
L'astronomie dans le monde

Une découverte d'ISO ouvre un nouveau domaine de la recherche : « l'astro-minéralogie »

L'observatoire spatial dans l'infrarouge ISO de l'Agence spatiale européenne a fonctionné de novembre 1995 à mai 1998, soit pratiquement un an de plus que prévu. Outil sans précédent pour l'astronomie dans l'infrarouge, capable d'examiner des zones froides et reculées de l'univers, ISO a effectué près de 30.000 observations scientifiques.

C'est en février, lors d'une conférence de presse à la station ESA de Villafranca, près de Madrid, qu'a été présenté ce que les experts en chimie spatiale considèrent comme l'un des principaux résultats obtenus par ISO, à savoir la présence de cristaux de silicates en grandes quantités autour d'anciennes étoiles ainsi que dans les disques protoplanétaires, où se sont formées les étoiles.

On savait que les silicates, qui sont les minéraux les plus abondants sur Terre, comptent parmi les principaux composants de la poussière présente dans l'espace, mais leur détection à l'état cristallisé a constitué une

surprise. L'identification des types précis de silicates dans les objets astronomiques va ouvrir « un domaine entièrement nouveau en astronomie : l'astro-minéralogie, véritable révolution dans l'étude des cristaux » aux dires de l'auteur de cette découverte, Rens Waters, astronome de l'Université d'Amsterdam.

« La possibilité d'identifier les silicates ouvre des perspectives fantastiques. Avant ISO, tout le monde pensait que les silicates présents dans l'espace étaient amorphes et dépourvus d'une structure interne ordonnée, ce qui excluait la possibilité d'en différencier les nombreuses variétés. Nous pouvons désormais essayer de les identifier et de repérer leur présence dans différentes zones. Un tout nouveau domaine de la recherche s'ouvre à nous » a déclaré Rens Waters, qui a présenté à cette conférence de presse plusieurs échantillons d'olivine et de pyroxène, les silicates cristallins les plus répandus sur notre planète.

Les cristaux fournissent des informations capitales sur l'état physique et l'évolution passée des objets qui les contiennent. Actuellement, les laboratoires cherchent activement

à découvrir les mécanismes précis de la cristallogénèse, et certaines hypothèses de travail sont d'ores et déjà testées.

On peut produire par exemple des cristaux en chauffant la matière à plus de 1300° C, puis en la refroidissant progressivement. Les cristaux détectés jusqu'ici par ISO, qu'ils soient dans les enveloppes stellaires ou dans les disques protoplanétaires, sont à -170° C. Des décharges électriques, ou les hautes températures qui règnent très près des étoiles sont peut-être à l'origine de la cristallisation des silicates.

« Les cristaux détectés par ISO dans les disques protoplanétaires ont une taille d'environ un millième de millimètre. Il se produit des collisions entre eux, ce qui donne naissance à des objets de plus en plus gros. Les modèles prévoient que, dans dix à cent millions d'années, ils formeront des planètes » déclare Rens Waters, qui ajoute : « En fait, les silicates cristallins sont très communs dans notre système solaire. On en trouve même dans la comète Hale Bopp! »

La raison pour laquelle on n'avait pas encore détecté jusqu'ici de silicates cristallins dans les régions circumstellaires est qu'à ces basses températures la matière émet principalement du rayonnement infrarouge. Ceci impose l'utilisation d'un télescope spatial fonctionnant dans ces longueurs d'ondes, comme ISO. Les deux spectromètres à haute résolution embarqués sur le satellite de l'ESA, capables de révéler « l'empreinte chimique » des cristaux, ont fait le reste.

Les astronomes sont confiants dans leur découverte car ces empreintes chimiques (les spectres) peuvent être comparées en laboratoire avec les spectres des silicates cristallins présents sur Terre. Cette méthode a mis en évidence la structure cristalline et a même déjà permis d'identifier certains de ces cristaux, comme la forstérite et l'enstatite. Toutefois, les silicates cristallins appartiennent à une grande famille et leurs signatures chimiques peuvent être très proches. D'après les experts en chimie spatiale, les travaux devront être poursuivis afin de compléter la liste des différents cristaux.

Ce n'est là qu'une des questions auxquelles les travaux en laboratoire devront s'efforcer de répondre. Il y a en a au moins une autre : on trouve des silicates autour des anciennes étoiles, dans les disques protoplanétaires et dans notre système solaire, mais pas dans l'espace interstellaire. Les astronomes n'ont pour l'instant aucune explication à cette situation.

D'après Rens Waters, « les silicates cristallins sont synthétisés autour des étoiles, puis la poussière ainsi formée se répand dans l'espace et enrichit la matière à partir de laquelle de nouvelles étoiles et planètes se constitueront. On devrait donc également trouver des cristaux dans le milieu interstellaire. Nul doute que les cristaux ont encore beaucoup à nous apprendre. »

Succès pour XMM-Newton

Les premières observations du satellite XMM, dans le domaine des rayons X, ont été publiées par l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Le succès de la mission semblant garanti, l'observatoire a été rebaptisé XMM-Newton. L'ESA a ainsi décidé de rendre hommage à Isaac Newton, l'un des plus illustres savants de l'humanité. Les travaux de Sir Isaac Newton (1642-1727) dans le domaine des mathématiques, de l'optique et de la physique ont jeté les bases de la science moderne. Il a profondément marqué l'astronomie théorique et pratique et l'on ne peut aujourd'hui évoquer un télescope à réflecteur, un prisme de décomposition de la lumière un sextant ou ... une pomme, sans se souvenir des contributions de Newton à l'avancée du savoir.

