

# L'astronomie dans le monde

## *L'énigme magnétique solaire*

*Basé sur un  
communiqué CNRS/INSU*

Tout en étant l'étoile la plus proche de nous, le Soleil est encore loin d'avoir livré tous ses secrets aux astronomes. Quelle est l'origine de son champ magnétique, responsable de ses taches sombres et de ses violentes phases éruptives ? Les multiples manifestations du Soleil magnétique se répercutent pourtant jusque dans l'environnement terrestre, en provoquant des phénomènes tels que les aurores boréales, ou des perturbations électriques et radioélectriques de grande ampleur.

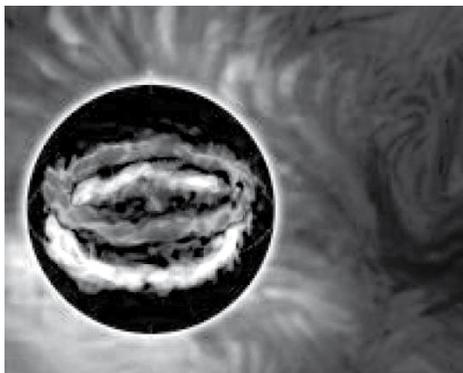
Face à ces enjeux, l'observation d'autres étoiles peut apporter des contraintes observationnelles que le Soleil seul ne peut offrir. Le vaste laboratoire stellaire permet en effet d'utiliser les autres étoiles pour tester le comportement magnétique d'objets astrophysiques très similaires au Soleil, tout en gagnant la possibilité de faire varier certaines de leurs caractéristiques simples (masse, âge,

vitesse de rotation) pour tester leur influence sur le champ magnétique créé. Cette nouvelle option est maintenant accessible aux astronomes grâce au spectropolarimètre NARVAL installé au foyer du télescope de 2 m Bernard Lyot du Pic du Midi.

C'est ainsi que le champ magnétique de l'étoile 18 Sco a pu être étudié. Cette étoile, connue pour être le meilleur analogue du Soleil parmi les étoiles proches, est située à 46 années-lumière de nous, dans la constellation du Scorpion. Sa masse est identique à celle du Soleil, de même que sa luminosité, et son âge est estimé à 4 milliards d'années environ. La similitude entre les deux astres va jusque dans la période de rotation, égale à 23 jours environ

*Prediction théorique de la configuration magnétique d'une « toupie stellaire », tournant trois fois plus vite que le Soleil. La rotation a pour effet d'enrouler les lignes de champ, créant ainsi des tores magnétiques.*

© Benjamin Brown.





pour 18 Sco, contre 25 jours pour le Soleil. Le champ magnétique de 18 Sco, dévoilé par NARVAL, confirme son statut de meilleur jumeau solaire, puisque sa géométrie magnétique est très similaire à celle du Soleil au maximum de son cycle magnétique (observé pour la dernière fois aux alentours de l'année 2000).

Forts de ce résultat, les chercheurs ont ensuite répété les observations pour trois autres étoiles, presque identiques au Soleil si ce n'est que leur vitesse de rotation est jusqu'à trois fois plus rapide que celle du Soleil. Il était ainsi possible d'utiliser les autres étoiles pour étudier l'effet d'un paramètre spécifique, la rotation, sur le champ magnétique. Ces nouvelles observations ont apporté une confirmation éclatante de travaux théoriques récents, en révélant que la géométrie des champs magnétiques stellaires se transforme

***Le télescope Bernard Lyot (Pic du Midi) au lever du jour. (© Pascalou Petit)***

radicalement quand les étoiles sont en rotation rapide, passant d'une distribution sous forme de pôles magnétiques (comme dans le Soleil) à un véritable enroulement des lignes de champ autour de l'axe de rotation. La création de ce tore transforme ces soleils en rotation rapide en véritables toupies magnétiques !

Ce premier succès montre que les différentes théories du magnétisme du Soleil peuvent maintenant être testées en observant des étoiles jumelles du Soleil. Cette nouvelle connexion entre théorie et observation permet désormais de contraindre les modèles informatiques d'une façon que le Soleil seul ne peut nous offrir.

## ***V1280 Sco, la nova fumante***

*Communiqué labo Hippolyte Fizeau*

Une nova apparaît quand les réactions nucléaires en périphérie du cœur d'une étoile quasi-éteinte, une naine blanche, se rallument brusquement sous l'effet d'une accumulation de matière « volée » à un compagnon proche. V1280 Scorpii est une nova découverte le 4 février 2007, dont la luminosité s'est lentement accrue pendant 12 jours pour atteindre la magnitude 3,7 et devenir ainsi une des novæ les plus brillantes de ces 35 dernières années.

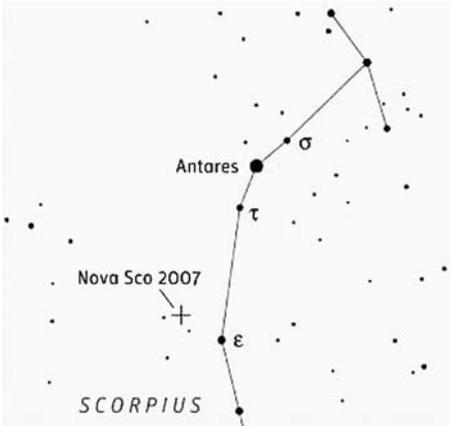
Quelques jours seulement après avoir atteint son maximum, V1280 Sco disparaît... son éclat a brutalement diminué d'un facteur

***AMBER au VLTI. L'instrument, d'une grande complexité, contient un grand nombre de pièces optiques et mécaniques pour effectuer simultanément l'étude interférométrique et spectroscopique des astres.***  
(© AMBER consortium)

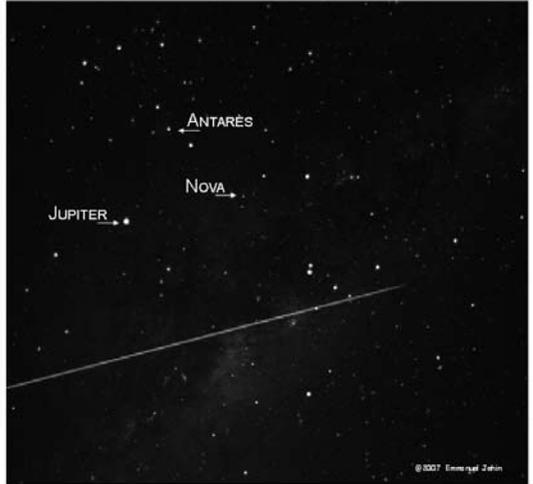
supérieur à 10 000 dans le visible, soit plus de 10 magnitudes ! Mais dans le même temps, la nova est devenue considérablement plus brillante dans l'infrarouge, signature d'une grande quantité de poussière se formant à un rythme soutenu dans les éjectats. Cette poussière chaude (1700°) constitue en effet un écran très efficace à toute émission dans le visible, et réémet une grande partie du flux lumineux intercepté dans l'infrarouge. Comment une telle quantité de poussière peut-elle se former autour d'une étoile en pleine explosion thermonucléaire ?

Pour tenter de mieux comprendre ce phénomène, la nova V1280 Sco a été observée pendant plus de 5 mois entre février et juin 2007 par le VLTI de l'ESO (European Southern Observatory). Ces observations ont été conduites avec les instruments AMBER, qui recombine la lumière provenant de 3 télescopes dans l'infrarouge proche et MIDI, recombinaison la lumière de deux télescopes dans l'infrarouge thermique, en utilisant





**Position de la nova V1380 Sco = Nova Sco 2007**  
(© Australian Sky & Telescope)



**Photo de la nova Sco V1280 prise le 19 février 2007 au matin par E. Jehin depuis Paranal (9h10 UT). Canon EOS 350D, 20s de pose en 1600 iso, zoom ~35 mm (crop image). On aperçoit en outre le laser de UT4, la planète Jupiter et Antarès (à du Scorpion). La nova était alors bien visible à l'œil nu.**

les télescopes de 8 m et ceux de 1,80 m. La première observation d'AMBER, conduite seulement 11 jours après le maximum de luminosité, avant que de la poussière ne soit formée, montre que la taille apparente du cœur de la nova représente moins de 1 milliseconde d'angle (mas), soit une taille inférieure à celle d'un grain de sable vu à 100 km! Quelques jours plus tard, la nova disparaît dans son écran de poussière et une mesure effectuée conjointement par AMBER et MIDI permet de mesurer directement le diamètre apparent de la coquille de poussière en expansion. Résultat : cette coquille constamment enrichie de nouvelles poussières, avec un diamètre apparent de 13 mas, est bien plus étendue que le cœur et sa vitesse d'expansion est de 2 millions de km/h! Au total, cette naine blanche d'une taille similaire à celle de la Terre, a éjecté plus de 30 masses terrestres de plasma et de gaz lors de son explosion, soit l'équivalent des masses d'Uranus et Neptune réunies! Quant à la poussière, pourtant si brillante dans l'infrarouge, elle ne représente qu'une fraction inférieure à 1% de la masse totale.

