un astéroïde due à cet effet, en représentant l'objet par un agrégat composé de sphères liées par gravité, hypothèse en accord avec différentes études et observations. Ils ont mis en évidence deux phénomènes lorsqu'un corps de ce type se met à tourner de plus en plus vite. Certaines particules descendent du pôle vers l'équateur et l'astéroïde perd de ces morceaux depuis son équateur, là où la force centrifuge est la plus élevée.

Ces particules, qui s'échappent, vont se regrouper pour former un satellite. Le primaire du fait de l'aplatissement de ses pôles, contrebalancé par l'échappement de matière au niveau de l'équateur, aura une forme approximativement sphérique. Les particules s'échappant, si elles sont constituées de matériaux suffisamment poreux, pourront se regrouper d'une manière stable. Le résultat final sera donc un astéroïde double, composé d'un primaire assez sphérique, d'un secondaire dont la taille par rapport à celle du primaire est similaire à celles observées, et dont l'orbite est aussi similaire aux observations. Le résultat final est même très proche de l'image radar du binaire 1999 KW4.

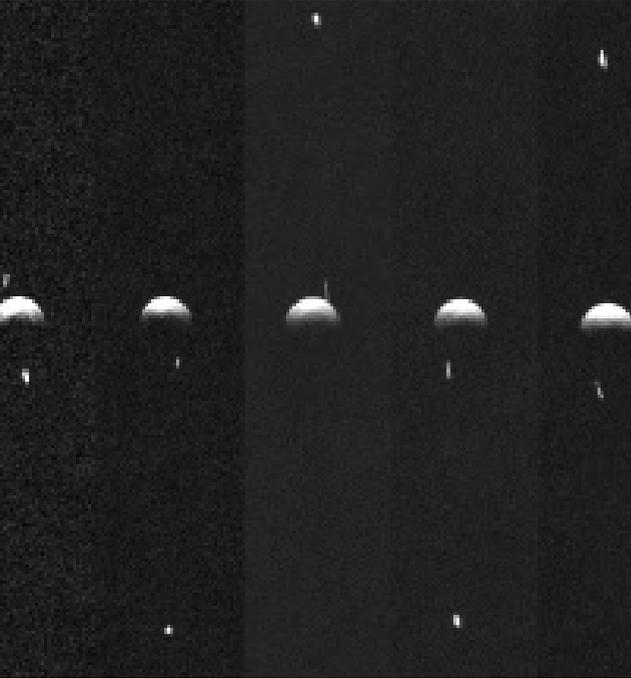
*Simulation numérique du processus : initialement, l'astéroïde est un agrégat constitué de roches liées par la gravitation. Quand la rotation de l'astéroïde accélère du fait de l'effet YORP, les roches situées à l'équateur vont pouvoir s'échapper, celles des pôles vont descendre vers l'équateur et aussi s'échapper. Parmi toutes ces roches qui s'échappent, sous certaines conditions, quelques-unes vont se regrouper autour de l'astéroïde et former ainsi un satellite.*

© OCA. INSU.

L'effet YORP semble bien être à l'origine de la grande quantité de binaires observée. Mais ceci fait aussi apparaître que les objets binaires sont préférentiellement issus d'un agrégat, et non d'un monolithique, ce qui est en accord avec l'idée que ces astéroïdes sont poreux. Ceci a des implications fortes dans la définition des stratégies de défense pour faire face au risque d'impact. Un autre résultat très intéressant est que ce sont les particules de la surface du primaire, qui viennent du pôle et s'échappent de l'équateur, qui forment le secondaire. Ainsi on peut s'attendre à ce que la surface du primaire soit plus « fraîche » que celle du secondaire, comme si on lui enlevait sa première peau en laissant apparaître de la matière n'ayant pas subi d'interaction avec le milieu environnant. Ce serait donc très intéressant de visiter un tel objet et de récolter un échantillon, comme la mission Marco Polo en phase d'étude à l'Agence Spatiale Européenne se propose de le faire sur un astéroïde primitif, car ce serait une façon d'avoir des informations de sous-surface sans avoir à creuser !

### ***Astéroïde géocroiseur triple***

L'astéroïde 2001 SN263 qui est passé récemment près de la Terre, s'avère être triple comme le montrent les images radio prises à Arecibo. C'est le premier cas de ce genre parmi les NEAs (near-Earth asteroids). On connaît déjà une trentaine de NEAs doubles et de nombreux doubles et triples parmi les astéroïdes plus lointains.



*Images radar de l'astéroïde triple 2001 SN263. Le corps principal est sphérique et mesure 2 km de diamètre..  
© Nolan et al./Arecibo*

## ***Étoiles massives et magnétisme***

*Basé sur un communiqué CNRS/INSU*

Les étoiles massives peuvent atteindre cent fois la masse du Soleil. Ces étoiles sont rares : on n'en compte qu'une pour 1 000 étoiles comparables au Soleil. Elles compensent en cumulant les superlatifs ; gigantesques, avec des rayons de 10 à 50 fois plus importants que celui du Soleil ; caniculaires, avec une température de surface de 5 à 10 fois plus élevée ; éblouissantes, avec des luminosités qui peuvent atteindre un million de fois celle de notre étoile. Mais ces extravagances ont un prix et les étoiles massives meurent jeunes. Durant les quelques millions d'années de leur brève existence, la simple force de leur lumière parvient à arracher à leur surface des quantités de matière équivalente à plusieurs fois la masse du Soleil. Les étoiles massives et leur vent de matière sont donc la principale source galactique d'atomes plus lourds que l'oxygène, qui

constituent les roches, les végétaux et les animaux terrestres. Elles contrôlent la vie chimique d'une galaxie et provoquent des vagues de formation d'étoiles, comme par exemple au cœur de la célèbre nébuleuse d'Orion. Leur vie se conclut en une apocalypse explosive - la supernova - qui donne naissance aux fameux trous noirs.

Pourtant, le Soleil et les étoiles naines qui lui ressemblent (ainsi que les planètes comme la Terre) possèdent une chose de plus que les étoiles massives - la capacité à engendrer un champ magnétique, une sorte d'électroaimant géant alimenté par les bouillonnements convectifs de matière que les étoiles naines entretiennent dans leurs couches externes.

Quelques étoiles massives possèdent également un champ magnétique ; on pense même que ce sont elles qui donnent naissance aux intrigantes magnétoiles, les objets célestes les plus magnétiques de tout l'univers. Mais elles diffèrent du Soleil sur un point important : le champ magnétique des étoiles massives est une empreinte originelle, une marque de naissance, un fossile qui ne fait que s'éroder avec le temps, et non un champ en perpétuelle renaissance - comme celui du Soleil qui renaît de ses cendres tous les 11 ans.