« Si nous avons choisi ce nom, c'est parce qu'Isaac Newton est l'inventeur de la spectroscopie et qu'XMM est une mission de spectroscopie », explique Roger Bonnet, directeur du Programme scientifique de l'ESA. « De plus, la pomme de Newton symbolise la gravité. Or j'espère qu'avec XMM nous découvrirons un grand nombre de trous noirs potentiels lesquels sont bien entendus indissociables de la théorie de la gravité. En baptisant cette mission XMM-Newton, on ne pouvait donc faire meilleur choix. »

Une mise en route en douceur

Lancé de Kourou le 10 décembre 1999 sur le vol Ariane 504, XMM a été placé sur son orbite opérationnelle définitive dans la semaine qui a suivi son lancement. Les panneaux de protection des modules de miroirs X et le panneau du moniteur optique ont été ouverts respectivement les 17 et 18 décembre. Le moniteur de rayonnement a été activé le 19 décembre et le satellite mis au repos pendant la période des fêtes de fin d'année.

L'exploitation du satellite a repris le 4 janvier au Centre des opérations scientifiques de XMM, à Villafranca, où sont assurés la réception et le traitement des données scientifiques ainsi que leur diffusion aux astronomes. Pour les besoins de la phase de mise en service, les contrôleurs de Villafranca ont alors mis sous tension les uns après les autres toutes les charges utiles scientifiques afin de procéder aux vérifications initiales. Dès la semaine du 17 janvier, les essais de fonctionnement avaient démarré sur le moniteur optique, la caméra EPIC-PN, les deux caméras EPIC-MOS et les deux spectromètres à grille de réflexion (RGS). Il a été procédé à l'ouverture des volets internes des caméras EPIC sans toutefois actionner les roues à filtres.

Une première moisson de données stupéfiante

Après une série d'essais d'exposition, les trois caméras EPIC ont été utilisées à tour de rôle entre le 19 et le 24 janvier pour prendre plusieurs vues de deux régions différentes de l'univers situées en dehors de la Galaxie. Ces images, faisant apparaître une variété de sources X ponctuelles ou étendues, ont été choisies pour mettre en évidence le bon fonctionnement de l'ensemble de l'observatoire. Parallèlement, ces mêmes régions étaient observées par le moniteur optique. L'un des spectromètres RGS a obtenu ses premiers spectres le 25 janvier, l'autre devant attendre début février pour sa mise en service.

Cette série initiale d'expositions de courte et de longue durée a séduit l'équipe de gestion du projet et, plus encore, les scientifiques. Les analyses préliminaires confirment la très grande stabilité du satellite ainsi que la qualité parfaite de la mise au point des télescopes,

montrant également que le fonctionnement des caméras EPIC, du moniteur optique et des spectromètres RGS répond parfaitement aux attentes. L'infrastructure du Centre des opérations scientifiques utilisée pour le traitement et l'archivage des données scientifiques envoyées par le satellite donne aussi toute satisfaction.

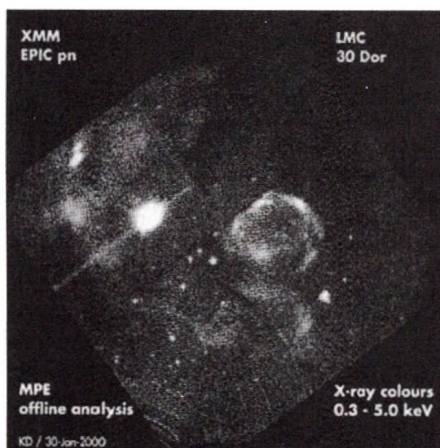
La phase d'étalonnage et de vérification des performances des instruments scientifiques doit commencer le 3 mars, le démarrage des opérations scientifiques courantes étant prévu pour juin.

Inspectant les premières images obtenues dans le cadre de la phase de mise en service, les scientifiques ont immédiatement décelé des clichés X exceptionnels de plusieurs objets célestes. Le satellite a observé trois régions du ciel : une partie du grand nuage de Magellan (LMC), le groupe compact de galaxies Hickson 16 (HCG-16) et l'étoile HR 1099. Si ces cibles ont été choisies c'est qu'elles présentent toutes une variété de sources, tant ponctuelles qu'étendues, de rayonnement X.

La pouponnière en expansion du grand nuage de Magellan

Le grand nuage de Magellan (LMC, selon ses initiales anglaises) mesure environ 20 années lumière de diamètre. Situé à 160.000 années lumière de la Terre, il constitue l'une des deux galaxies de forme irrégulière que l'on discerne facilement à l'œil nu dans l'hémisphère sud. Ces galaxies, qui sont des satellites de la Voie lactée, paraissent décrire une lente spirale en direction de notre propre Galaxie.

La première image obtenue au moyen des caméras photoniques EPIC-PN montrait la région 30 Doradus du grand nuage de Magellan. Encore appelée nébuleuse de la Tarentule, 30 Doradus est l'une de ces pouponnières stellaires où l'explosion d'étoiles dégage de grandes quantités de matière et où se forment de nouvelles étoiles.