Ces observations interférométriques sont une première car en combinant la vitesse d'expansion apparente de la coquille (0,35 mas/

jour) à des mesures spectroscopiques, elles permettent d'estimer la distance de cette explosion thermonucléaire à 5 000 années-lumière. Grâce à des données spectroscopiques et photométriques complémentaires obtenues par le télescope indien du Mont Abu, les astronomes proposent une modélisation physique de la couche de poussière en tenant compte de sa distance, son rayon, son épaisseur, sa composition chimique ainsi que sa température. De plus, la variation du taux de formation de la poussière a pu être corrélée avec un sursaut de la courbe de lumière, mettant en évidence le caractère instable du phénomène. La mise en service d'instruments de 2<sup>e</sup> génération du VLTI, tel que MATISSE qui recombinera les faisceaux provenant de 4 télescopes, devrait permettre d'observer de manière encore plus complète ce type de phénomène.

## ***Spirales barrées***

Beaucoup de galaxies spirales, et parmi celles-ci la Voie Lactée, sont « barrées ».

Des simulations numériques en ont montré la raison – si le disque d’une galaxie est suffisamment dense et si les étoiles ne tournent pas trop vite, une barre d’étoiles et de gaz se forme en une centaine de millions d’années. La moindre perturbation, comme l’attraction entre deux étoiles proches, tend à transformer le mouvement circulaire initial en une orbite allongée. Ce type d’instabilité peut s’amplifier et conduire à la formation d’une barre.

Une étude récente suggère cependant que les barres se forment à des âges différents selon la masse de la galaxie considérée. Cette étude se base sur les observations faites par le télescope spatial Hubble de plus de 2 000 galaxies.

La relation entre la distance et l’âge montre qu’il y a 7 milliards d’années, les galaxies les plus massives avaient déjà formé leur barre. Les galaxies de faible masse étaient alors trois fois moins nombreuses que maintenant. À cette époque, l’univers était plus compact et les interactions entre galaxies plus nombreuses. Les petites galaxies étaient les plus perturbées et ne parvenaient pas à former de barres.

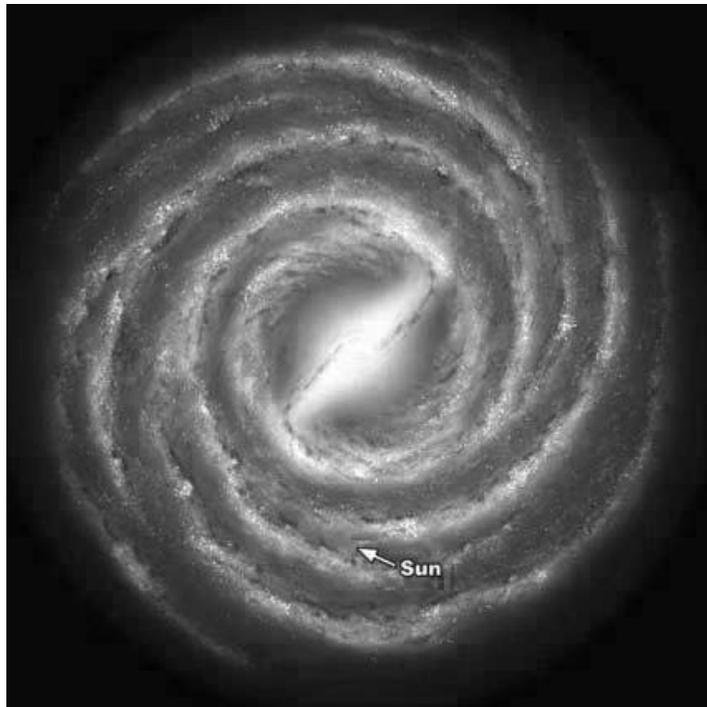
On savait déjà que les grosses galaxies se formaient les premières. Ce scénario se vérifie donc aussi pour les barres.

***La Voie Lactée est une spirale barrée dont la barre centrale s’étend sur quelque 27 000 années-lumière. (Vue d’artiste)  
© NASA/JPL-Caltech/R Hurt/SSC***

***Les images de la page suivante montrent quatre des spirales barrées du survey situées entre 2,1 et 6,4 milliards d’années-lumière.***

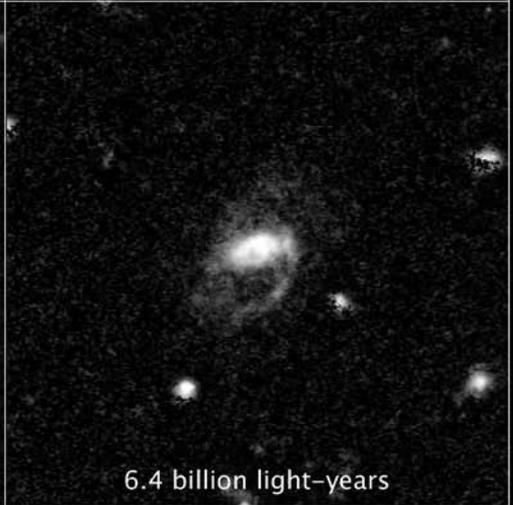
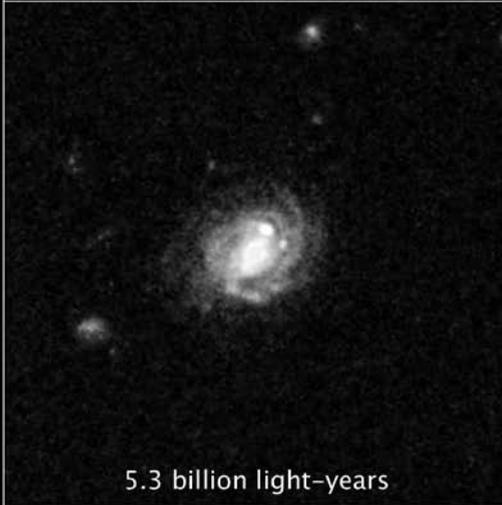
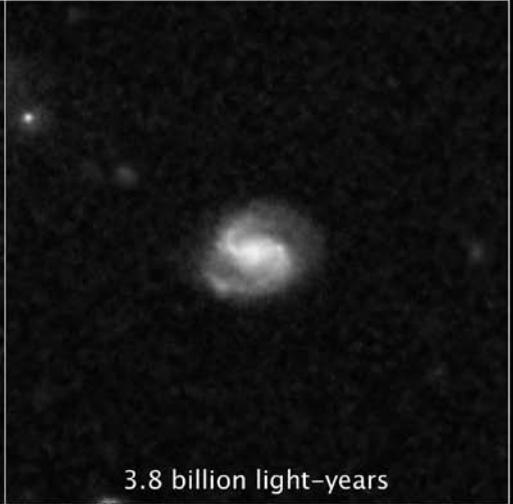
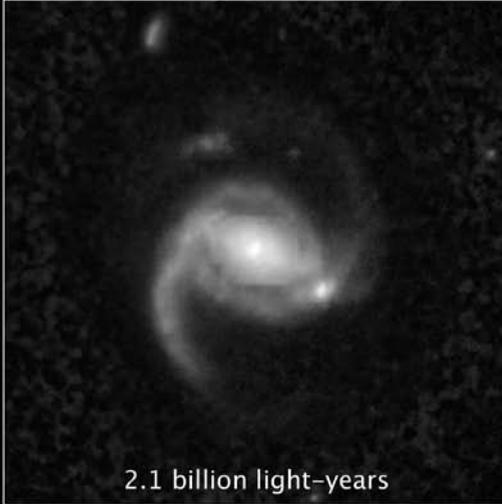
***Les astronomes ont assemblé ces images à partir d’observations prises avec les télescopes Hubble (HST) et Subaru (Mauna Kea, Hawaïi) entre 2003 et 2005.***

