

---

## L'astronomie dans le monde

---

### *Le monde selon Sloan*

Le programme SDSS (Sloan Digital Sky Survey) continue sur sa lancée. Après avoir élaboré minutieusement un atlas digital très précis d'une grande partie du ciel, les astronomes ont mesuré la vitesse de 200.000 galaxies afin de dresser une carte à trois dimensions. La vitesse de récession est en effet corrélée à la distance. Les galaxies les plus

lointaines ainsi mesurées se trouvent à deux milliards d'années lumière.

Les résultats de ce travail confirment l'existence de l'« énergie sombre », ce phénomène mystérieux qui accélère l'expansion de l'univers. La proportion de cette énergie est également confirmée à la valeur de 70 pour cent de la masse de l'univers — énergie et masse étant reliées par la célèbre équation d'Einstein.



A droite des galaxies photographiées par le SDSS. A gauche, une section de la carte 3-D.

## Integral

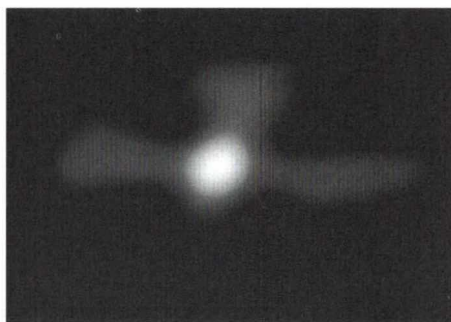
*Un an d'astronomie gamma avec Integral  
(communiqué de l'ESA)*

Un an après son lancement, le 17 octobre 2002, l'observatoire Integral de l'Agence spatiale européenne poursuit sa mission d'observation des rayonnements de très haute énergie, révélateurs de certains des objets et des événements les plus violents de l'Univers.



**Integral**

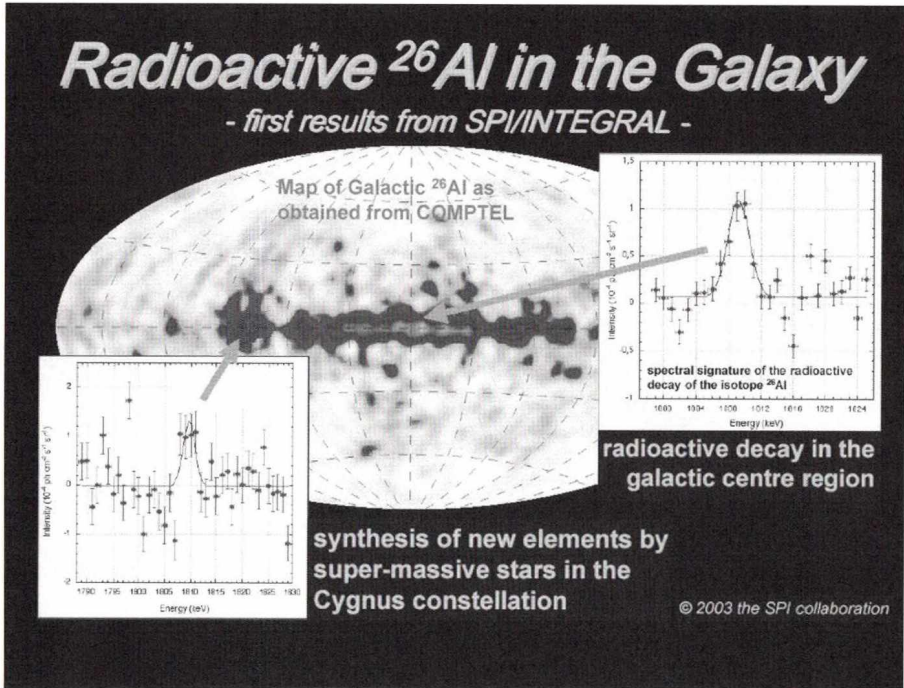
Les astronomes français qui partagent la responsabilité de ses principaux instruments dressent un premier bilan très prometteur. L'astronomie des rayonnements gamma est une tâche de longue haleine. Ceci est dû à l'impossibilité technique de concentrer les rayonnements dont l'énergie dépasse une dizaine ou quelques dizaines de kilo électron-Volt (keV) à l'instar de ce que permettent les miroirs des télescopes avec les rayonnements de plus faible énergie. Les résultats ne s'accumulent donc qu'avec des temps d'exposition très longs. Cette première année d'exploitation a néanmoins permis de démontrer la très grande qualité et l'impressionnante sensibilité des instruments d'Integral. Sur les satellites précédents, les premiers résultats n'avaient été disponibles qu'au bout de 5 ans. Integral démontre ainsi un potentiel énorme pour répondre aux questions en suspens.