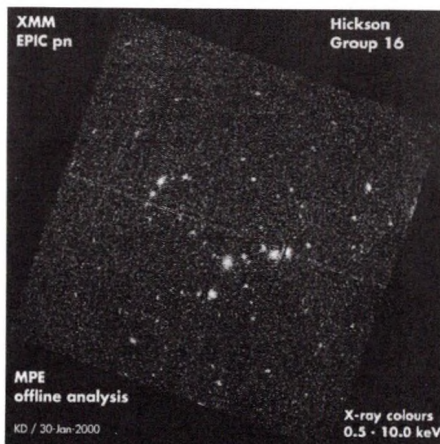


La région de 30 Dor dans le Grand Nuage, observée par XMM. Les zones brillantes correspondent aux températures les plus élevées, plusieurs millions de degrés.

La formation en arc de cercle située tout au centre est un nouvel objet dont on ne connaissait qu'une partie. Il a l'apparence d'un reste de supernova avec ses gaz incandescents en expansion qui produisent une émission de rayons X lors de leur collision avec le milieu interstellaire. En bas à droite de l'image, on voit les restes d'une étoile dont l'explosion a donné la Supernova 1987A le 24 février 1987. C'était la première fois depuis 1604 (étoile de Kepler) qu'une supernova atteignait un éclat suffisant pour pouvoir être observée à l'œil nu, ce qui a été le cas pendant presque 9 mois. La source la plus brillante de l'image, en haut à gauche, correspond elle aussi à un reste de supernova (N 157D).

« Après tant d'années de travail, ces premières images nous mettent l'eau à la bouche » déclare Martin Turner, responsable de recherche des caméras EPIC. « Elles correspondent parfaitement à nos attentes. Dans le LMC, nous distinguons les éléments, relâchés à l'occasion de l'explosion d'étoiles géantes, qui vont donner naissance à de nouvelles étoiles et planètes. Nous pouvons même voir la formation de nouvelles étoiles à partir des éléments dispersés dans l'espace par les

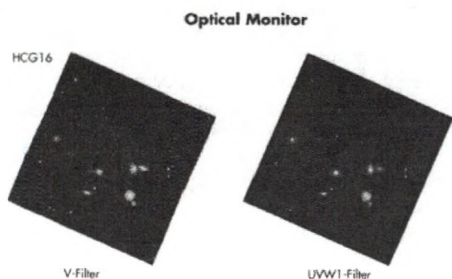
explosions stellaires qui ont précédé. C'est dans ce but que nous avons construit les caméras EPIC et elles remplissent pleinement leurs promesses ».



L'amas de galaxies HCG 16 observé en rayons X par la caméra EPIC-PN embarquée sur XMM-Newton.

Le groupe compact de galaxies Hickson 16

L'amas de galaxies HCG-16, observé par EPIC et par le télescope optique dans les longueurs d'onde visibles et ultraviolettes fait partie de la centaine de groupes compacts répertoriés par l'astronome canadien Paul Hickson dans les années 1980. Au nombre des critères caractérisant les groupes de Hickson figurent leur nature compacte, leur isolement par rapport aux autres galaxies et la gamme limitée des magnitudes de leurs membres. La plupart des amas de Hickson sont très faibles mais quelques-uns peuvent être observés avec des télescopes modestes.



Images de l'amas de galaxies HCG 16 par un télescope auxiliaire d'XMM, dans les domaines visible (à gauche) et ultraviolet.

Les galaxies faisant partie des groupes de Hickson présentent une forte probabilité d'interaction. Leur étude a donné des indications sur la question de l'évolution galactique. L'analyse de leur comportement gravitationnel a également enrichi de façon significative nos connaissances sur la « matière noire », cette matière énigmatique qui selon certains astronomes pourrait constituer plus de 90% de notre univers.

La mission XMM-Newton est unique en ce sens qu'elle permet d'observer des objets célestes à partir de l'espace dans différentes longueurs d'onde allant du rayonnement X à l'ultraviolet et au visible. Sur la vue du groupe HCG-16 fournie par EPIC-PN, on observe une poignée de sources X brillantes et, en arrière-plan, plus d'une centaine de sources X faibles que l'on découvre pour la première fois.

La juxtaposition de la vue du HCG-16 prise dans le rayonnement X et de celle que fournit le télescope optique met en évidence l'un des points forts d'XMM-Newton : il permet de procéder systématiquement à la comparaison des propriétés des objets célestes dans le rayonnement X, l'ultraviolet et les longueurs d'onde optiques.

De nombreuses sources de rayonnement X apparaissent sous la forme de tâches floues allongées qui coïncident avec certaines galaxies optiques. L'accès systématique à des images ultraviolettes est une première de la mission et permettra aux astronomes d'ap-

prendre énormément sur chacun des objets étudiés. Obtenir un rapport de la brillance de chaque source observée avec des filtres différents (« spectroscopie » à large bande) donne des indications sur sa température et sa composition. Pouvoir rechercher la variabilité de sources comme celles-ci avec XMM-Newton permettra aux astronomes de se mettre à l'affût des insaisissables trous noirs qui — pensent-ils — se cachent au cœur de nombreuses galaxies.

« Les caractéristiques de fonctionnement de notre instrument sont tout à fait celles que nous espérions », déclare Keith Mason, responsable de recherche du télescope optique. « Nous avons travaillé sur cette mission pendant plus de 10 ans et c'est fantastique de disposer des premières données. Ces images montrent parfaitement la valeur de l'approche multispectrale retenue pour la mission XMM ».