Située dans la constellation d'Orion, à proximité immédiate de la nébuleuse de la Tête de Cheval et de la nébuleuse de la Flamme, ζ (Zêta) Orionis est une supergéante bleue qui intrigue depuis longtemps les astrophysiciens. Distante d'environ 1 200 années-lumière de la Terre, elle est pourtant facilement visible à l'œil nu ; c'est même la plus brillante de toutes les étoiles massives du ciel. D'une masse équivalente à 40 soleils, ζ Ori est aussi 25 fois plus grande, 5 fois plus chaude et 500 000 fois plus

lumineuse que lui. Mais des astrophysiciens viennent de découvrir que  $\zeta$  Ori abrite aussi un champ magnétique très spécial environ 10 fois plus faible que celui détecté jusqu'alors dans toutes les autres étoiles massives. Cette différence importante suggère que le champ de  $\zeta$  Ori n'est pas fossile.

Pourrait-il être de même nature que celui du Soleil? Et si tel est le cas, comment a-t-il pu être engendré puisque  $\zeta$  Ori ne dispose pas a priori des ingrédients nécessaires (la convection externe) pour produire un champ comme celui du Soleil? Le champ magnétique de  $\zeta$  Orionis reste donc un mystère sur lequel on espère obtenir des éléments de réponse dans les années à venir, grâce en particulier au nouveau spectropolarimètre NARVAL installé

au Télescope Bernard-Lyot au sommet du Pic du Midi (Hautes Pyrénées). Cet instrument, inauguré il y a un an, permet d'étudier les champs magnétiques des étoiles (à partir de la polarisation qu'elles produisent dans leur lumière) avec une sensibilité sans précédent. C'est grâce au couple télescope Bernard Lyot-Narval, le seul observatoire au monde entièrement dédié à ce genre d'étude, que cette découverte a été obtenue.

*La supergéante  $\zeta$  Ori (en haut à gauche) est l'étoile la plus brillante à proximité de la nébuleuse de la Tête de Cheval et de la nébuleuse de la Flamme.*

© Valère Perroud





## ***Rosetta sort de son hibernation***

*Communiqué ESA*

Les contrôleurs de Rosetta ont sorti la sonde de son hibernation pour finaliser les préparatifs avant sa rencontre avec l'astéroïde (2867) Steins, prévue le 5 septembre. La sonde cométaire de l'ESA devra étudier cet astéroïde d'un type relativement rare lors d'un survol sur le chemin qui la mène vers la comète 67/P Churyumov-Gerasimenko.

Lancée en mars 2004, Rosetta atteindra sa destination finale en 2014 seulement, après

*Impression d'artiste. Sortant du mode passif lors de sa croisière vers la ceinture des astéroïdes, Rosetta observe une petite planète depuis une distance de quelques milliers de kilomètres.*

© ESA/AOES Medialab

avoir parcouru un total d'environ 6,5 milliards de km. Lorsque la sonde se rapprochera de la comète, la distance la séparant du Soleil sera de près de 600 millions de km, soit 4 UA (1 Unité Astronomique équivaut à 150 millions



de km, la distance moyenne entre la Terre et le Soleil).

Rosetta a survolé la Terre à deux reprises et Mars une fois, effectuant des survols - avec manœuvres d'assistance gravitationnelle - pour obtenir l'accélération nécessaire à la poursuite de son périple. Le troisième et dernier survol de la Terre est prévu pour novembre 2009. La sonde doit également survoler deux astéroïdes qu'elle étudiera en cours de route : (2867) Steins en septembre 2008 et (21) Lutetia en juin 2010. Au moment où elle se rapproche de (2867) Steins en septembre, Rosetta a déjà parcouru près de 3,7 milliards de km et se situe à 2,1 UA du Soleil.

Après son dernier survol planétaire le 13 novembre 2007, Rosetta s'est dirigée vers la ceinture d'astéroïdes située entre les orbites de Mars et de Jupiter. Le 27 mars 2008, la sonde est passée pour une période de trois mois en

***Impression d'artiste montrant le survol de la Terre par Rosetta le 13 novembre dernier vers 22 h. La sonde était alors à une altitude de 5 301 km au-dessus du Pacifique, à l'ouest de l'Amérique du Sud.***

**© ESA/C. Carreau**

mode d'hibernation « proche du Soleil ». Au cours de cette période, quelques sous-systèmes ont été mis en état de veille afin d'optimiser leur durée de vie (la phase scientifique de la mission commence à peine).

Le 5 septembre à 20 h 37, heure d'Europe continentale, Rosetta passe donc au plus près de (2867) Steins, à une distance de 800 km. La sonde frôle l'astéroïde à la vitesse relative de 8,6 km/s.

En vue de ce survol, tous les instruments ont été vérifiés et testés tout au long du mois de juillet. Entre le 4 août et le 4 septembre, les

opérateurs de la sonde mènent une campagne de navigation optique : Steins est suivie visuellement par les caméras embarquées, ce qui permet de préciser les données sur son orbite connues jusqu'ici par les mesures effectuées depuis la Terre.

Les observations serviront à caractériser les astéroïdes de type E – relativement rares, ils sont composés essentiellement de silices et de basaltes – ainsi que leur environnement et à tester les instruments de Rosetta, qui sont, pour la plupart, actifs durant le survol.

Rosetta est près de ses limites de conception au cours du survol, en raison surtout de la forte vitesse de rotation que subira la sonde lors du passage au point le plus proche de l'astéroïde. La manœuvre est nécessaire pour s'assurer que celui-ci restera bien dans le champ de vue des instruments. Pour s'y préparer, une simulation de la manœuvre a été effectuée en vol le 24 mars 2008. Les tests ont été positifs, confirmant la robustesse de la sonde.

## **MESSENGER**

MESSENGER a mis fin à de vieilles controverses et a fait de nouvelles découvertes sur la planète Mercure. Les astronomes avaient discuté de l'origine des vastes plaines et de celle du champ magnétique depuis plus de 30 ans. Les données obtenues lors du passage de la sonde en janvier 2008 ont montré que les volcans sont impliqués dans la formation des plaines et elles suggèrent que le champ magnétique est produit activement dans le noyau de la planète et qu'il n'est pas un champ fossile. Les scientifiques ont regardé pour la première fois la composition chimique de la surface. Ils ont pu enquêter sur celle de l'atmosphère très ténue de Mercure, et étudier les ions aux environs de la planète.