**Répartition du rayonnement à 511 keV dans la Galaxie**

*D'où viennent ces positrons?*

La grande sensibilité du spectromètre « SPI » et son excellente résolution en termes d'énergie ont donné de très bons résultats dans l'observation du rayonnement à 511 keV en provenance de notre Galaxie. Celui-ci est la signature de l'annihilation d'électrons avec des positrons (anti-électrons, c'est-à-dire les pendents des électrons dans l'anti-matière). L'origine de ces positrons reste sujette à caution et différents modèles ont été proposés. Les observations détaillées fournies par Integral devraient les départager. Ces résultats sont encore relativement préliminaires, basés sur deux millions de secondes d'observation à ce jour et cela ne représente qu'un tiers des données dont on dispose pour cette année. Néanmoins, les observations réalisées ont déjà permis de déterminer que la source de ces émissions n'est pas ponctuelle mais semble concentrée dans une bulle de 8 degrés autour du centre de la Galaxie. Il faut maintenant trouver une distribution de sources compatibles dans cet espace.

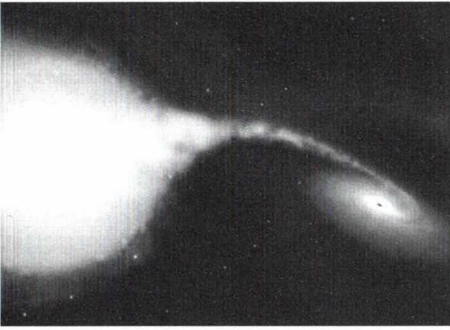


Les concentrations en  $^{26}\text{Al}$  détaillées par SPI dans la constellation du Cygne et dans la région du centre galactique sont indiquées sur la carte du rayonnement à 1809 keV dressée par Comptel de 1991 à 2000

### Traque à la nucléosynthèse explosive

Les résultats de SPI sont aussi très attendus pour l'étude de la nucléosynthèse explosive, seule capable de générer, lors d'événements violents comme les supernovae, certains noyaux atomiques, notamment les plus lourds qui ne peuvent être créés par la simple fusion dans le cœur des étoiles. L'instrument américain Comptel, à bord du satellite américain Compton, a effectué des mesures sur la concentration en  $^{26}\text{Al}$ , un isotope radioactif de

l'aluminium dont la demi-vie atteint 700.000 ans — ce qui lui permet d'être repérable longtemps après l'événement qui lui a donné naissance. SPI effectue des mesures de sa raie d'émission à 1.809 keV avec une bien plus grande précision, ce qui permettra d'en déduire les conditions dans lesquelles ces noyaux ont été produits. Il faudra encore attendre d'avoir accumulé un plus grand nombre de photons pour pouvoir commencer à discerner des morphologies et dresser des cartes précises.

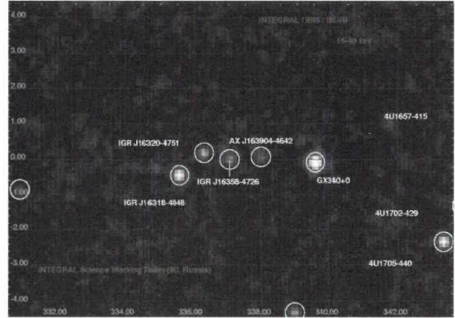


**Cygnus X-1, à 10.000 années lumière de la Terre, exemple typique de binaire dont un des membres est un objet compact, en l'occurrence un trou noir. (M. Kornmesser, ESA/ECF)**