La valse infernale de l'étoile HR 1099

HR 1099 est une étoile de sixième magnitude située à environ 100 années lumière du Soleil et tout juste visible à l'œil nu. Son formidable éclat cache en fait une étoile double. Alors que notre Soleil accomplit une révolution en 30 jours, ces deux étoiles animées de vitesses vertigineuses tournent l'une autour de l'autre en seulement trois jours.

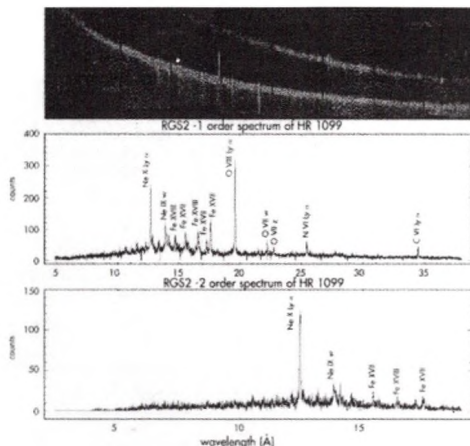
Ce mouvement est à l'origine d'une sorte de dynamo infernale qui cause un enchevêtrement des champs magnétiques des deux étoiles. Si l'une des deux ressemble à notre Soleil, son compagnon est infiniment plus actif. Il est le siège d'intenses orages et éruptions stellaires dont les astronomes pensent qu'ils sont dus à un dégagement d'énergie magnétique lorsque les champs se désenchevêtrent. Mesurer les phénomènes en cause contribuera grandement à nous faire comprendre comment fonctionne notre Soleil et quels sont ses effets sur nous. De nouveau, cette image dans le rayonnement X révèle fortuitement de nombreuses sources inconnues jusqu'ici.

Découvrir les éléments

Le dernier exemple des données recueillies par XMM-Newton revêt la forme de spectres. Ils sont fournis par l'un des spectromètres à grille de réflexion (RGS). Tout comme en

spectroscopie optique, les différents éléments absorbent et émettent de la lumière en différents points spécifiques du spectre radiatif. Les RGS les étalent sous la forme de deux « bananes », les deux « ordres de diffraction » de l'instrument. Les raies d'émission apparaissent sous la forme de traits distincts dans l'arc-en-ciel des couleurs du rayonnement X, et sont autant de signatures livrant un grand nombre d'informations aux astronomes.

Les spectres RGS de HR 1099 en sont un exemple. Les graphes montrent des pics ou des raies qui correspondent aux différents éléments présents dans la source. On peut par exemple y distinguer la présence de différents types d'ions du fer, de l'oxygène, du carbone et du néon. De l'analyse de ces données, on peut déduire les températures, densités, abondances et vitesses des différents éléments.



Spectre X réparti en deux ordres de l'étoile HR 1099.

« Tout d'abord, la nette séparation des deux ordres de diffraction montre que la résolution des CCD des RGS est tout à fait à la hauteur de nos espérances », indique Bert Brinkman, responsable de recherche des RGS. « En ce qui concerne les spectromètres de manière générale, la résolution obtenue, qui est de première importance, est exactement celle que nous attendions à l'issue de l'étalonnage au sol, voire marginalement meilleure. Ces instruments promettent beaucoup pour l'avenir ».

Toutes les images montrent des sources X inconnues jusqu'à présent. Des sources ponctuelles faibles à peine perceptibles avec les précédents télescopes X spatiaux y apparaissent dans toute leur splendeur.

Comprendre tout ce qu'elles révèlent est néanmoins encore prématuré étant donné que les instruments d'XMM-Newton ne sont pas encore étalonnés. « Comme ce sont là les toutes premières données astronomiques et qu'elles livrent déjà de nombreuses informations novatrices », annonce Fred Jansen, chercheur du projet XMM, « il est clair qu'XMM-Newton recèle un potentiel scientifique fort prometteur ».

Les images XMM sont accessibles sur le site web de l'ESA, <http://www.esa.int>, au travers de l'« Image Gallery ».

SOHO découvre sa centième comète : record du monde battu

Une comète repérée le 4 février par un astronome lituanien est devenue la centième objet de ce type découvert par l'observatoire spatial SOHO. Lancé conjointement il y a quatre ans par l'ESA et la NASA, l'observatoire du Soleil et de l'héliosphère SOHO a déjà révolutionné la connaissance du Soleil. Il a également révélé qu'un nombre étonnant de comètes venaient jouer les « kamikazes » en plongeant dans l'atmosphère solaire. Cette découverte a contribué à faire de SOHO le plus important découvreur de comètes de l'histoire. SOHO-100 n'est d'ailleurs qu'une comète très ordinaire. Comme le sont également les deux autres comètes déjà découvertes depuis !

Cette centième comète, comme la plupart des découvertes de SOHO, a été repérée sur les images fournies par l'instrument LASCO. Celui-ci est constitué d'un ensemble de coronographes qui permettent d'observer l'espace entourant le Soleil jusqu'à une distance de 20 millions de km, tout en masquant le disque solaire lui-même pour éviter l'effet d'éblouissement.