***© NASA, ESA, K. Sheth (Spitzer Science Center, California Institute of Technology, Pasadena, Calif.), and P. Capak & N. Scoville (California Institute of Technology)***



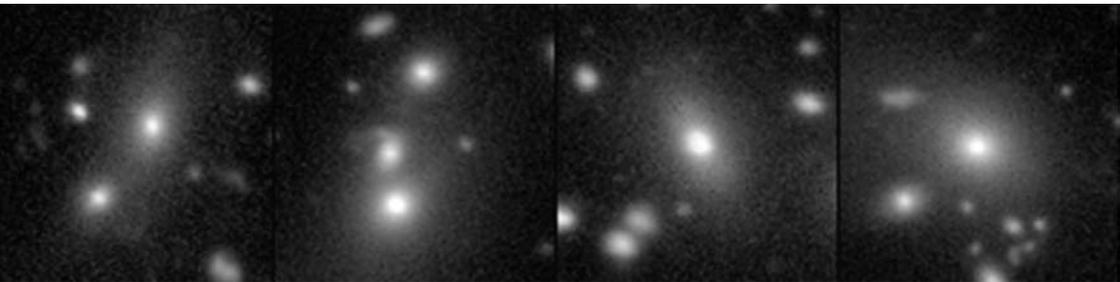
Barred Spiral Galaxies ■ COSMOS

*HST/ACS* ■ Subaru



NASA, ESA, and K. Sheth (Caltech)

STScI-PRC08-29



*Images des galaxies les plus brillantes dans cinq groupements situés à 4 milliards d'années-lumière. L'ordre de gauche à droite correspond plus ou moins à des masses de plus en plus élevées et donc, grosso modo à une séquence temporelle. Les galaxies les plus brillantes des groupes 1 et 2 ont clairement des compagnons liés gravitationnellement. (© ESO)*

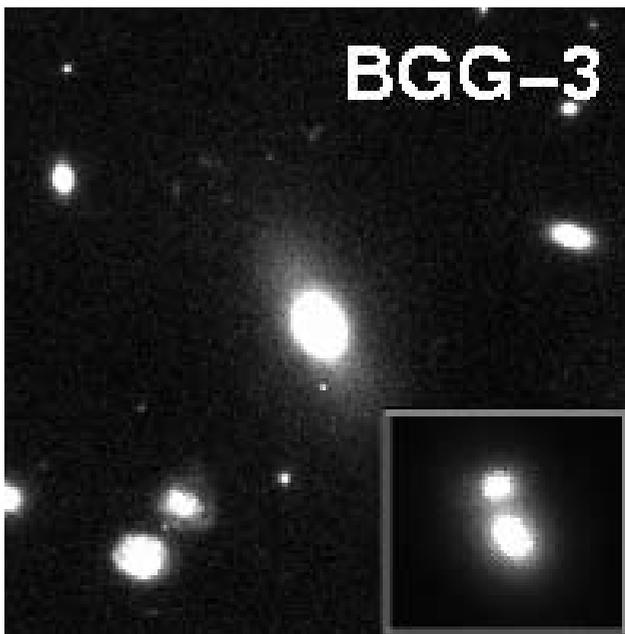
## **Galaxies en fusion**

Les galaxies massives grossissent en absorbant les plus petites. Les astronomes ont pu photographier des galaxies lointaines à divers stades de ce processus de coalescence. Selon les théories généralement admises, les galaxies se forment de façon hiérarchique, selon un lent processus dans lequel les petites galaxies fusionnent pour en créer de plus grosses, un peu comme les ruisseaux finissent par former des rivières, et ensuite des fleuves. Le modèle prédit de nombreuses fusions successives, mais la chronologie exacte des événements est mal connue. Pour mieux la comprendre, les astronomes ont étudié des galaxies massives dans des groupes distants de 4 milliards d'années-lumière en utilisant de nombreux télescopes, dont le VLT (ESO/Paranal) ainsi que le télescope spatial Hubble. Cela leur a permis de conclure que les galaxies les plus brillantes ont accru leur masse de 50% au cours des derniers milliards d'années.

Les galaxies les plus brillantes de ces amas contiennent de 100 à 1 000

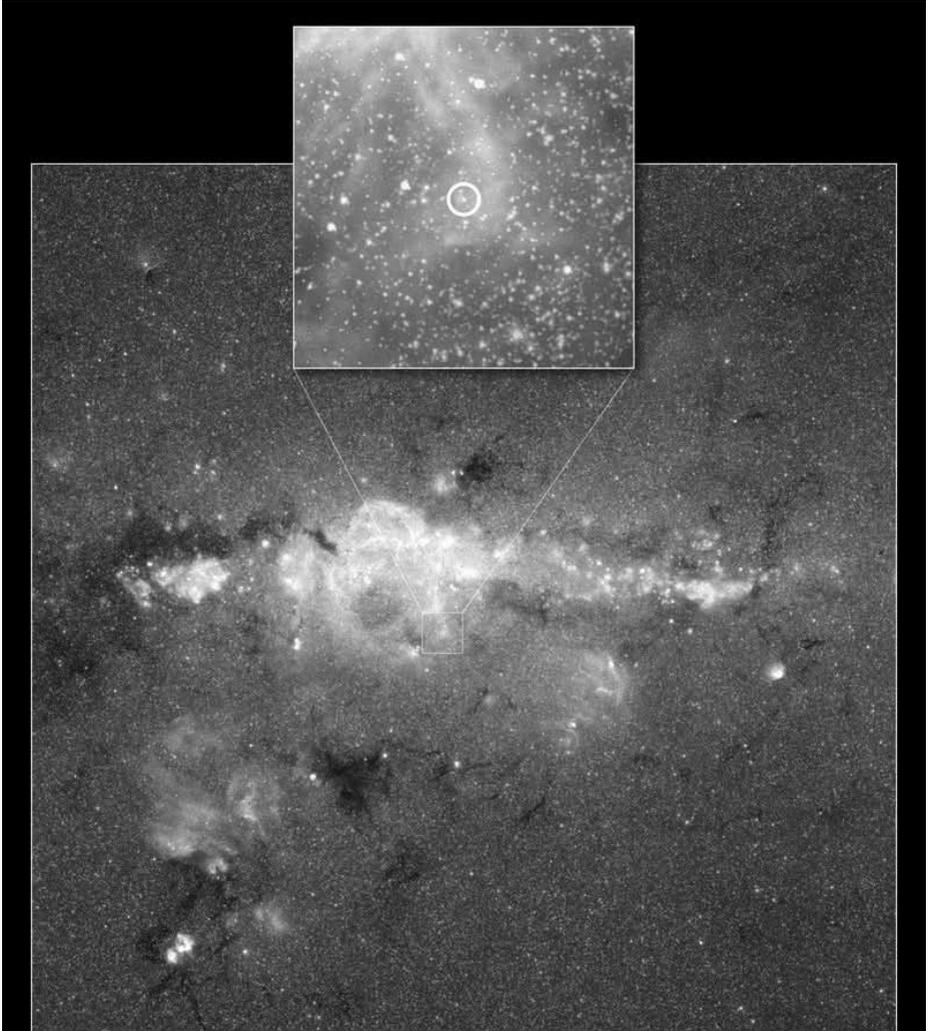
milliards d'étoiles. Ces étoiles sont vieilles et l'on en conclut que les fusions récentes n'ont pas provoqué la naissance de nouvelles générations d'étoiles. La plupart des étoiles dans ces galaxies semblent avoir au minimum 7 milliards d'années.

*Cette image du groupe 3 prise avec le télescope spatial Hubble montre que la galaxie la plus brillante a un noyau double et est donc en plein processus de coalescence. (© NASA/HST)*



## ***L'étoile Pivoine***

*Les observations faites avec le télescope spatial Spitzer et le télescope NTT de La Silla (ESO) montrent qu'une étoile du centre de la Voie Lactée (l'« Étoile Pivoine ») est l'une des plus brillantes de la Galaxie, rivalisant avec Eta de la Carène.*



**The Brightest Star?**

**Spitzer Space Telescope • IRAC • MIPS**

NASA / JPL-Caltech / L. Oskinova (Potsdam Univ. , Germany)

ssc2008-13a

## **Fermi-GLAST**

Le satellite GLAST a été rebaptisé « Fermi Gamma-Ray Space Telescope » en l'honneur du professeur Enrico Fermi (1901-1954), un pionnier de la physique des particules qui a été le premier à suggérer la manière dont les particules pouvaient être accélérées jusqu'à des énergies élevées.