La controverse concernant l'origine des plaines de Mercure a commencé en 1972 avec la mission Apollo 16 qui avait suggéré que certaines des plaines lunaires sont dues à l'accumulation de matière éjectée par de gros impacts. Lorsque Mariner 10 photographia des formations semblables sur Mercure en 1975, certains scientifiques ont cru voir l'œuvre du

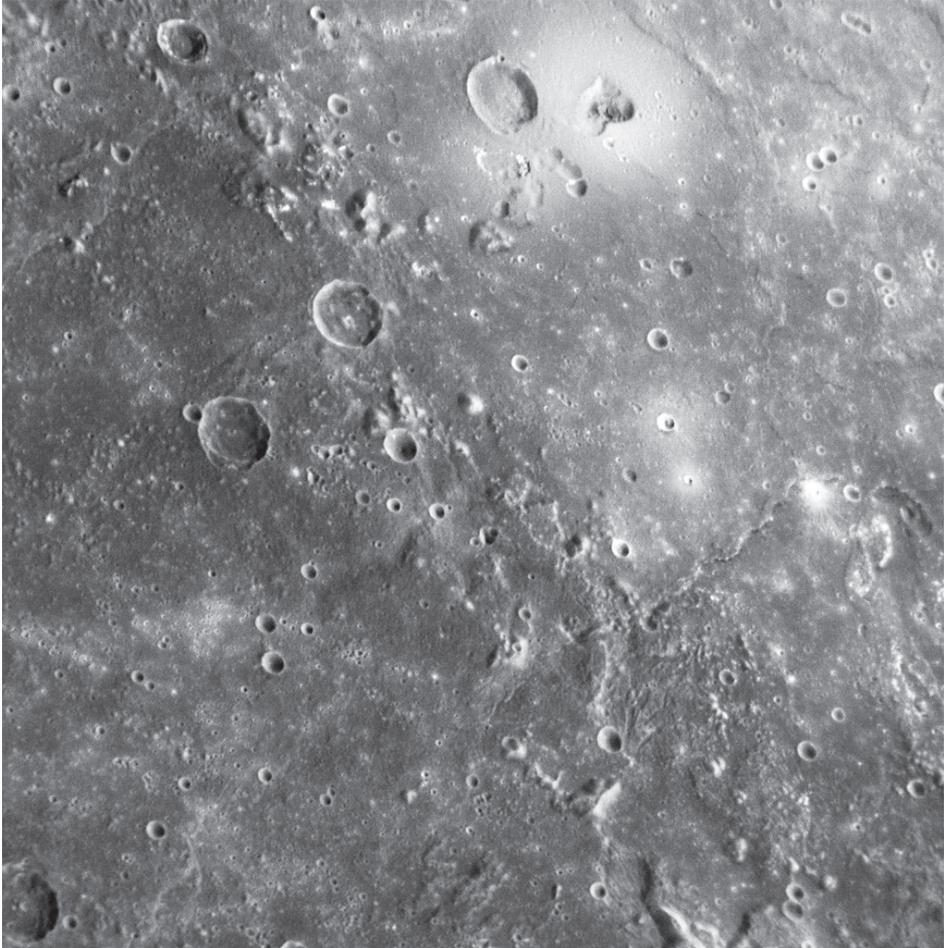
même mécanisme. D'autres pensaient à des épanchements de lave, mais l'absence de cratères ou d'autres structures volcaniques dans les images obtenues lors de cette mission laissait planer un doute.

En combinant les données de Mariner avec celles de MESSENGER, les scientifiques ont pu reconstruire l'histoire géologique du grand bassin Caloris, l'un des plus vastes du système solaire. Ce bassin a été formé par l'impact d'un gros astéroïde durant la période de bombardement intense du premier milliard d'années du système solaire. Comme pour les Mers lunaires, un épisode d'activité volcanique a rempli de lave l'intérieur du bassin.

Les premières mesures d'altitude ont montré que les cratères de Mercure sont environ deux fois moins profonds que ceux de la Lune.

Comme pour la Terre, le champ magnétique de Mercure produit une magnétosphère protégeant la planète des ions du vent solaire. Les scientifiques comprenaient difficilement comment le noyau de fer de Mercure pouvait produire un champ magnétique suffisamment intense. Il aurait dû s'être refroidi et solidifié depuis longtemps, et incapable d'engendrer un effet dynamo. On pensait donc que le champ pouvait être fossilisé, ancré dans l'enveloppe externe. Le fait que le champ de Mercure soit dipolaire, avec un pôle nord et un pôle sud et sans anomalies localisées, supporte l'idée d'une dynamo. Le prochain survol et, naturellement, la longue phase orbitale de la sonde pourraient apporter une confirmation de la génération du champ dans le noyau de la planète.

Ce dernier représente 60 % de la masse de la planète, soit deux fois plus qu'aucune autre planète. Son refroidissement s'est accompagné de la contraction de la planète, provoquant des failles et des crevasses caractéristiques. Des atomes d'hydrogène, d'hélium, de sodium, de potassium et de calcium ont été trouvés dans l'exosphère, cette couche atmosphérique où les particules sont si rares qu'elles ont plus de chance de rencontrer le sol que de se cogner l'une l'autre. Ces particules sont arrachées du sol par le vent solaire et les micrométéorites.



**volcano**

*Le plus grand des volcans découverts par MESSENGER. Il est situé juste à l'intérieur du bassin Caloris.*

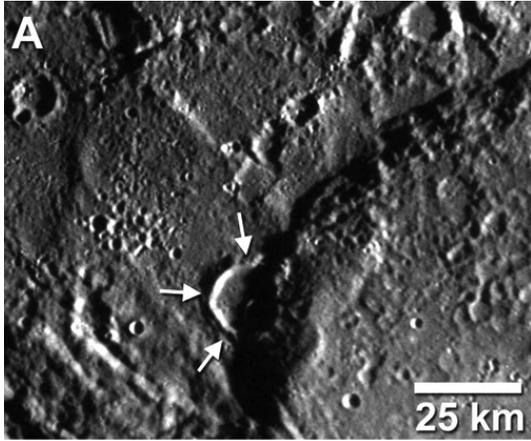
*© NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington*