Conçu pour SOHO par une équipe multinationale placée sous la direction du laboratoire de recherche de la marine américaine, LASCO surveille les éjections de matière solaire susceptibles de constituer une menace pour l'environnement spatial terrestre. La découverte de comètes représente en quelque sorte la cerise sur le gâteau. Les spécialistes de l'équipe SOHO repèrent la plupart des comètes dès l'arrivée des clichés de LASCO. Mais les images et les films réalisés par l'instrument sont également proposés gratuitement sur Internet, ce qui permet aux astronomes du monde entier de découvrir des objets plus discrets sans quitter leur bureau. C'est ce qui est arrivé avec SOHO-100, découvert par Kazimieras Cernis, de l'Institut de physique théorique et d'astronomie de Vilnius, en Lituanie.

« J'ai repéré pour la première fois la comète le 4 février, sous l'aspect de lumière se détachant sur les clichés pris la veille par LASCO » explique Kazimieras Cernis. « Aucune queue n'était visible, mais l'objet présentait des contours trop imprécis pour être un astéroïde. En voyant l'objet se déplacer régulièrement dans le ciel sur six clichés successifs, je fus convaincu qu'il s'agissait là d'une comète et j'ai fourni tous les détails à l'équipe scientifique de SOHO pour qu'elle procède aux vérifications nécessaires. »

Les chercheurs s'étaient livrés à une compétition acharnée pour découvrir la 100ème comète SOHO. Maik Meyer, un astronome amateur de Frauenstein, en Allemagne, a découvert SOHO-98 et SOHO-99. Le 5 février, moins de 24 heures après la découverte de la candidate SOHO-100 par Kazimieras Cernis, Meyer repérait la candidate SOHO-101. Le jour-même, sur les mêmes images fournies par l'instrument LASCO, Douglas Biesecker, l'un des membres de l'équipe scientifique de SOHO, révélait l'existence d'une candidate SOHO-102, se déplaçant devant SOHO-101!

Les calculs ont permis de confirmer les orbites et le statut de comète des trois candidates. D'autres astronomes amateurs se sont également servi des images de LASCO pour découvrir des comètes. Terry Lovejoy (Australie) en a découvert cinq au cours de l'été

1999, et depuis le mois de septembre un amateur britannique, Jonathan Shanklin, en a repéré trois autres.

« SOHO représente une aubaine pour les chasseurs de comètes » constate Jonathan Shanklin, qui dirige la section « Comète » de la British Astronomical Association en ajoutant : « Il permet à des amateurs de découvrir certaines des plus petites comètes jamais repérées. » Neuf des comètes découvertes grâce au LASCO, dont SOHO-100, 101 et 102, sont passées sans encombre au large du Soleil. SOHO-49, repérée sur les images LASCO en mai 1998 et baptisée Comète 1998 J1, a pu être observée à l'œil nu dans l'hémisphère sud. Mais la grande majorité des comètes SOHO n'ont pas survécu à leur rencontre avec le Soleil.

Comme neige au Soleil

Nonante-deux des cent comètes SOHO se sont évaporées dans l'atmosphère solaire. Il y a trois cent ans, Isaac Newton avait suggéré que les comètes englouties par le Soleil pouvaient lui fournir du combustible, mais nul n'avait pu suivre jusqu'ici une comète ayant terminé son existence sur l'astre du jour. Certaines comètes ayant frôlé le Soleil avaient par contre été très bien repérées. Il y a un siècle, l'astronome Heinrich Kreutz, établi à Kiel en Allemagne, avait constaté que plusieurs de ces comètes observées au voisinage immédiat du Soleil semblaient avoir la même origine et provenir de la même région céleste.

Les 92 comètes SOHO appartiennent à cette famille de comètes « frôleuses de Soleil », appelée aussi « famille de Kreutz ». Leur apparition n'était pas inattendue. Entre 1979 et 1989, les satellites solaires P78-1 et SMM avaient déjà repéré 16 comètes s'approchant du Soleil. La vie est dangereuse pour les comètes de Kreutz. Le mélange de glace et de poussière qui constitue leur noyau fond littéralement comme neige au Soleil, et elles ne peuvent survivre qu'en passant suffisamment au large de notre étoile.

Autre risque : l'attraction très forte qu'exerce le Soleil peut arriver à désagréger un noyau peu homogène. La genèse des nombreuses « frôleuses de Soleil » découvertes par SOHO peut ainsi s'expliquer par un phénomène similaire à celui qui a frappé la

comète Shoemaker-Levy 9. Celle-ci, après s'être approchée de trop près de Jupiter, s'est disloquée en de nombreux morceaux qui sont finalement tombés sur la planète géante en 1994. « Les comètes repérées par SOHO sont ainsi des fragments provenant de la dislocation progressive d'une grande comète, peut-être celle qui a été aperçue par l'astronome grec Ephorus en 372 avant J-C » explique Brian Marsden du Centre d'astrophysique de Cambridge, dans le Massachussets.

« Ephorus a indiqué que la comète s'était séparée en deux. Ceci correspond à mes calculs selon lesquels deux comètes possédant des orbites similaires étaient repassées à proximité du Soleil en 1100 après J-C. Elles se sont progressivement disloquées, donnant naissance à la famille des frôleuses de Soleil qui viennent toutes de la même direction » a-t-il ajouté. Les comètes de Kreutz se dirigent vers le Soleil par le sud, en suivant une trajectoire inclinée de 35 degrés par rapport au plan de l'écliptique. SOHO, dont l'orbite autour du Soleil est liée à celle de la Terre, voit les comètes s'approcher du Soleil par l'est (à gauche) en février et par l'ouest (à droite) en août. En juin et novembre, elles paraissent foncer droit sur le Soleil.