Pendant les deux mois qui ont suivi le lancement de l'observatoire GLAST, le 11 Juin 2008, les scientifiques ont testé et calibré ses deux instruments, le LAT (Large Area Telescope) et le GBM (GLAST Burst Monitor).

L'équipe du LAT a rendu publique le 26 août 2008 une image du ciel montrant le gaz brillant de la Voie Lactée, des pulsars clignotants et une galaxie située à des milliards d'années-lumière particulièrement lumineuse en raison d'un épisode d'activité intense. L'image combine 95 heures de l'observation dite de « première lumière ». Une image similaire produite par le précédent satellite de la NASA, CGRO (Compton Gamma-Ray Observatory), avait demandé des années d'observation.

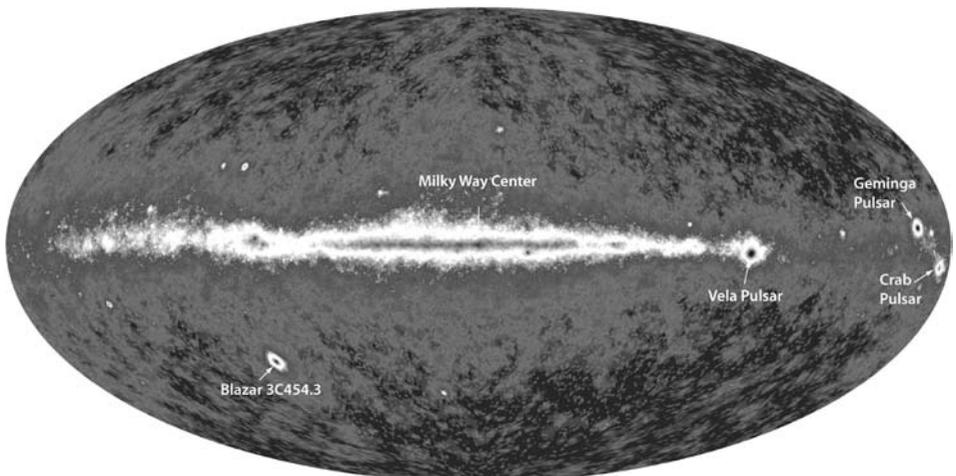
Le LAT explore l'ensemble du ciel toutes les trois heures quand il opère en mode balayage, qui sera le mode privilégié pendant la première année d'observation. Ces prises de vue continues permettront aux scientifiques

de surveiller l'activité de sources rapidement variables. L'instrument détecte des photons d'énergie comprise entre 20 MeV et 300 GeV. L'extrémité haute de ce domaine est peu explorée et correspond à des énergies plus de 5 millions de fois supérieures à celles des rayons-X utilisés en médecine.

Le second instrument du satellite, le GBM, a détecté 31 sursauts gamma pendant son premier mois d'observation. Ces explosions de haute énergie se produisent quand des étoiles massives meurent ou quand des étoiles à neutrons spiralent l'une autour de l'autre et fusionnent. Le GBM est sensible à des rayons gamma de plus faible énergie (8 keV à 30 MeV) que le LAT. Les sursauts observés par les deux instruments à la fois apporteront un regard neuf sur un grand domaine spectral, permettant aux scientifiques de scruter les processus à l'œuvre dans ces événements extrêmes.

Les scientifiques espèrent que Fermi découvrira de nombreux autres pulsars dans notre Galaxie, qu'il révélera de puissants phénomènes aux abords des trous noirs supermassifs au cœur de milliers de galaxies actives et qu'il permettra la recherche d'indices de nouvelles lois physiques.

*Le ciel selon Fermi (© NASA)*



## Nuages martiens

Communication CNRS

Sur Terre, on sait que les interactions entre les espèces chimiques gazeuses et les cristaux de glace des nuages jouent un rôle fondamental dans la perte de l'ozone stratosphérique. En effet, ces cristaux de glace transforment les composés chlorés de l'atmosphère en chlore actif susceptible de détruire l'ozone. Or, des nuages de glace sont observés fréquemment dans l'atmosphère de Mars. Les chercheurs ont donc testé l'idée que ces nuages de glace pouvaient capturer et rendre inactifs les radicaux hydrogénés HOx qui normalement détruisent l'ozone martien, un phénomène identifié en laboratoire. En utilisant un modèle de circulation générale de l'atmosphère qui tient compte de la photochimie, les chercheurs ont montré que, en se limitant à la chimie classique en phase gazeuse, les résultats des simulations ne pouvaient pas expliquer les concentrations d'ozone observées récemment dans l'atmosphère de Mars par le spectromètre SPICAM à bord de la sonde Mars Express de l'ESA.

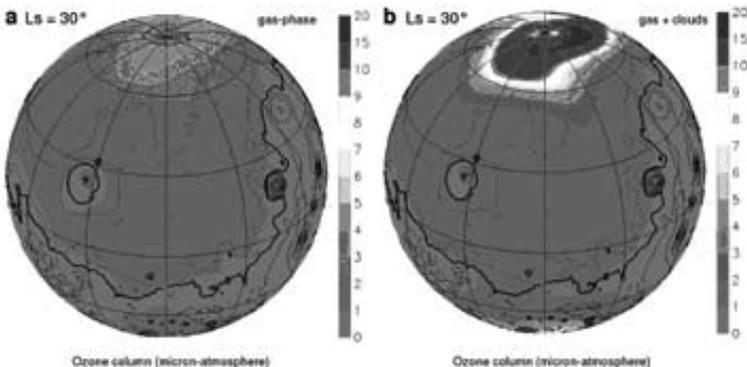
En tenant compte des processus chimiques qui se développent à la surface des cirrus terrestres ainsi que de la répartition des nuages observée sur Mars (ceinture équatoriale à l'aphélie et brumes polaires en hiver), les scientifiques ont obtenu un accord quantitatif jusqu'à présent inégalé entre la théorie et les observations, et cela à toutes les latitudes et

à toutes les saisons de la planète Mars. De plus, ce processus rapproche le modèle des observations de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) conduites depuis la Terre, ce qui fournit une indication supplémentaire du mécanisme proposé.

La capture hétérogène des HOx, mise en évidence par l'ozone, est également importante pour le gaz carbonique ( $CO_2$ ) qui compose 95% de l'atmosphère martienne. On sait en effet que l'atmosphère de Mars doit sa stabilité photochimique aux HOx produits par la destruction de la vapeur d'eau en présence de rayonnement solaire. Par l'intermédiaire de cycles catalytiques similaires à ceux observés sur Terre, les HOx régénèrent en permanence le  $CO_2$  à partir de son produit de photodissociation CO. Si ce mécanisme semble qualitativement bien compris, la chimie classique ne parvenait pas à un bilan équilibré entre la perte et la production de CO. Les résultats obtenus ici apportent la preuve que les nuages jouent un rôle important dans la chimie de l'atmosphère de Mars, dont il faudra désormais tenir compte dans l'étude de sa stabilité et de sa capacité oxydante.

### *Distribution de l'ozone calculée au printemps de l'hémisphère nord de Mars*

*(a) avec la chimie classique ; (b) en présence de nuages de glace  
Le panneau de droite est beaucoup plus proche des observations*



## **Chaînon manquant**

*Communiqué CNRS/Observatoire de Besançon*

Des astronomes ont découvert un objet curieux au-delà de Neptune dont l'orbite étonnante pourrait mener à une explication de l'origine des comètes. Cet objet transneptunien, actuellement baptisé 2008 KV42, suit une orbite rétrograde autour du Soleil, presque perpendiculaire à l'écliptique avec une inclinaison de 104°. Cette orbite bizarre suggère que 2008 KV42 aurait pu être attiré au sein de notre Système solaire depuis le réservoir de comètes, bien au-delà de Neptune, appelé le nuage de Oort. Les comètes proviennent du nuage de Oort, ainsi cette découverte pourrait finalement nous indiquer comment ils passent du nuage pour devenir des objets analogues à la comète de Halley.