### *Des disques incandescents*

Ces sources sont pour l'essentiel constituées par des systèmes binaires composés d'un astre effondré (étoile à neutrons ou trou noir) arrachant de la matière à son compagnon, en général une étoile d'une masse comparable à celle du Soleil mais quelquefois beaucoup plus grosse. Cette matière suit une trajectoire en spirale qui l'amène à former un disque d'accrétion autour de l'astre compact. Les collisions à très grandes vitesses qui se produisent au cours de ce phénomène portent la matière à des températures de plusieurs dizaines de millions de degrés ce qui induit l'émission de photons dans les bandes X et gamma. En un an à peine, plus d'une centaine de sources ont été détectées alors qu'avec le télescope français Sigma sur le satellite soviétique Granat on n'en avait trouvé qu'une trentaine en 7 ans. L'étude du spectre d'énergie permet d'estimer la température du disque d'accrétion et l'intensité de ces sources nous renseigne sur la quantité de matière transférée, la masse et le rayon de l'astre compact. Toutefois, certaines sources ont été repérées avec des énergies trop élevées pour le modèle théorique standard dit de « Comptonisation » et pourraient correspondre à un autre modèle faisant appel à la relativité générale et à un mouvement d'ensemble

— et non plus aléatoire — des électrons dans le disque de plasma. Les mesures réalisées dans les prochaines années sur les sources les plus brillantes permettront de trancher... ou d'affiner les modèles.



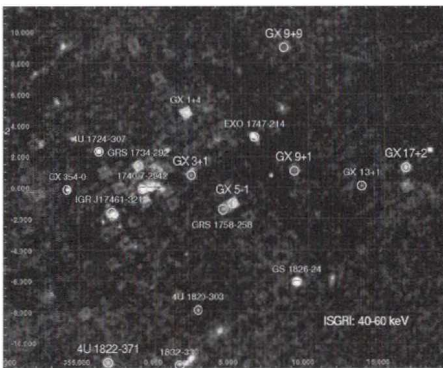
**Plusieurs sources ponctuelles, dont IGR J16318-4848, vues par « IBIS »**

### *Une nouvelle classe d'objets*

Avec une centaine de sources repérées par Integral dans notre Galaxie nous disposons de données statistiques plus significatives sur la population des astres effondrés en systèmes binaires, mais cette moisson n'a pas été exempte de surprises. Normalement, toutes ces sources gamma devraient avoir été repérées à d'autres longueurs d'onde — pour lesquelles on dispose d'instruments plus sensibles — et en particulier dans les rayons X grâce à la cartographie complète du ciel réalisée par le satellite allemand ROSAT. Or, parmi les sources vues par Integral, certaines étaient inédites. Dans le cas le plus général, cette absence de détection par les satellites X est probablement liée à la variabilité extrême de ces sources, certaines d'entre elles se trouvant, lors de l'observation X, dans un état d'émission trop faible pour être détectées. Les observatoires X actuels, tels XMM/Newton, sont beaucoup plus sensibles et devraient pouvoir les détecter même dans un état d'émission faible. Des observations en X des sources révélées en gamma par Integral ont donc été entreprises. La grosse surprise est venue de la

source IGR J16318-4848, dans la constellation du Sagittaire. « Elle avait échappé à ROSAT en raison de son spectre très étrange », note François Lebrun. Elle n'émet rien en dessous de 5 keV. Il s'agit en fait d'une source presque purement gamma. Ce phénomène inédit est probablement dû à une absorption des rayonnements de plus faible énergie par un cocon absorbant autour du système binaire, à moins que la source ne soit vue à travers l'atmosphère de son étoile compagnon. L'exploration en X des sources « Integral » se poursuit et il est probable que d'autres sources « cachées » soient repérées. Si c'était le cas, Integral aurait alors mis au jour une nouvelle classe d'objets astronomiques.