**rim of Caloris basin**



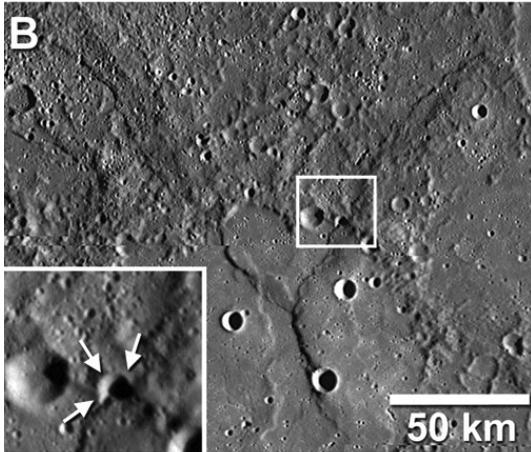
*Le grand bassin d'impact de Caloris. L'aspect des terrains au fond du bassin et dans les plaines l'entourant indique une composition chimique variable.*

*© NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Arizona State University/Carnegie Institution of Washington*



*Les images de MESSENGER montrent de nombreux exemples de cratères déformés ou amputés par des accidents de terrain plus récents. On voit ici des cratères partiellement recouverts par un morceau de l'écorce de la planète déplacé lors de la formation d'une faille.*

© Solomon et al., *Science*, 321, 59-62, 2008.



Elles sont accélérées par la pression de radiation solaire et celles qui s'échappent forment une longue queue à l'opposé du Soleil. Les abondances varient avec le jour et la nuit, la latitude, le vent solaire, de sorte que l'exosphère de Mercure est remarquablement active.

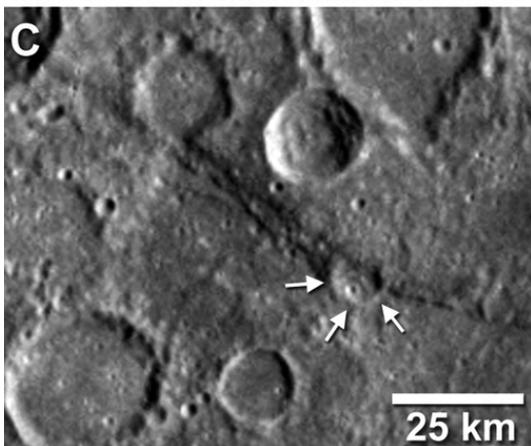
### ***Transit lunaire vu par Deep Impact***

La sonde Deep Impact de la NASA a permis de construire une vidéo de la Lune transitant devant la Terre et ce, depuis une distance de 50 millions de kilomètres. Cette vidéo est étudiée par les scientifiques afin de développer des techniques d'étude d'exoplanètes. Elle donne en effet une idée de l'apparence qu'aurait une planète comme la nôtre vue de très loin.

Deep Impact a connu son heure de gloire le 4 juillet 2005 lorsque le vaisseau spatial a envoyé un projectile impacter la comète Tempel 1. Depuis la mission a été prolongée sous le nom d'Epoxi. La sonde survolera la comète Hartley 2 le 4 novembre 2010.

Epoxi est en fait la combinaison des noms de deux missions distinctes : une recherche d'exoplanètes durant tout le trajet vers Hartley 2 (EPOCH, Extrasolar Planet Observations and Characterization), et le survol proprement dit de la comète (Deep Impact eXtended Investigation, DIXI).

Des images prises tous les quarts d'heure durant une rotation complète de la Terre ont été combinées pour réaliser la vidéo couleur. On peut voir la Lune entrer dans le cadre de l'image, transiter devant la Terre, puis quitter le cadre.





*Série d'images montrant la Lune transitant devant la Terre, et prises par la sonde EPOXI (ex-Deep Impact) de la NASA (La petite Terre en bas à gauche souligne les continents visibles). © Donald J. Lindler, Sigma Space Corporation/ GSFC; EPOCH/DIXI Science Teams*

Ce n'est pas la première fois que l'on photographie le couple Terre-Lune depuis l'espace, mais jamais encore on n'avait capturé un transit, avec une image suffisamment détaillée pour voir les grands cratères lunaires, les océans terrestres et les continents.

Notre technologie n'est pas encore assez avancée pour voir autant de détails sur une exoplanète. Les futurs télescopes spatiaux étudiés par la NASA verront les exo-Terres comme de simples points lumineux dont la brillance changera en fonction de la rotation avec le défilement des continents et des océans. On comprend ainsi l'intérêt de la vidéo faite par Epoxi. En analysant les variations d'intensité dans diverses longueurs d'onde on pourra les corréler avec la présence de masses continentales ou d'océans. La réflectivité de la végétation dans le proche infrarouge pourra aussi être détectée. Une réflexion du Soleil par les océans est visible sur la vidéo. De telles réflexions pourraient aussi avoir lieu sur des exo-Terres indiquant ainsi la présence d'océans.

## **Titan**

Les scientifiques ont conclu qu'au moins un des grands lacs observés sur Titan, la lune géante de Saturne, contient bien des hydrocarbures à l'état liquide, et ils ont identifié

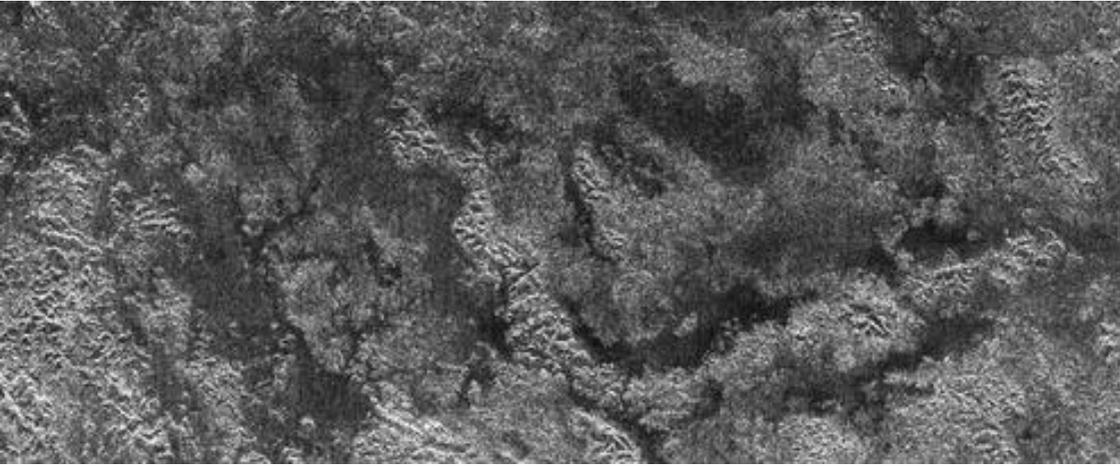
avec certitude la présence d'éthane. Cela fait de Titan le seul corps du système solaire avec la Terre à posséder des étendues liquides à sa surface.