Les orbites des objets transneptuniens nous donnent des indices importants sur la formation et l'évolution du Système solaire externe. Les découvertes de nouvelles classes d'objets ont déjà fourni des informations sur l'histoire ancienne de notre Système solaire et ont remis en question certaines théories reçues. La découverte de 2008 KV42, le premier objet connu de cette région ayant une orbite rétrograde, nous promet un renouvellement des théories.

Plusieurs théories de la formation du Système solaire ont suggéré l'existence de ces objets, mais il est très difficile de les observer.

Cette difficulté s'explique partiellement par leur rareté. Bien que les astronomes aient exploré une grande partie de la moitié nord du ciel, à la recherche d'objets brillants de ce type, ils n'en ont trouvé qu'un seul qui pourrait appartenir à la même classe, 2002 XU93. Ce dernier, découvert il y a six ans lors du grand relevé écliptique profond (DES), présente une orbite inclinée de 77°.

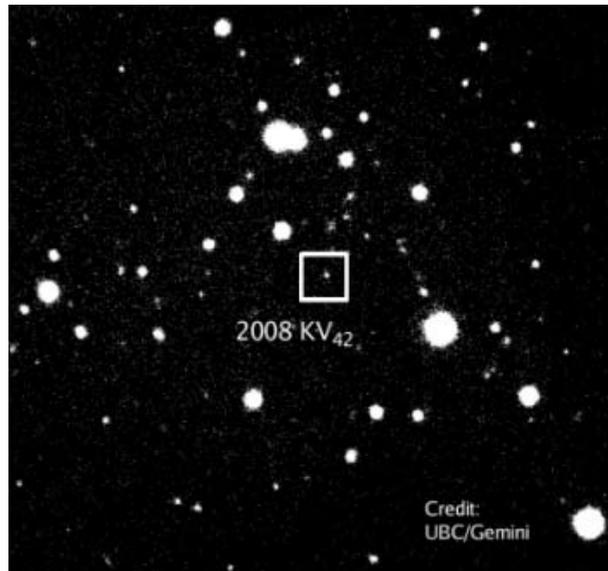
Une des grandes frustrations des chercheurs qui étudient le Système solaire au-delà de Neptune est la difficulté de déterminer de quelles régions proviennent les différents types de comètes.

La découverte d'objets qui feraient le lien entre les sources (différentes parties du nuage de Oort, ceinture de Kuiper) et la population des comètes observées éclairerait fortement notre compréhension de la formation du Système solaire externe.

La découverte a été réalisée à l'aide du télescope Canada-France-Hawaii à Hawaii et a été suivie d'observations de confirmation avec le télescope MMT en Arizona, l'observatoire inter-américain de Cerro Tololo (CTIO) de quatre mètres au Chili et le télescope Gemini Sud également au Chili.

En raison de son orbite inhabituelle, l'objet aurait été perdu sans la contribution cruciale de ces grands télescopes. Les astronomes prévoient des observations de suivi pour 2008 KV42, afin de déterminer son orbite avec une plus grande précision. On pourra alors démarrer le travail fascinant de l'interprétation des informations « paléontologiques » que constitue l'orbite de cet astre transneptunien exceptionnel.

***L'objet particulier 2008 KV42***  
© UBC/Gemini



## 2006 SQ372

La petite planète 2006 SQ372 se trouve à plus de trois milliards de kilomètres de la Terre, un peu moins loin que Neptune. Mais, selon les astronomes du Sloan Digital Sky Survey (SDSS-II), elle entame seulement son retour vers les confins du Système solaire, en une orbite de 22 500 ans qui l’emmène jusqu’à 225 milliards de kilomètres.

La découverte de cet objet remarquable a été annoncée au récent congrès tenu à Chicago sur le thème « The Sloan Digital Sky Survey : Asteroids to Cosmology. »

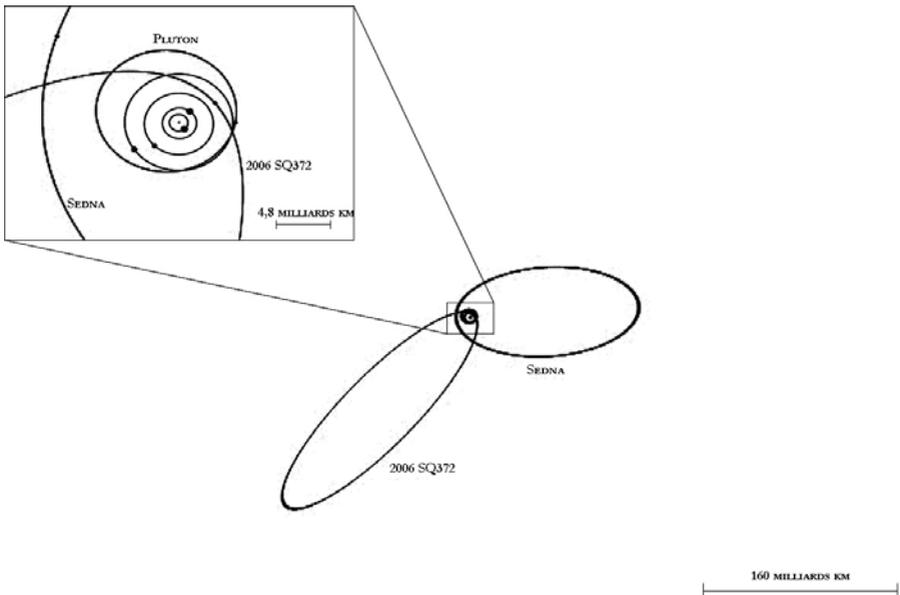
L’orbite des planètes principales est à peu près circulaire, mais celle de 2006 SQ372 est une ellipse quatre fois plus longue que large. Le seul objet d’orbite comparable est Sedna – une petite planète du type de Pluton, découverte en 2003 – mais l’aphélie de l’orbite de 2006 SQ372 est plus de 50 % plus éloigné et la période de révolution est pratiquement double de celle de Sedna.

Le nouvel astre est beaucoup plus petit que Sedna, probablement entre 50 et 100 kilomètres au lieu de 1 500. En fait, c’est une

comète qui ne vient jamais assez près du Soleil pour développer une queue.

2006 SQ372 a été découverte en appliquant un algorithme spécialisé de recherche sur des données obtenues pour de toutes autres raisons : trouver des supernovae distantes de milliards d’années-lumière afin de mesurer l’expansion de l’univers. Lors de chaque nuit claire de 2005 à 2007, le survey SDSS-II de supernovae balayait la même longue bande de ciel 1 000 fois plus grande que la pleine Lune. Si l’on peut y trouver des objets qui explosent, on peut aussi découvrir ceux qui bougent. Seuls des astres se trouvant dans le Système solaire pouvaient montrer un mouvement appréciable d’une nuit à l’autre.

*L’orbite de l’objet nouvellement découvert 2006 SQ372 en comparaison des orbites de Neptune, Pluton, et Sedna. En médaillon, une vue agrandie montrant les orbites d’Uranus, Saturne et Jupiter à l’intérieur de celle de Neptune. Même sur cet agrandissement, l’orbite terrestre serait à peine discernable du point central figurant le Soleil.*  
(Credit : N. Kaib)



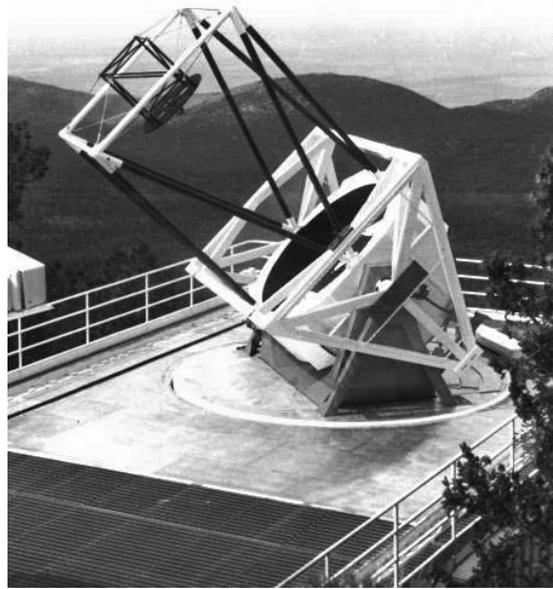
***Le télescope Sloan de 2 m 50 à l'observatoire d'Apache Point.  
(© SDSS)***

SQ372 a été trouvée tout d'abord dans une série d'images prises entre le 27 septembre et le 1<sup>er</sup> octobre 2006. On l'a ensuite détectée dans des images antérieures et postérieures, confirmant ainsi la découverte.