« Grâce à LASCO, nous découvrons de nouvelles comètes à un rythme bien supérieur à ce que nous pouvions escompter » souligne Douglas Biesecker, le chercheur de l'équipe qui peut se targuer du plus grand nombre de découvertes : 45. « Le nombre des comètes frôleuses connues a été multiplié par 4. Ce qui implique qu'il existerait près de 20.000 fragments de ce type » ajoute-t-il. Rapportée à la taille habituelle des comètes, celle de leur génitrice a été vraisemblablement énorme. Bien que les comètes SOHO soient généralement beaucoup trop petites pour espérer survivre, certaines parmi la famille des comètes de Kreutz sont suffisamment importantes pour réapparaître, sous une forme réduite, après leur rencontre avec le Soleil.

On compte parmi elles la Grande Comète de septembre 1882 ou encore la comète Ikeya-Seki (1965). L'origine de ces morcellements nous renseigne sur la cohésion des noyaux cométaires, ce qui pourrait avoir une certaine importance si l'une d'entre elles menaçait un jour d'entrer en collision avec la

Terre. Par ailleurs, les comètes de SOHO, qui sont formées de fragments récemment constitués, permettent de mieux discerner leur composition interne que ne le font des objets célestes comme la comète de Halley qui ont approché de nombreuses fois du Soleil, et dont la surface est très altérée.

LASCO révèle la quantité de poussière visible rejetée par chaque comète. Les gaz produits par l'évaporation de la glace sont détectés par un autre instrument de SOHO, le Spectromètre coronographe de rayonnement UV, ou UVCS, qui permet aux chercheurs de mesurer la vitesse du vent solaire à sa source.

Une comète révélée par son nuage de gaz

Le tableau de chasse de SOHO aurait compté une comète de moins sans le secours récent du SWAN. Cet instrument, qui mesure les anisotropies du vent solaire, a été conçu par le Service d'aéronomie français et l'Institut météorologique finlandais. Il permet d'observer, au-delà du Soleil, l'hydrogène atomique présent dans le système solaire, grâce à son émission dans l'ultraviolet. SWAN permet également d'observer les grands nuages d'hydrogène entourant les comètes, produits par la dissociation des molécules d'eau issues de l'évaporation de la glace cométaire.

En décembre 1999, l'Union astronomique internationale a rétroactivement attribué la découverte de la comète 1997 K2 à SOHO et aux images du ciel recueillies par SWAN de mai à juillet 1997. Cette comète, la 93ème inscrite au palmarès de SOHO, est demeurée au-delà de l'orbite terrestre, même à son point le plus proche du Soleil. Bien qu'elle ne soit probablement qu'un objet faiblement lumineux et de petite dimension, elle dégage un nuage de gaz dont la taille dépasse 4 millions de kilomètres.

Teemu Mäkinen, l'un des membres finlandais de l'équipe SWAN a souligné que « cette découverte avait constitué une surprise », ajoutant : « Nous ne faisons normalement qu'observer les nuages d'hydrogène provenant de comètes déjà repérées par d'autres chercheurs. SWAN installé sur SOHO représente à cet égard l'instrument le plus important dont on dispose aujourd'hui pour

mesurer de manière systématique les émissions de vapeur d'eau produites par les comètes ».

Les données fournies par SWAN ont révélé que la comète Wirtanen, objectif désigné de la mission Rosetta prévue par l'ESA en 2003, a produit plus de 20 000 tonnes de vapeur d'eau par jour lors de son dernier passage périodique à proximité du Soleil. Cette quantité a atteint 20 millions de tonnes par jour pour la grande comète Hale-Bopp. SWAN a pu observer le développement de son nuage d'hydrogène jusqu'à ce qu'il atteigne plus de 70 millions de kilomètres. On n'avait jamais observé objet de pareille dimension dans le système solaire.

* * *

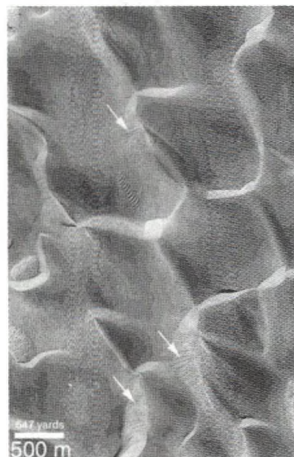
Avalanches sur Mars

On sait depuis longtemps que Mars subit d'importantes tempêtes de sable qui cachent parfois une grande partie de son disque aux observateurs. Au début des années 70, la mission Mariner 9 de la NASA a photographié de près la planète et l'on a pu apercevoir des dunes — vastes dépôts de sable accumulés au cours des millénaires.



Dunes figées dans le « Bassin d'Herschel » (Terra Cimmeria).

La sonde Mars Global Surveyor en orbite martienne depuis 1997 a dévoilé toute une variété de formations, depuis de petites vaguelettes régulières de sable jusqu'à des dunes beaucoup plus impressionnantes. Certaines sont recouvertes de poussières, sont érodées, ou marquées par des cratères d'impacts, autant de signes témoignant de leur ancienneté. L'image de la page précédente montre un paysage chaotique où le sable a été « cimenté » par un processus encore indéterminé, et qui reste donc bien stable.



Dunes présentant des traces d'éboulements récents.