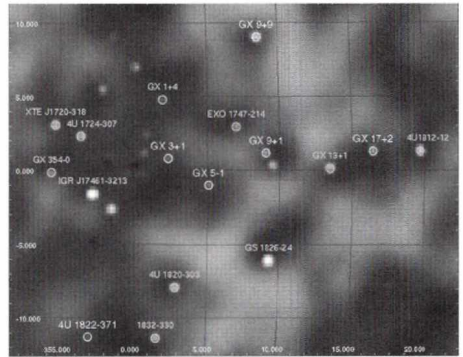
Chandra et Newton ont détecté des sursauts d'activité de Sagittarius A\*. Au printemps dernier, Integral repérait à son tour une source gamma faible émettant au moins jusqu'à 100 keV.



**Le centre galactique vu par la caméra ISCRIF dans le spectre de 40 à 60 keV**

### *Percer le secret du noyau galactique*

Le suspense demeure aussi pour une des cibles principales d'Integral : le trou noir supermassif dissimulé au cœur de notre Galaxie et communément désigné sous le nom de Sagittarius A\*. Le télescope Sigma de Granat avait scruté la zone en vain pendant 7 ans en essayant de repérer la trace d'un disque d'accrétion autour de ce corps de près de 3 millions de masses solaires. Cela a néanmoins permis d'écartier de nombreux modèles théoriques. En revanche, les observatoires X



**Le centre galactique vu par le spectromètre IBIS dans le spectre de 40 à 100 keV**

La résolution angulaire d'IBIS est très bonne, mais elle est insuffisante pour confirmer que l'on a fait mouche. Il n'est pas possible aujourd'hui d'exclure que d'autres sources X proches soient à l'origine de l'émission observée par Integral. Mais, si cette source était vraiment Sagittarius A\*, ce serait la première détection dans ce domaine d'énergie et cela permettrait de mieux comprendre la nature de cet objet bien énigmatique. Seules des observations corrélées de variabilité en X et en gamma permettraient d'affirmer qu'il s'agit bien de la même source. Autant dire que les observations vont se poursuivre avec beaucoup d'intérêt dans les années qui viennent.

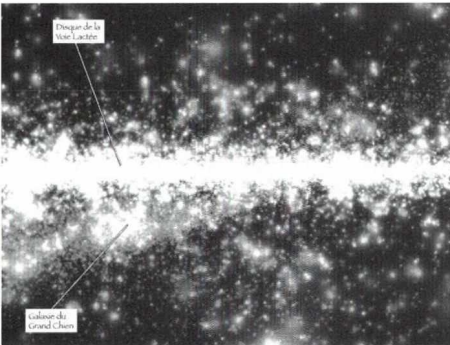
### *Encore des années d'observations*

« Le satellite se comporte impeccablement et nous atteignons un taux d'utilisation scientifique de 90%, ce qui est exceptionnel » se félicite Christoph Winkler de l'ESTEC, directeur scientifique de la mission. En fait, le satellite en lui-même dépasse les espérances

des scientifiques avec des performances supérieures aux spécifications, notamment en termes de précision de pointage. Prévu pour durer au moins 5 ans, il devrait être à même de fonctionner 10 ans, un bonus non négligeable pour la communauté scientifique, avide de temps d'exposition les plus longs possibles. Les demandes d'utilisation ne tarissent pas. « Nous venons de boucler le deuxième round de propositions d'observation », annonce Christoph Winkler. « Le programme de notre deuxième année est bouclé, avec deux fois plus de cibles répertoriées que nous ne pourrions en observer, ce qui nous garantit une grande souplesse d'utilisation. » Les propositions soumises représentaient initialement 8 fois le temps d'observation disponible. Integral a donc encore beaucoup de travail en prévision.

## Découverte de la galaxie la plus proche de notre Voie Lactée

*Communiqué par le CNRS*



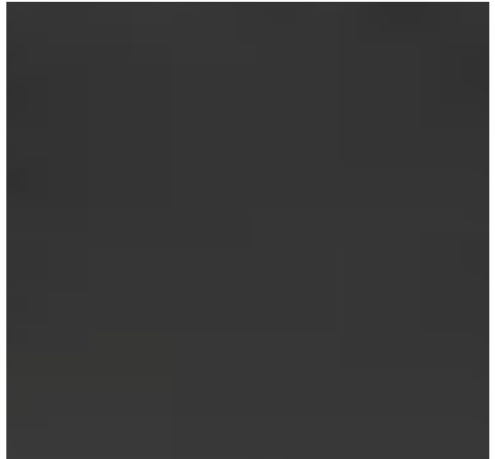
**Image 2MASS dans la direction du Grand Chien.**