Cette découverte est due à la sonde Cassini qui, en une quarantaine de survols de Titan a identifié des centaines d'étendues sombres, ressemblant à des lacs. L'analyse spectrale était délicate car l'atmosphère de Titan contient en suspension une grande quantité d'aérosols produits indirectement par la décomposition du méthane par la lumière solaire. Le méthane est en effet le deuxième constituant de l'atmosphère avec 5%, l'azote représentant 95%. La contribution de cette brume d'aérosols dans les spectres a dû être évaluée avec précision avant de pouvoir détecter et mesurer celle des lacs.

Cassini a observé particulièrement Ontario Lacus, un lac de la zone polaire sud, lors d'un survol en décembre 2007. Avec 20 000 kilomètres carrés, il est un peu plus grand que son homonyme d'Amérique du Nord.

L'éthane se trouve en solution avec du méthane, d'autres hydrocarbures et de l'azote. À la température de Titan, ces substances peuvent exister à la fois à l'état liquide et gazeux. La surface de Titan montre des signes évidents d'évaporation, de pluie, et d'écoulements dans des rivières se dirigeant vers ce que l'on sait maintenant être une étendue liquide.

La Terre a un cycle hydrologique basé sur l'eau, et Titan un cycle basé sur le méthane. Les scientifiques excluent la présence de glaces d'eau, d'ammoniaque et de dioxyde de carbone dans Ontario Lacus. Les observations suggèrent aussi que le lac s'évapore. Il est



*Des lacs d'hydrocarbure constellent certaines zones de Titan.*

©NASA/JPL

entouré par une plage sombre. D'ici quelques années, la région des lacs près du pôle nord émergera de l'hiver et sera illuminée par le Soleil. Ce sera l'occasion pour Cassini de surveiller les changements saisonniers.

## **Phobos**

La sonde Mars Express de l'ESA a frôlé la mystérieuse petite lune martienne, Phobos, le 23 juillet. Elle en a obtenu les meilleures images à ce jour.

Phobos est l'un des objets les plus sombres

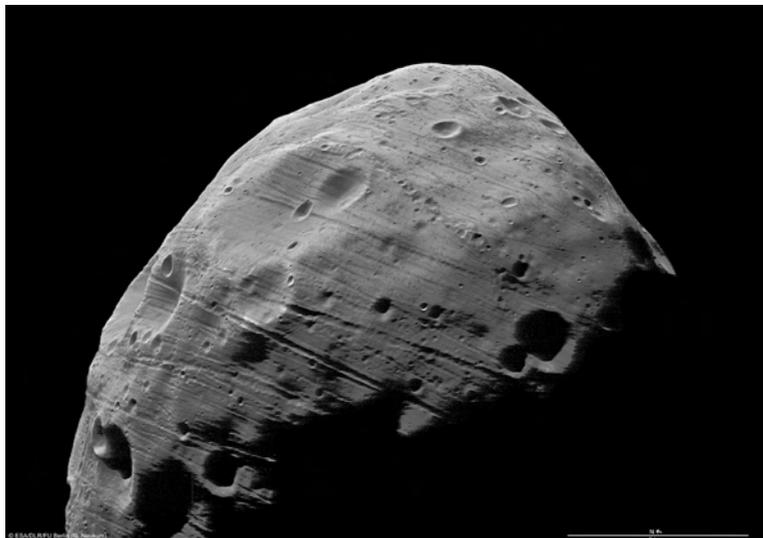
*Image de Phobos prise depuis 97 km avec une résolution de 3,7 pixels. Un traitement photométrique a été effectué pour faire ressortir les zones les plus sombres.*

© ESA/ DLR/ FU Berlin (G. Neukum)

du système solaire. On pense qu'il s'agit d'un astéroïde capturé par Mars, ou d'un reliquat des matériaux qui ont formé les planètes.

Ces observations étaient attendues avec impatience car elles doivent permettre de choisir une zone d'atterrissage pour un futur lander russe.

On remarque la structure rainurée de la surface de Phobos. L'origine des sillons n'est pas claire. Il peut s'agir de traînées d'éjecta, ou de fissures dans lesquelles le sol s'est effondré.





*Cette vue combine plus de 400 images prises au cours des premières semaines suivant l'atterrissage du Lander Phœnix à la position 68,22 degrés nord et 234,25 degrés est.*

*Ce panorama complet montre la structure polygonale du sol, similaire à celle que l'on voit souvent dans le permafrost terrestre. À droite, des tranchées creusées par le bras robotisé montrent le sous-sol gelé.*

© NASA/JPL-Caltech/University Arizona/Texas A&M University

## **Phœnix**

Le lander martien Phœnix a transmis d'intéressantes observations confirmant la présence d'eau sur la Planète Rouge et culminant avec son identification directe dans un échantillon de sol.

Dès le mois de juin, des images avaient montré de la glace se sublimant en quelques jours au fond d'une tranchée appelée « Dodo-Goldilocks » creusée avec la pelle de la sonde.

La récolte d'échantillons avec la pelle a été une source de problèmes. Le sol ne se comporte comme aucun des modèles envisagés par les scientifiques. Les particules ont tendance à s'agglutiner ensemble et à coller à la pelle, refusant

*Images prises les 15 et 19 juin 2008 et montrant la sublimation de petits morceaux de glace (en bas à gauche dans la zone d'ombre) au fond de la tranchée « Dodo-Goldilocks ».*