Des simulations numériques ont été effectuées pour comprendre comment 2006 SQ372 a pu se retrouver sur une orbite aussi curieuse. Elle a pu se former comme Pluton dans la ceinture de débris glacés s'étendant au-delà de Neptune et être ensuite éjectée au loin par des perturbations gravifiques de Neptune et Uranus, mais le plus probable semble être que SQ372 vienne des régions les plus proches du nuage d'Oort, cet immense réservoir d'astres glacés éjectés du Système solaire interne par les perturbations des planètes géantes au moment même où ces planètes se formaient. La plupart des objets du nuage d'Oort se trouvent à des milliers de milliards de kilomètres, mais les perturbations d'étoiles proches peuvent altérer leurs orbites et envoyer certains objets dans l'espace interstellaire ou, au contraire, plus près du Soleil et en faire des comètes.

Même à son aphélie, 2006 SQ372 sera dix fois plus proche du Soleil que le gros du nuage d'Oort. Mais les théoriciens ont prédit depuis longtemps l'existence d'un nuage d'Oort « interne » et il se peut que SQ372 et Sedna en soient les premiers témoins que nous connaissons.

2006 SQ372 était assez brillante pour être découverte parce qu'elle était au périhélie. Comme le survey de supernova SDSS-II n'observe qu'à peine 1% du ciel, on peut s'attendre à ce que les survey de nouvelle génération découvrent beaucoup d'astres du même genre. D'ici une décennie on devrait avoir appris beaucoup de choses sur cette population. L'un des espoirs est de comprendre l'origine des comètes et de remonter le plus loin dans la genèse du Système solaire.



### **Le Sloan Digital Sky Survey (SDSS)**

Le Sloan Digital Sky Survey est le survey du ciel le plus ambitieux jamais entrepris. Il implique 300 astronomes et ingénieurs de 25 institutions de par le monde. Le SDSS-II, qui a commencé en 2005 et s'est terminé en juillet 2008, comprend trois projets complémentaires. Le Legacy Survey complète l'atlas original du SDSS qui concerne la moitié du ciel boréal, en déterminant la position, l'éclat et la couleur de millions d'objets célestes et en mesurant la distance de plus d'un million de galaxies et de quasars. SEGUE (Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration) a cartographié la structure et les populations stellaires de la Galaxie. Le Supernova Survey a balayé inlassablement une même bande de ciel le long de l'équateur afin de découvrir et de mesurer des supernovae et d'autres objets variables, en vue de préciser les caractéristiques de l'expansion du cosmos. Tous les trois surveys ont été réalisés avec des instruments spécifiques sur le télescope de 2,5 m d'Apache Point Observatory, au Nouveau Mexique.

## Rosetta près de Steins

*Basé sur un communiqué de l'ESA*

La sonde cométaire Rosetta de l'ESA a survolé le petit astéroïde Steins, représentant d'une catégorie rare d'astres du Système solaire, et collecté une multitude d'informations sur ce membre de la ceinture principale d'astéroïdes.

Le 5 septembre à 20 h 58 heure de Paris, le chasseur de comète de l'ESA, Rosetta, s'est approché à 800 kilomètres de l'astéroïde 2867 Steins, premier véritable objectif scientifique de cette mission de 11 ans et demie qui vise, au bout de son périple, à explorer le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko.

Le succès de ce vol rapproché a été confirmé à 22 h 14 heure de Paris, lorsque l'équipe de contrôle au sol de l'ESA, basée au Centre européen d'Opérations spatiales (ESOC) à Darmstadt (Allemagne), a reçu les premières données de télémétrie envoyées par la sonde. La liaison de communication avec Rosetta était interrompue pendant toute la durée du survol de l'astéroïde, son antenne ne pouvant rester pointée vers la Terre. Le signal radio émis par la sonde à 2,41 unités astronomiques (soit 360 millions de kilomètres) de notre planète a mis 20 minutes pour parvenir jusqu'à nous.

Steins est un petit astéroïde de forme irrégulière de seulement 4,6 kilomètres de diamètre. Il appartient à la classe rare des astéroïdes de type E, qui n'ont encore jamais fait l'objet d'observations directes par un véhicule spatial interplanétaire. Ces astéroïdes se trouvent pour la plupart dans la région interne de la ceinture principale d'astéroïdes, située entre Mars et Jupiter. On suppose que ce sont des fragments du manteau d'astéroïdes plus gros détruits tôt dans l'histoire du Système solaire et qu'ils se composent essentiellement de minéraux silicatés avec une teneur en fer faible ou nulle.

Les données acquises par Rosetta devraient enfin dévoiler la véritable nature de Steins.

En étudiant de petits astres tels que les astéroïdes, Rosetta devrait apporter un nou-

veau regard sur les premiers temps de l'histoire du Système solaire. Elle permettra une meilleure compréhension des origines et de l'évolution des planètes et une interprétation plus précise des données sur les astéroïdes recueillies par les instruments au sol.

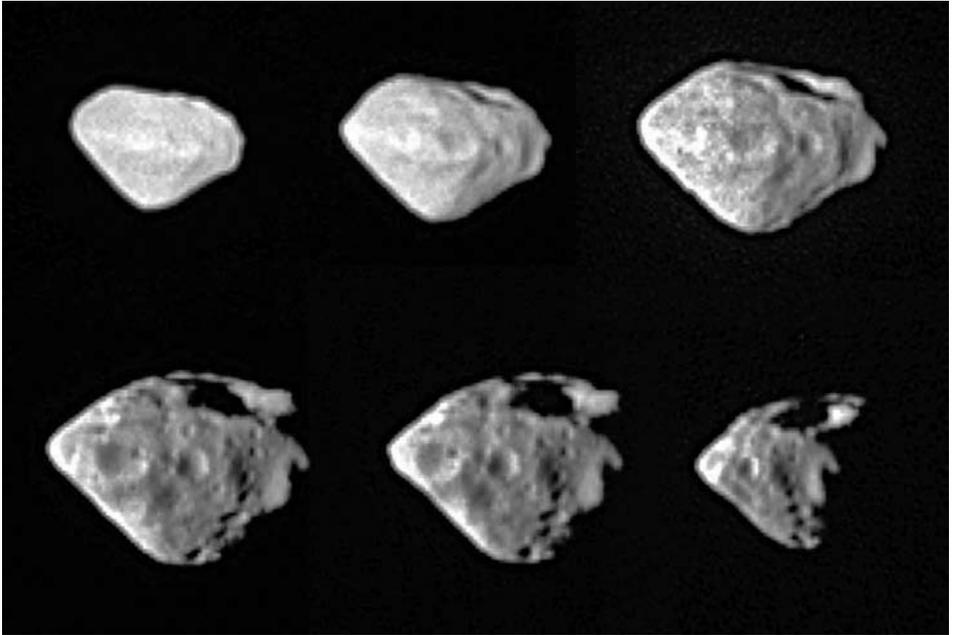
Il ne s'agit pas de la première observation de Steins par Rosetta. Voilà plus de deux ans, en mars 2006, la caméra Osiris embarquée sur la sonde avait étudié les variations de luminosité de cet astéroïde en rotation évoluant à 159 millions de kilomètres de là (un peu plus de la distance qui sépare la Terre du Soleil) et permis de déterminer que le petit astéroïde tournait sur lui-même en six heures environ.

Osiris a de nouveau été pointé vers Steins le 4 août, avec les deux autres caméras de navigation à bord de la sonde, afin d'observer l'astéroïde jusqu'au 4 septembre et d'offrir à Rosetta une assistance de navigation par moyens optiques – une première pour les manœuvres d'un véhicule spatial de l'ESA. La plupart des instruments de l'orbiteur Rosetta ainsi que le magnétomètre de l'atterrisseur Philae ont été allumés quelques jours avant cette rencontre en vue d'acquies sur l'astéroïde des données scientifiques de plus en plus précises à mesure que la sonde se rapprochait de sa cible.

Les instruments performants de Rosetta ont commencé par étudier le mouvement orbital, la rotation, la forme et la densité de l'astéroïde. À l'approche de Steins, la sonde a étendu son champ d'investigation à l'examen des propriétés et caractéristiques de la surface de l'astre ainsi qu'à l'analyse de la composition chimique et minéralogique des terrains, de leur âge relatif et des effets du vent solaire à leur surface.