Dans la direction de la constellation du Grand Chien, des chercheurs de l'Observatoire de Strasbourg, avec des collègues étrangers, ont mis en évidence la galaxie satellite la plus proche de la Voie Lactée. Jusqu'à présent, cette galaxie était passée inaperçue, cachée derrière

les étoiles du disque de la Voie Lactée et la forte concentration des poussières interstellaires. Cette découverte a été possible grâce à l'utilisation du recensement du ciel en lumière infrarouge (relevé 2MASS).

La galaxie naine du Grand Chien, qui aurait une masse d'environ un demi milliard de masses solaires, est observée comme une surdensité d'étoiles géantes de type M, étoiles très rouges et lumineuses.

Cette découverte confirme que la Voie Lactée construit son disque par absorption de ses galaxies satellites. Les théories actuelles de formation des grandes galaxies comme la nôtre considèrent qu'elle croît en cannibalisant ses voisines plus petites. Il semble bien que ce soit là le sort réservé à la galaxie du Grand Chien.



La masse de la Voie Lactée est tellement importante que durant les quelques milliards d'années qu'elle met à engloutir une de ses consœurs, elle lui arrache progressivement des étoiles qui se répartissent en longues traînées le long de son orbite. De telles traînées ont déjà été observées mais c'est la première fois qu'un phénomène d'accrétion dans le plan du disque Galactique est mis en évidence avec la découverte de cette nouvelle galaxie.

Les simulations numériques effectuées sur 2 milliards d'années, confirment que cette accretion a joué, et joue encore actuellement, un rôle dans la construction du disque. Par ailleurs, cette évolution du disque n'est pas limitée à ces seules parties externes mais concerne aussi le voisinage solaire qui devrait contenir des étoiles arrachées à la galaxie cannibalisée.

## **Trous noirs**

*Communiqué par le CNRS*

Une équipe internationale conduite par le Max Planck Institut de Garching (Allemagne) a découvert des flashes lumineux infrarouges provenant de l'environnement du trou noir super massif situé au centre de notre Galaxie. Ces flashes proviendraient du gaz chaud tombant dans le trou noir, juste avant son absorption définitive par le « monstre ». Ils montrent une modulation rapide dans le temps qui suggère fortement que le trou noir tourne sur lui-même à grande vitesse. Ces résultats ont été obtenus avec l'instrument NACO installé sur le Very Large Telescope de l'ESO et sont publiés dans la revue *Nature* du 30 octobre 2003.

« Que fait cette étoile ici ? » s'exclama Rainer Schödel du MPE, alors qu'il observait avec Reinhard Genzel, responsable de l'équipe, le centre de la Voie Lactée le 9 mai dernier. Quelques minutes plus tard, l'étoile avait disparu. L'équipe venait d'observer, pour la première fois, un flash très puissant dans le domaine infrarouge, provenant exactement de l'endroit supposé du trou noir super massif au centre de notre Galaxie. « Nous avons cherché l'émission infrarouge du trou noir pendant des années » explique Andreas Eckart, de l'Université de Cologne, un autre membre de l'équipe. « Nous étions certains que le trou noir devait accréter de la matière, qui en tombant vers lui devient chaude et donc rayonne dans l'infrarouge ». Mais aucune radiation infrarouge n'avait été trouvée jusqu'à présent. Cette percée est intervenue cette année, lorsque l'équipe a pointé le télescope Yepun du VLT de l'ESO, équipé de l'instrument NACO, dans la direction du trou noir qui se trouve au centre de notre Galaxie. L'instrumentation NACO, constituée d'une caméra infrarouge et d'un