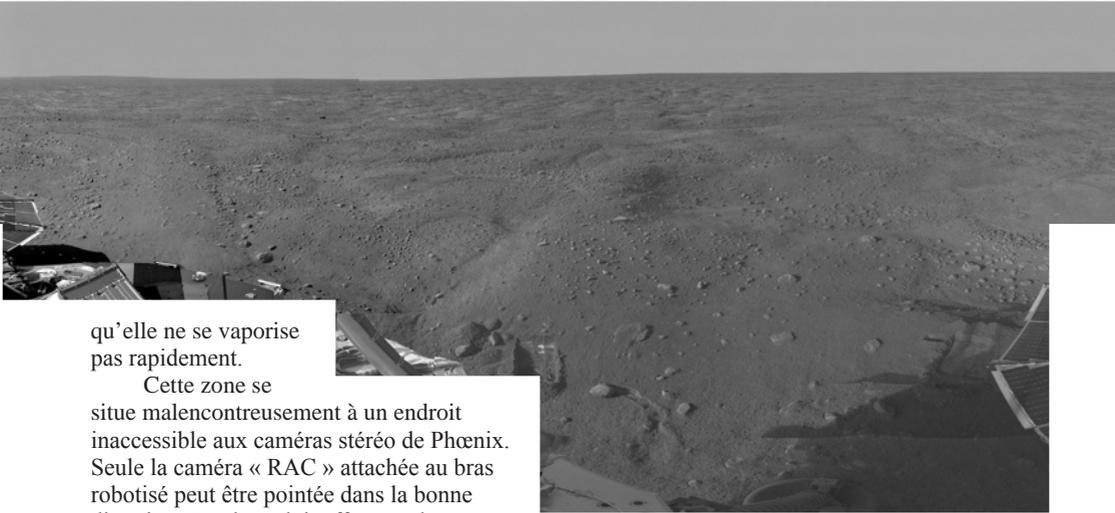
© NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/Texas A&M University

ainsi d'être disposées dans les chambres prévues pour effectuer

les analyses. Laisser cette terre sécher au Soleil quelques jours fait partie des recettes mises au point par les techniciens pour arriver à leurs fins.

Des crevasses de plusieurs centimètres sont apparues spontanément dans une autre tranchée « snow queen » dans la glace située sous le lander martien Phœnix – glace mise au jour par le jet des rétrofusées d'atterrissage. En même temps un petit caillou est apparu et l'aspect de la surface est devenu plus rugueux. C'est la première fois que l'on peut constater des modifications de la glace martienne à un endroit où la température est assez froide pour





qu'elle ne se vaporise pas rapidement.

Cette zone se situe malencontreusement à un endroit inaccessible aux caméras stéréo de Phoenix. Seule la caméra « RAC » attachée au bras robotisé peut être pointée dans la bonne direction et ce bras doit effectuer de nombreuses autres tâches. On ne sait donc pas exactement quand ces modifications sont apparues et à quelle vitesse.

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer la formation des crevasses mais aucune n'est totalement satisfaisante.

Des variations de température ont pu provoquer des expansions et contractions de la glace, créant ainsi des tensions, mais il faudrait que ces variations soient rapides pour conduire à des fissures.

La zone superficielle a pu subir un changement de phase dû à la déshydratation d'un sel. Ce changement de phase serait accompagné d'une contraction mais on pense qu'il y aurait alors de plus fines crevasses.

Une troisième hypothèse est que les crevasses préexistaient mais étaient cachées sous une pellicule de glace qui a fini par se sublimer.

En ce qui concerne le caillou, il a dû se détacher de la surface originale. L'étude des ombres pourrait permettre de mieux comprendre son origine.

Après la confirmation de la présence d'eau les scientifiques doivent expliquer pourquoi les particules collent autant, si des molécules prébiotiques existent, et déterminer

*Apparition d'une crevasse dans la tranchée « snow queen »  
NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/Max Planck Institute*



si un dégel suffisant a parfois lieu qui aurait permis à la vie de se développer.

Deux échantillons suggèrent la présence d'une substance très oxydante, un perchlorate, alors que les premières analyses allaient dans le sens d'un sol très semblable à celui de notre planète, capable de satisfaire nos jardiniers. Cette découverte doit être confirmée et, heureusement, plusieurs instruments distincts du lander sont à même de s'attaquer au problème.

Tous ces résultats ont permis de trouver les ressources pour prolonger la mission de cinq semaines, jusqu'au 30 septembre. À ce moment, l'hiver martien et le manque de Soleil scelleront le sort de Phœnix.