Rosetta est passée au plus près de Steins à une vitesse relative de 8,6 km/s. Afin de garder ses instruments braqués sur le petit astéroïde, la sonde a dû effectuer une manœuvre de rotation rapide et très complexe, qui avait fait l'objet d'une répétition concluante en mars dernier.

« Malgré sa petite taille, Steins doit permettre de grandes avancées scientifiques », affirme David Southwood, Directeur Science



et Exploration robotique de l'ESA. « En apprenant à mieux connaître les différents types d'astéroïdes, nous cernerons mieux nos lointaines origines. Il arrive par ailleurs que ces astres vagabonds du Système solaire s'échappent de la ceinture d'astéroïdes et représentent une menace pour la Terre. Mieux nous les connaissons, mieux nous serons à même d'atténuer les risques que certains pourraient représenter à l'avenir. »

« Les performances de Rosetta restent excellentes », ajoute D. Southwood. « Garder une si petite cible en vue nécessitait une manœuvre complexe, mais la sonde s'en est sortie brillamment. Nous sommes désormais d'autant plus convaincus de sa capacité à accomplir la difficile tâche qui l'attend lorsqu'elle aura atteint la comète Churyumov-Gerasimenko. »

La sonde a poursuivi ses observations scientifiques de Steins jusqu'au 10 septembre. Depuis son lancement par une Ariane-5, le 2 mars 2004, Rosetta a déjà parcouru quelque 3 700 millions de kilomètres, en effectuant

*L'astéroïde Steins vu d'une distance de 800 km par le système d'imagerie OSIRIS. Le diamètre de l'astéroïde est de 5 km, proche des prévisions. Sur le dessus, un grand cratère, d'environ 1,5 km montre qu'un impact a probablement failli pulvériser Steins.*

© ESA ©2008 MPS/OSIRIS Team MPS/UPM/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA

deux manœuvres d'assistance gravitationnelle par survol de la Terre et une par survol de Mars. Une fois arrivée au point le plus distant du Soleil de son orbite actuelle, le 17 décembre prochain, la sonde reprendra la direction de la Terre afin de profiter une dernière fois, le 13 novembre 2009, de l'assistance gravitationnelle de notre planète, qui lui apportera l'élan final pour parvenir à destination.

Le 10 juillet 2010, Rosetta doit également survoler au passage un astre bien plus gros, l'astéroïde 21 Lutetia, avant d'atteindre la comète Churyumov-Gerasimenko à la mi-2014 à l'issue d'un voyage d'environ 6 500 millions de kilomètres.

## *Nuages noctiluques*

En juillet dernier, les astronautes ont pu voir de spectaculaires nuages noctiluques (comme ceux décrits par P. Ponsard dans *le Ciel* de septembre, p. 268). L'image ci-jointe a été prise le 22 juillet alors que la station spatiale survolait l'ouest de la Mongolie à 340 km d'altitude. Selon les experts, il s'agit là de l'une des meilleures images de ces nuages. De plus elle montre combien leur altitude est élevée, de l'ordre de 83 kilomètres, c'est-à-dire au-dessus de 99,999% de l'atmosphère de la Terre. A ces hauteurs, le ciel est d'un noir d'encre. C'est le domaine des étoiles filantes, des aurores de grande énergie et c'est là que se désagrègent les satellites en retombant.

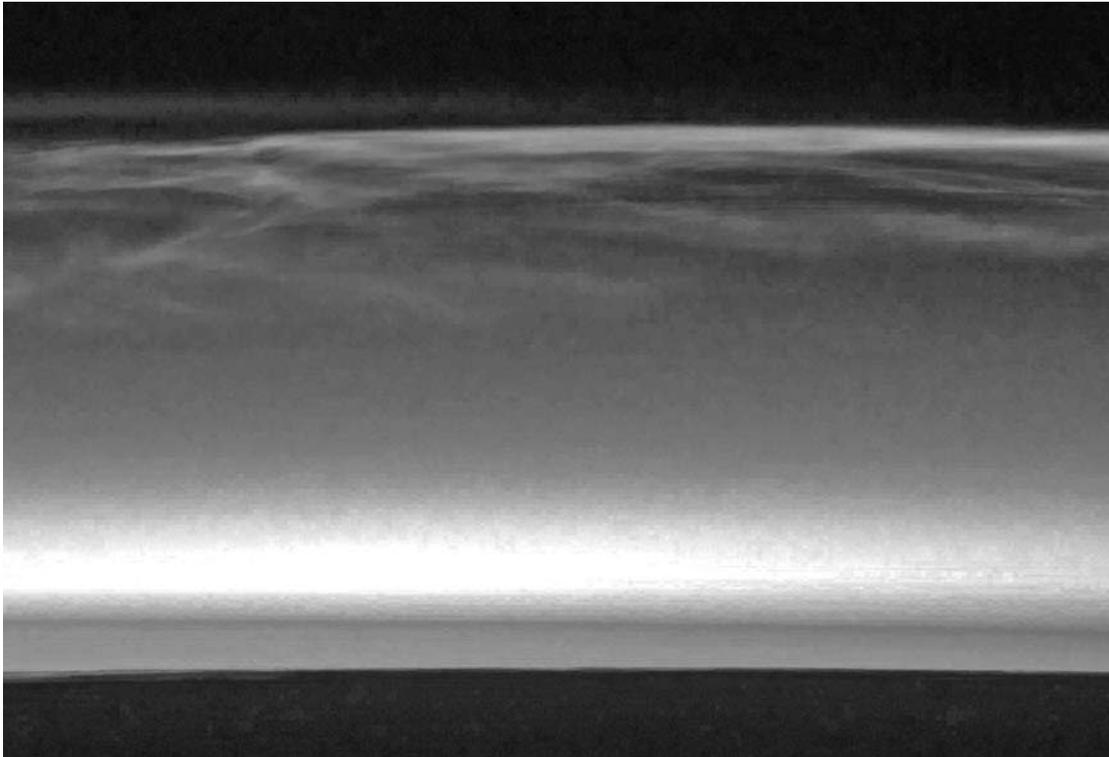
On a remarqué les nuages noctiluques (NLC pour Noctilucent Clouds) à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, après l'éruption du Krakatau en

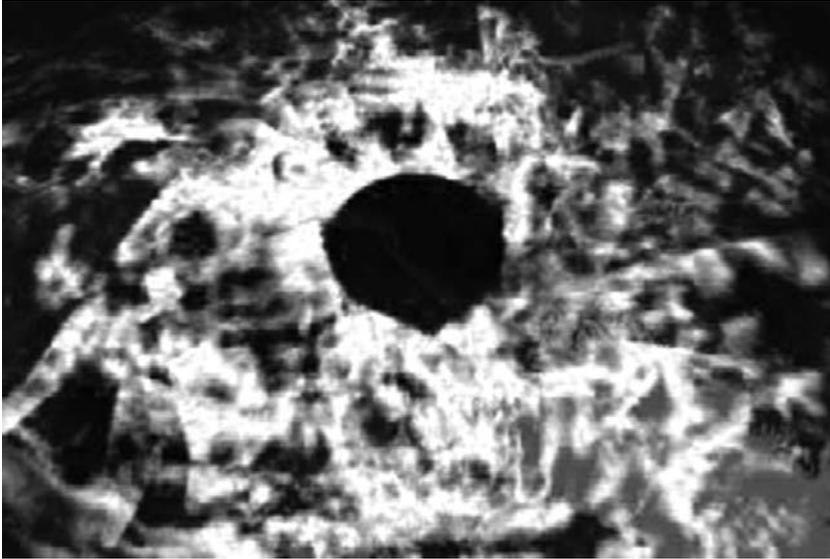
1883. Le super-volcan indonésien avait projeté des cendres à plus de 50 km d'altitude. Cela a donné lieu à de spectaculaires couchers de soleil et, pendant tout un temps, regarder le ciel du soir est devenu un passe-temps mondial.

Un soir de juillet 1885, un certain Robert Leslie de Southampton, observa un réseau de filaments bleutés dans le ciel qui s'assombrissait. Il publia ses observations dans la revue *Nature* et on lui attribue ainsi la découverte des nuages noctiluques (même s'il semble qu'un allemand du nom de Backhouse a pu observer ces nuages un mois plus tôt).