système d'optique adaptative, a la particularité de fournir des images d'une bien plus grande finesse de détails que les caméras classiques. L'analyse des données révèle que l'émission infrarouge provient d'une zone extrêmement proche du trou noir central, de l'ordre du rayon du système solaire et qu'elle varie très rapidement en intensité sur des échelles de temps de l'ordre de quelques minutes. Cela prouve que les signaux infrarouges doivent venir d'une zone se situant juste à la frontière extérieure délimitant le trou noir : l'horizon, surface de l'intérieur de laquelle aucun rayonnement ne peut s'échapper. La variabilité rapide observée dans toutes les données obtenues par l'équipe indique clairement que la région autour de l'horizon a des propriétés qui varient de façon chaotique comme dans les orages ou les éruptions solaires. « Nos données nous donnent pour la première fois des informations sur ce qui arrive juste à l'extérieur de l'horizon du trou noir et nous permettront d'évaluer les prédictions de la Relativité Générale » explique Daniel Rouan, directeur de recherche au CNRS, membre de l'équipe de l'Observatoire de Paris. Le résultat le plus saisissant est une périodicité apparente de 17 minutes dans les courbes de deux des flashes détectés. Si cette périodicité est due au mouvement du gaz en orbite autour du trou noir, la conclusion inévitable est que le trou noir doit tourner rapidement. « C'est une découverte majeure. Nous savons qu'un trou noir n'est caractérisé que par trois grandeurs : sa masse, sa rotation et sa charge électrique. L'année dernière nous avons été capables de déterminer sans équivoque l'existence et la masse du trou noir au centre de notre Galaxie qui est de 3,7 ( $\pm 1,5$ ) millions de masses solaires. Si notre hypothèse est correcte pour ce qui est de la périodicité du gaz s'accrétant, nous pouvons maintenant mesurer, pour la première fois, sa rotation. Celle-ci pourrait être d'environ la moitié de la rotation maximale que la Relativité Générale permet. L'ère de la physique expérimentale des trous noirs a commencé » commente Reinhard Genzel.

## ***Mars Express, arrivée imminente***

*Selon communiqué ESA*

L'arrivée sur Mars de la sonde Mars Express de l'ESA est prévue pour Noël : l'atterrisseur Beagle-2 doit en principe se poser sur la surface de la planète rouge dans la nuit du 24 au 25 décembre.

Lancée le 2 juin 2003 depuis Baïkonour (Kazakhstan) par une fusée russe Soyouz exploitée par Starsem, la sonde européenne emporte sept instruments scientifiques qui réaliseront une série d'expériences de télé-détection conçues pour nous en apprendre davantage sur l'atmosphère, la structure et la géologie de Mars. L'atterrisseur Beagle-2, fabriqué au Royaume-Uni et baptisé ainsi en l'honneur du navire sur lequel Charles Darwin a effectué son périple vers des terres inconnues en 1830, recherchera des traces de vie sur Mars en y réalisant des expériences d'exobiologie et des recherches en géochimie.

La veille de Noël, des manœuvres permettront de placer l'orbiteur Mars Express sur une trajectoire décrivant une orbite elliptique autour de Mars, où il évoluera en toute sécurité pendant au moins deux années terrestres, tandis que de son côté l'atterrisseur Beagle-2 — largué du véhicule orbital quelques jours auparavant (le 19 décembre) — suivra une trajectoire de collision qui doit toutefois s'achever par un atterrissage en douceur grâce à un système sophistiqué de parachutes et de coussins gonflables.

Il faudra un certain temps à Mars Express pour effectuer les manœuvres qui lui permettront de capter les communications en provenance de Beagle-2. C'est pourquoi, dans un premier temps, d'autres moyens seront mis en oeuvre pour vérifier que Beagle-2 a bien atterri. Les premières données relatives à l'atterrissage de Beagle-2 devraient nous parvenir durant toute la journée de Noël, par

l'intermédiaire de la sonde Mars Odyssey de la NASA qui assurera la réception et le relais des signaux radio émis par Beagle-2 ou bien grâce au radiotélescope de Jodrell Bank (Royaume-Uni) qui les captera directement. Début janvier, Mars Express survolera ensuite Beagle-2 et pourra alors servir de relais aux données et aux images qui seront transmises vers la Terre. Les premières images prises par les caméras de Beagle-2 et de Mars Express devraient être disponibles entre la fin de l'année et début janvier 2004.