**Identification des taches rouges le 28 juillet**  
© NASA, ESA, Zolt Levay (STScI), et A. Simon-Miller (NASA GFSC)

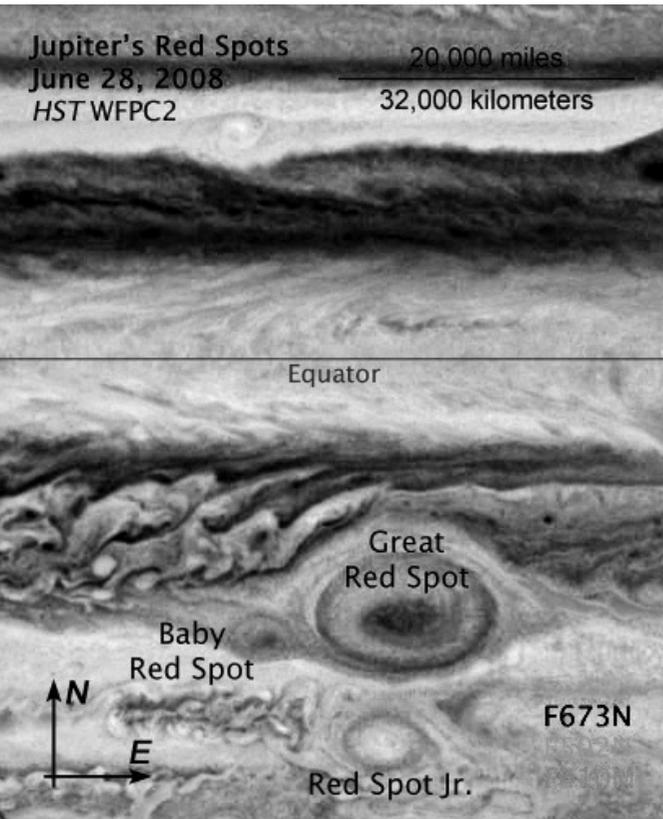
## ***Le ballet des taches rouges***

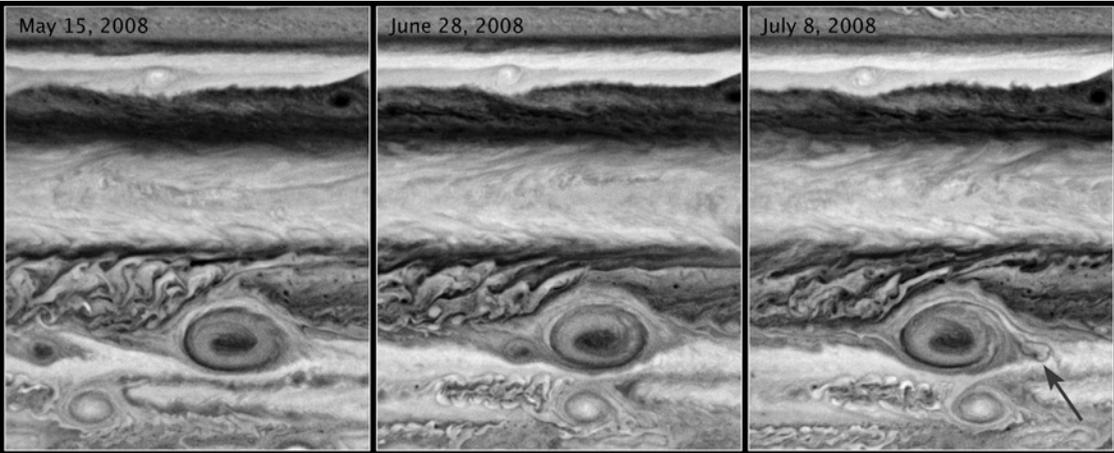
La rotation différentielle de l'atmosphère de Jupiter a conduit à un rapprochement des trois taches rouges : la classique « Grande Tache Rouge », la « Junior » – elle-même le résultat de la fusion de taches précédentes –, et la toute nouvelle « Baby ». Cette dernière ne devrait pas survivre à la rencontre ; elle est en passe de se faire cannibaliser par la GTR et a déjà perdu de ses couleurs.

## ***Einstein avait raison***

En 1919 une éclipse de Soleil avait permis le premier test de la théorie de la relativité générale d'Einstein. Maintenant, ce sont des éclipses d'un système d'étoiles mortes, des pulsars, qui ont apporté une nouvelle preuve.

Ces pulsars sont plus massifs que le Soleil, mais ils sont si denses qu'ils ne mesurent que quelques kilomètres de diamètre. Ils tournent à des vitesses fantastiques et émettent des jets d'ondes radio qui balaient l'espace comme les faisceaux d'un phare. La paire PSR J0737-3039A/B tiendrait dans le volume du Soleil. C'est le seul système de ce genre connu dans la Galaxie. Dans un couple aussi serré les effets gravitationnels sont exacerbés et font du système le laboratoire idéal pour tester la relativité générale. Celle-ci prévoit un mouvement de précession des pulsars. On ne peut pas observer ce mouvement directement, mais il se manifeste dans la façon dont la région magnétisée entourant un pulsar bloque les ondes radio provenant de l'autre lorsque le mouvement orbital les aligne dans notre direction (voir schéma page ci-contre). Une fois de plus, les mesures confirment parfaitement la théorie d'Einstein.