Les scientifiques conclurent alors qu'il s'agissait d'une manifestation curieuse des cendres volcaniques. Cependant, bien après la

*Nuages noctiluques photographiés  
par l'équipage de l'ISS*





*L'une des photos prises quotidiennement par l'AIM et montrant l'activité des nuages noctiluques au-dessus du pôle nord en 2007. © AIM/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio.*

dissipation des cendres du Kakatau, les NLCs continuèrent d'apparaître.

Non seulement ces nuages ont persisté, mais ils ont progressé vers les basses latitudes. Au début on les voyait au-dessus de 50°, en Écosse, en Sibérie ou en Scandinavie, par exemple. Maintenant on peut en voir jusqu'en Orégon, en Turquie ou en Iran.

C'est en Iran que l'on en vit de splendides le 19 juillet, à environ 38° de latitude, quelques jours avant ceux observés par l'ISS.

La coïncidence de ce phénomène avec la Révolution industrielle et sa progression suggère une connexion avec le changement climatique et l'activité humaine, mais cela n'est pas prouvé.

Un satellite de la NASA, l'AIM, lancé en avril 2007, se trouve actuellement en orbite polaire et est en mesure d'observer les NLC et d'étudier leur composition. Quelques conclusions ont déjà pu être tirées.

1. Les nuages noctiluques apparaissent durant l'été polaire, sont très étendus et très variables sur des périodes de quelques heures ou de quelques jours.

2. Il y a un nombre important de nuages noctiluques invisibles. Les cristaux qui constituent les NLC visibles mesurent de 40 à 100 nanomètres — juste la bonne taille pour diffuser les rayons bleus du soleil.

L'AIM a permis de déceler une autre population de cristaux de glace, de moins de 30 nanomètres. Les nuages composés de tels cristaux sont difficiles à voir, mais tiennent une place importante dans le phénomène général.

3. L'AIM a montré que certains des nuages ont des formes qui ressemblent à celles de certains nuages troposphériques. Ces similitudes étonnantes indiquent que la dynamique du climat à l'orée de l'espace interplanétaire n'est pas aussi extraterrestre qu'on ne le pensait.

Malgré ces progrès, on ne sait toujours pas pourquoi les NLC sont apparus au XIX<sup>e</sup> siècle, pourquoi ils progressent, et pourquoi des cristaux de glace se trouvent à des altitudes où l'air est cent millions de fois plus sec que celui du Sahara.

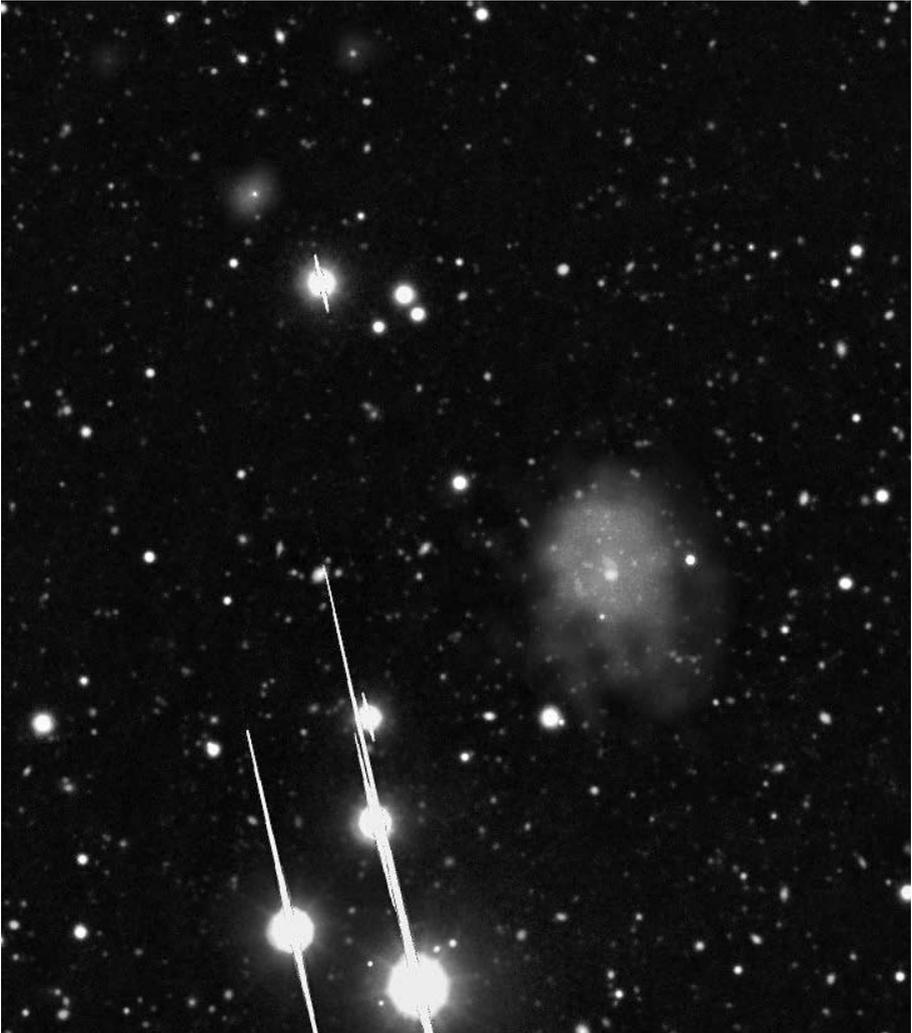
## ***Une découverte massive de XMM-Newton***

L'observatoire spatial de l'ESA XMM-Newton a découvert l'amas de galaxies le plus massif connu dans l'univers lointain. Il est si énorme qu'il ne peut en avoir beaucoup d'autres de ce type à ces distances.

Cette découverte confirme l'existence de l'énergie sombre.

*Cette image optique qui a confirmé que 2XMM J083026+524133 est un amas de galaxies lointain a été prise avec le Large Binocular Telescope en Arizona. L'émission X de l'amas est la tache floue superposée par ordinateur près du centre de l'image. Les galaxies individuelles sont les petits points dans cette tache.*

**© ESA XMM-Newton/EPIC, LBT/LBC, AIP (J. Kohnert)**



Le monstre ainsi découvert, connu seulement sous le nom de catalogue 2XMM J083026+524133, contient probablement autant de matière qu'un millier de grandes galaxies. La majorité de cette matière se trouve sous la forme d'un gaz porté à 100 millions de degrés.

L'amas a été détecté par hasard lorsque XMM-Newton était en train d'étudier un autre objet. Il avait été catalogué en vue d'études futures avec 190 000 autres sources X identifiées au cours de 3 500 observations faites avec EPIC (European Photon Imaging Camera) sur environ 1% du ciel.

J083026+524133 se singularisait par une brillance exceptionnelle. En vérifiant visuellement les images du Sloan Digital Sky Survey, les astronomes ne purent trouver aucune galaxie importante à cette position. Ils ont fait appel au Large Binocular Telescope en Arizona pour obtenir une image profonde. C'est alors qu'ils trouvèrent un amas. Sa distance s'établissait à 7,7 milliards d'années-lumière. La masse a été évaluée à partir des observations de XMM-Newton. Ce dernier est

coutumier de découvertes d'amas à ces distances. La surprise fut de trouver une masse de mille fois celle de notre Galaxie.

On pense que de tels amas sont très rares dans l'univers lointains, mais ils permettent de tester les théories cosmologiques. En fait, la nouvelle découverte confirme l'existence de cette composante mystérieuse de l'univers qu'est l'énergie sombre. Personne ne sait exactement ce qu'elle est, mais elle a le pouvoir d'accélérer l'expansion de l'univers. Ceci entrave la croissance d'amas massifs de galaxies dans l'univers actuel, ce qui implique que de tels amas doivent s'être formés dans l'univers jeune. La découverte de XMM-Newton rentre dans ce scénario. On ne s'attend donc pas à trouver d'autres amas de ce genre dans le catalogue qui ne représente qu'un pour cent du ciel.

*L'image X de découverte de 2XMM J083026+524133 obtenue par la caméra EPIC de XMM-Newton. La cible de cette image est le point brillant en haut à gauche, une galaxie active. 2XMM J083026+524133 se trouvait par hasard à la droite de l'image. ESA XMM-Newton/EPIC (G. Lamer)*