D'autres dunes paraissent au contraire actives. L'image ci-dessus montre des traces d'avalanches de sables (flèches blanches) qui se sont certainement produites dans les quelques dernières années. D'autres marques sillonnant l'image sont sans doute dues à des « tourbillons de sorcière ».

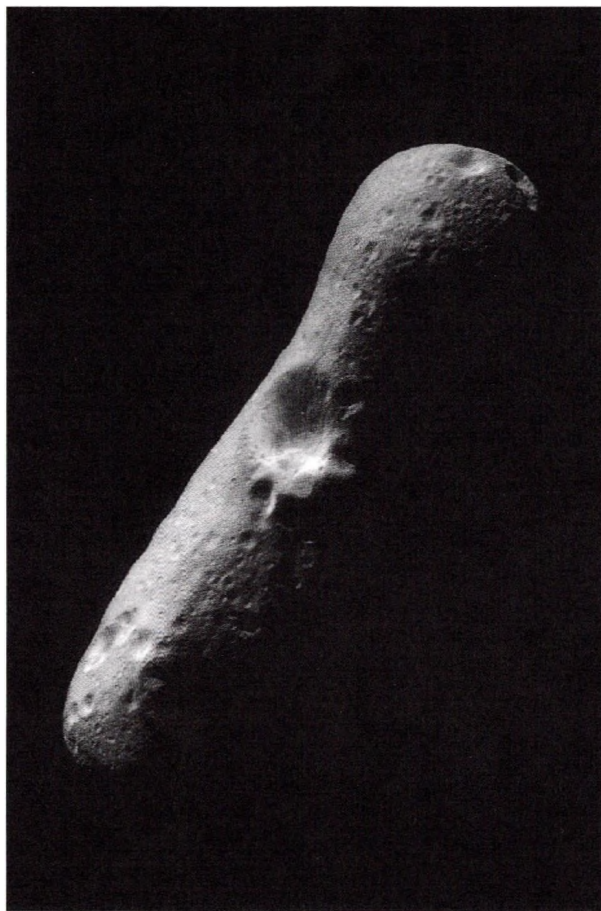
* * *

Satellite d'Eros

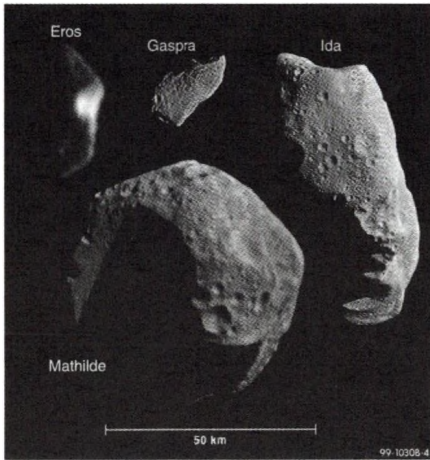
En décembre 1998 nous avions parlé de la tentative par la NASA de faire aussi bien qu'Hergé avec le capitaine Haddock en satellisant la sonde NEAR (Near Earth Asteroid Rendez-vous) autour d'un astéroïde. Des

ennuis techniques ont empêché le bon déroulement de la manœuvre et Near est passé à toute vitesse à 3.800 kilomètres de son objectif le 23 décembre 1998. Les scientifiques ont pu malgré tout mettre à profit ce passage rapide pour prendre quelques clichés, ce qui a donné des informations précises sur la taille, la forme, la masse et la rotation de l'objet.

En corrigeant immédiatement la trajectoire de la sonde il a été possible de programmer un second rendez-vous pour le 14 février 2000. Cette année supplémentaire a été mise à profit pour tester et améliorer les programmes de la sonde et pour peaufiner les procédures d'approche.



Première image complète obtenue après la mise en orbite, le 14 février. En raison de la proximité, il s'agit d'une mosaïque de plusieurs clichés. NEAR est au-dessus du pôle nord d'Eros. Au fond du grand cratère (6 km) on peut distinguer un roc de la taille d'une maison qui a sans doute roulé depuis le bord du cratère.



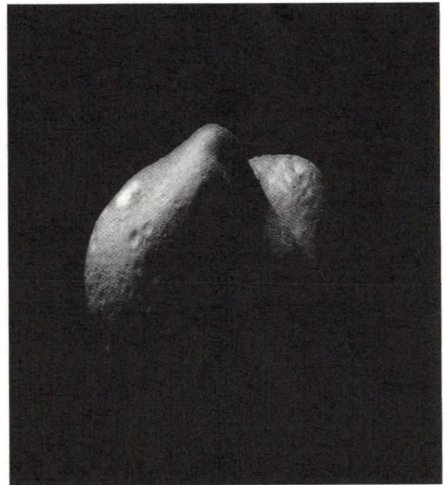
Dimensions comparées des quatre gros astéroïdes visités par des sondes.

Cette fois-ci la manœuvre s'est parfaitement déroulée et la sonde s'est placée sur une orbite de 500 kilomètres de rayon qui, durant les prochains mois, sera adaptée au gré des objectifs scientifiques de la mission. Finalement on réduira progressivement l'altitude jusqu'à une valeur de 35 kilomètres en décembre.

L'année que NEAR passera autour d'Eros permettra d'effectuer toute une série de mesures qu'il est impossible de réaliser durant un simple survol. Les instruments de bord détermineront les propriétés physiques et chimiques d'Eros ainsi que sa composition chimique et minéralogique. On essaiera d'élucider les parentés entre astéroïdes, comètes et météorites et de mieux comprendre les mécanismes de formation des planètes.