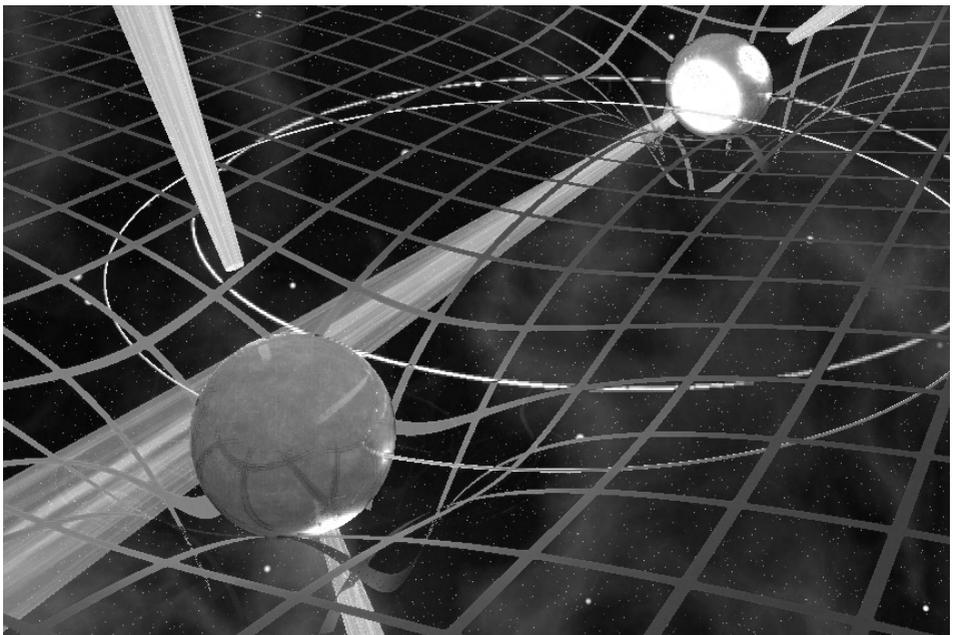


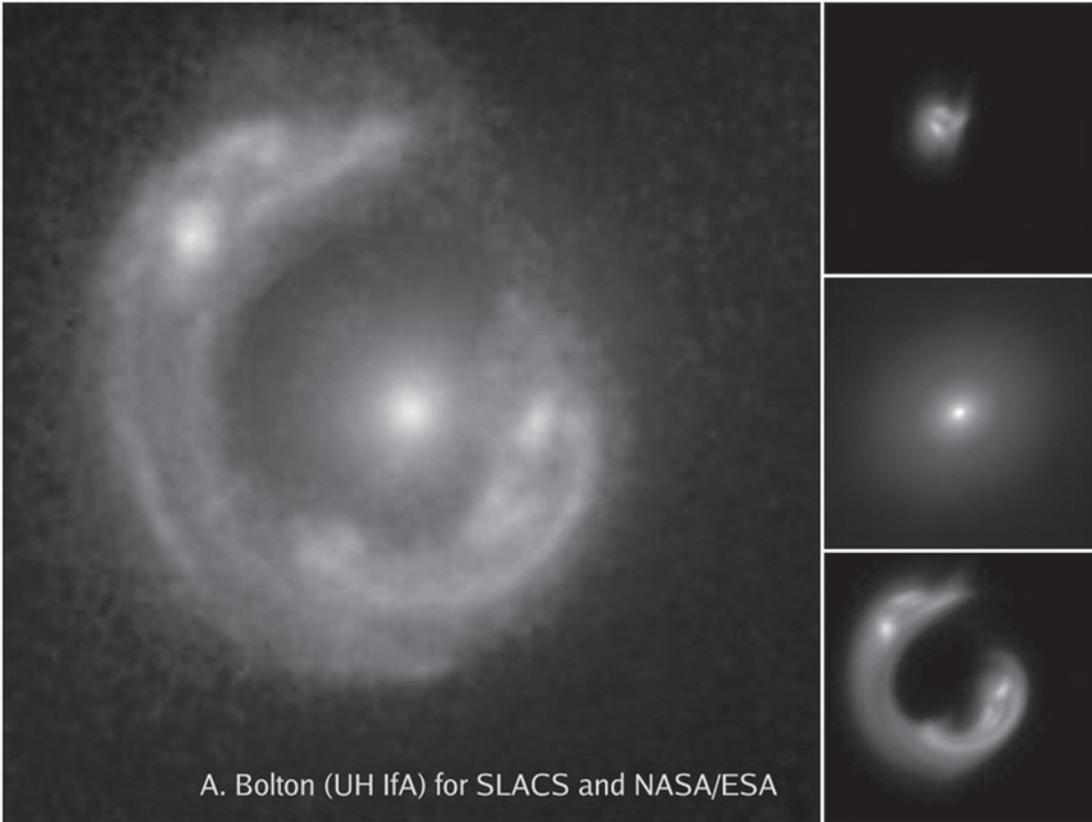
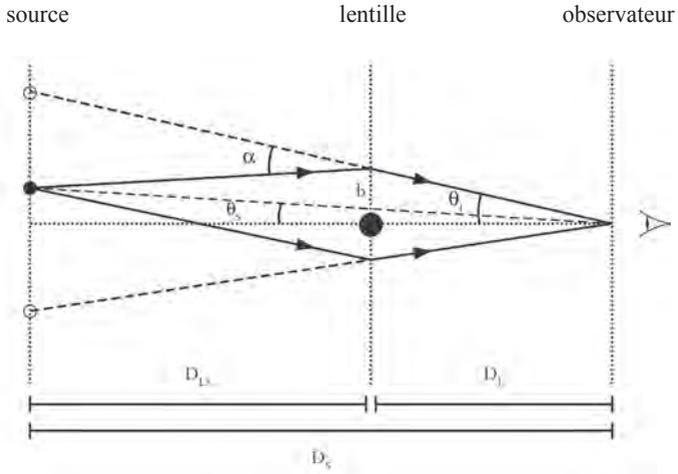


*Ci-dessus, évolution des taches rouges entre mai et juillet 2008 © NASA, ESA, A. Simon-Miller (Goddard Space Flight Center), N. Chanover (New Mexico State University), et G. Orton (Jet Propulsion Laboratory)*

*Ci-dessous, illustration d'une éclipse d'un pulsar par son compagnon lors du mouvement orbital de 144 minutes. La déformation de l'espace esquissée par le réseau de mailles est prévue par la théorie de la relativité générale.*

*© Michael Kramer, University of Manchester*





## Le poids des lentilles

Des astronomes viennent d'annoncer une découverte qui devrait aider à résoudre une vieille énigme concernant la relation entre la masse et la luminosité des galaxies.

Pour cela ils ont collationné la plus longue liste – pas moins de 70 – de galaxies lentilles gravitationnelles, c'est-à-dire de galaxies se trouvant par chance sur la ligne de visée d'autres galaxies beaucoup plus lointaines. Les images de celles-ci sont alors déformées en arcs, voire en anneaux fermés dans le cas d'alignements parfaits. On parle alors d'anneaux d'Einstein. Outre la distorsion de l'image, une lentille gravitationnelle amplifie la luminosité apparente de la source, jusqu'à 30 fois dans le cas d'un anneau. Les lentilles gravitationnelles avaient été prédites par Albert Einstein dans les années 30, mais les premières n'ont été découvertes qu'à la fin des années 70.

Les nouvelles lentilles gravitationnelles ont d'abord été identifiées à partir de données provenant du Sloan Digital Sky Survey, un projet ambitieux réalisé avec un télescope de 2 m 50 au Nouveau Mexique pour mesurer la distance d'un million de galaxies et de quasars sur un quart de la sphère céleste. Une fois identifiés, les anneaux d'Einstein ont été observés en détail au moyen du télescope spatial Hubble avec la Camera for Surveys (ACS) qui, grâce à sa meilleure résolution, permet une mesure précise des diamètres. La combinaison de ces mesures rend possible une estimation de la masse de la galaxie lentille.

Les mesures de la luminosité et des dimensions des galaxies lentilles ainsi que des vitesses stellaires en leur sein, permettent de déduire l'existence de masse cachée, cette matière noire mystérieuse et prédominante. Les astronomes sont ainsi parvenus à montrer que la proportion de matière noire par rapport à la matière normale (étoiles) augmente systématiquement lorsque l'on passe des galaxies moyennes aux très massives.

*Pages suivantes : mosaïque reprenant 60 lentilles gravitationnelles découvertes grâce au survey SLACS. Les images sont rangées par ordre de distance des lentilles. © A. Bolton (UH/IfA) for SLACS and NASA/ESA.*

**Page de gauche : schéma d'une lentille gravitationnelle.**

### Anneau d'Einstein<sup>1</sup>

Le trajet des rayons lumineux est courbé par la présence d'un corps massif (voir image page ci-contre). Lorsque l'alignement de la lentille est parfait l'image de la source est symétrique autour de la lentille, et forme un anneau. Le rayon apparent de celui-ci est (en radians)

$$\theta_1 = \sqrt{\frac{4GM}{c^2} \frac{D_{LS}}{D_L D_S}}$$

$G$  est la constante de gravitation,  $M$  la masse de la lentille,  $c$  la vitesse de la lumière,  $D_L$  la distance de la lentille,  $D_S$  celle de la source et  $D_{LS}$  la distance lentille-source ; à l'échelle cosmologique, cette dernière n'est pas simplement la différence entre les deux autres.

<sup>1</sup> cf la série d'articles par J. et A. Surdej, *Le Ciel*, 62, - sept. 2000 – jan. 2001, et [http://www.astro.ulg.ac.be/themes/extragal/gravlens/bibdat/engl/gld\\_homepage\\_fran.html](http://www.astro.ulg.ac.be/themes/extragal/gravlens/bibdat/engl/gld_homepage_fran.html)

**Page de gauche, le grand panneau montre l'image par le HST de la lentille gravitationnelle SDSSJ1430. La taille de l'image est de 6 secondes d'arc, soit 300 fois plus petite que la Lune. Les petits panneaux de droite montrent les composantes d'un modèle de cette image : en haut, comment la galaxie lointaine apparaîtrait en l'absence de lentille ; au centre, une représentation simple de la luminosité de la galaxie lentille ; en bas, l'aspect de la galaxie lointaine distordue par la lentille.**  
© A. Bolton (UH/IfA) for SLACS and NASA/ESA.