Des observations occasionnelles encore plus rapprochées — d'une distance de l'ordre du kilomètre — sont prévues en fin de mission pour obtenir une résolution inférieure au mètre. On tentera alors de déterminer la texture même de la surface. On n'oubliera pas de déterminer la présence éventuelle d'un champ magnétique, ni de détailler la distribution de la densité au sein de l'astéroïde.

Deux autres sondes avaient déjà survolé des astéroïdes. En octobre 1991, Galileo était passé à 1600 kilomètres de 951-Gaspra, et en août 1993 à 2400 kilomètres d'Ida qui se révéla accompagnée d'un petit satellite, Dactyl. Le 28 juillet 1999, Deep Space 1 a frôlé 9969-Braille à une distance de 25 kilomètres. Braille est l'un de ces astéroïdes qui passent régulièrement près de l'orbite terrestre (near-Earth asteroids). On l'a trouvé très brillant, d'un spectre semblable à celui de 4 Vesta, l'un des plus gros astéroïdes de la ceinture principale. Peut-être s'agit-il d'un morceau détaché de Vesta lors d'une collision ancienne. Enfin, n'oublions pas que NEAR a déjà à son actif le survol de 253-Mathilde, le 27 juin 1997 à 1212 kilomètres.



Eros vu le long de son grand axe.

A l'inverse de Braille, Mathilde est très noire, deux fois plus sombre que le charbon de bois, et c'est précisément à des composés carbonés que Mathilde et toute une classe d'astéroïdes doivent leur faible réflectivité (ou « albédo »). Mathilde se distingue aussi par une faible densité, laissant penser que sa structure est poreuse, et par une période de

rotation de 17,4 jours extrêmement longue pour un astre aussi petit (une cinquantaine de kilomètres).

L'image de couverture de ce bulletin montre une sélection des images d'Eros obtenues par NEAR entre le 22 janvier et le 12 février, alors que la distance passait de 29.000 à 2.000

kilomètres. Alors que les premières images laissent simplement deviner la forme allongée de l'astre ($33 \times 13 \times 13$ kilomètres), les dernières ont une résolution de 200 mètres et révèlent la présence de cratères.

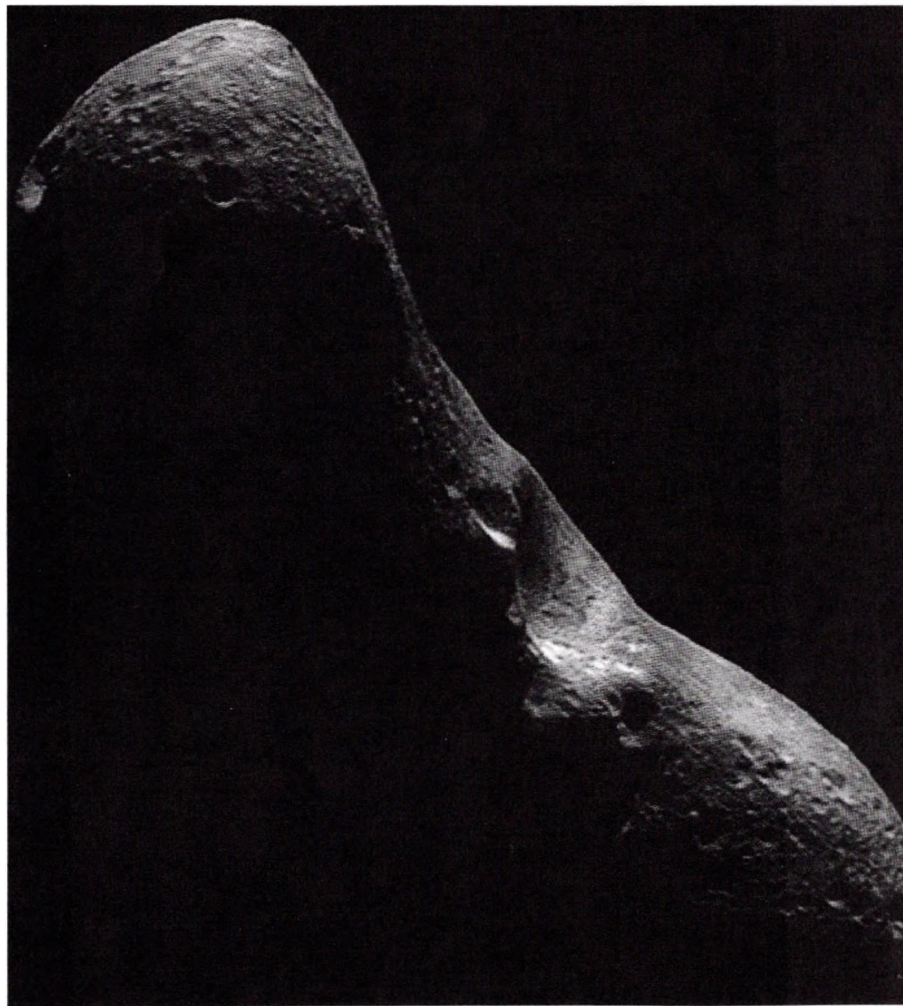


Image d'Eros prise le 18 février. Les vues obtenues sous des angles et des éclairages différents fournissent d'importants renseignements concernant la géométrie et la texture de l'astre.