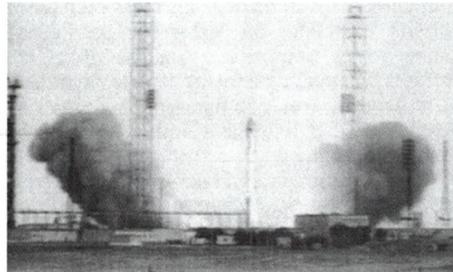


## L'astronomie dans le monde

### *Integral : scruter l'Univers dans les rayonnements extrêmes*

L'Agence Spatiale Européenne vient de lancer un nouvel observatoire destiné à révolutionner cette branche de l'astrophysique qui cherche à percer les secrets des phénomènes les plus énergétiques — et donc les plus violents — de l'univers. Ce lancement a eu lieu un peu plus de 20 ans après la fin de la mission COS-B, qui avait procédé à la première cartographie complète du ciel dans le domaine des rayons gamma de hautes énergies.



Le satellite parcourt son orbite elliptique en 72 heures, ce qui l'amène à s'approcher à 10.000 km de la Terre et à s'en éloigner jusqu'à 153.000 km, soit près de la moitié de la distance à la Lune. Sous le contrôle du centre opérationnel ESOC de l'ESA, à Darmstadt, en Allemagne, Integral subit tout d'abord une période d'essais de deux mois destinée dans un premier temps à vérifier le bon fonctionnement des équipements de bord du satellite, puis la bonne qualité des données récoltées par ses instruments.

Réalisé sous responsabilité franco-allemande, le spectromètre SPI sera chargé de l'analyse spectrale des sources ponctuelles et des zones d'émissions de rayons gamma, avec une résolution énergétique inégalée — 40 fois

supérieure à celle des satellites précédents — grâce à des détecteurs au germanium refroidis à 85 K. Les miroirs et les lentilles n'étant d'aucune utilité sur les rayons gamma, SPI utilise un masque métallique codé pour former ses images à partir de ces très faibles rayonnements. Ces images sont ensuite décodées par ordinateur.

IBIS, conçu par l'Italie, constitue le parfait pendant de SPI avec une résolution énergétique plus faible mais une résolution angulaire 12 fois plus fine grâce un masque codé optimisé dans ce sens et à deux lignes de détecteurs de nouvelle génération.

Pour compléter les observations réalisées par SPI et IBIS, Integral emporte également un imageur des rayonnements X (JEM-X) danois, avec deux détecteurs jumeaux dotés eux aussi de masques codés, et un imageur CCD espagnol (OMC) fonctionnant dans la bande du spectre visible.

La combinaison des données collectées par ces quatre instruments permettra pour la première fois de conduire des observations simultanées des phénomènes de hautes énergies sur sept ordres de grandeur de niveaux énergétiques, de la lumière visible aux rayons gamma. Toutes les données recueillies par Integral seront directement transmises au sol via les stations de l'ESA à Redu, en Belgique, ou de la NASA — autre partenaire du programme — à Goldstone, aux Etats-Unis. Ces données seront centralisées à l'ESOC et redistribuées à la communauté scientifique via le Centre des Données Scientifiques d'Integral (ISDC) à Versoix, en Suisse.

Gravitant sur une orbite qui lui permet de passer le plus clair de son temps au-delà des ceintures de radiations de Van Allen, susceptibles d'empêcher l'observation des rayons gamma, Integral étudiera en priorité les objets les plus denses du ciel, comme les étoiles à neutrons et les trous noirs, qui sont autant de sources de rayonnements très énergétiques. Tandis qu'IBIS fournira des images très

détaillées de ces sources, SPI réalisera la première analyse en profondeur de ces rayonnements gamma. Les observations d'Integral devraient ainsi permettre aux astrophysiciens de confirmer la présence de trous noirs géants au centre des galaxies et en premier lieu de la Voie Lactée.

Parmi les autres sujets d'intérêt pour l'observatoire gamma européen, des événements d'une rare violence comme les novae et supernovae. Ces explosions d'étoiles seront explorées avec précision grâce aux rayonnements gamma émis par les isotopes radioactifs émis à cette occasion. Integral sera aussi un outil unique pour l'observation des sursauts gamma, ces explosions encore largement inexpliquées aux confins de l'univers, qui pourront pour la première fois être étudiées en parallèle sur une large part du spectre électromagnétique.

Integral est la seconde mission de taille moyenne réalisée dans le cadre du programme Horizon 2000, après la sonde Huygens, en route vers Saturne et son satellite Titan, et avant l'observatoire Planck qui étudiera le « bruit de fond » de l'univers à partir de 2007. La mission devrait durer au moins deux ans.

#### *L'Univers en rayons gamma*

Le rayonnement gamma prend naissance dans les régions de l'Univers en proie à une violence extrême. A la différence des étoiles dont nous pouvons admirer la beauté sereine à l'oeil nu, l'Univers gamma est le siège de cataclysmes et de collisions cosmiques, un lieu dans lequel la matière est aspirée par des trous noirs ou piégée par des champs magnétiques d'une puissance considérable. Jusqu'ici, les astronomes ont dû se contenter d'entrapercevoir cette violence; grâce à Integral, ils pourront bientôt s'en faire une image plus nette.

Le rayonnement gamma véhicule une énergie considérable issue de phénomènes cataclysmiques (supernovae, trous noirs ou sursauts gamma, par exemple).

Au terme de leur vie, les étoiles très massives sont le siège de gigantesques explosions — les supernovae — qui dégagent, sous forme de rayonnement gamma, plus d'énergie que la lumière combinée de milliards d'étoiles. Ces explosions donnent naissance à de nouveaux éléments chimiques. De fait, tous les atomes

plus lourds que le fer sont engendrés par ce type d'explosion, d'où l'expression « usines chimiques de l'Univers » appliquée aux supernovae. Nous ne savons toutefois pas très bien comment ces nouveaux atomes se forment lors de l'explosion d'une étoile.

A l'issue de son explosion, il ne reste de la supernova qu'un « cœur » mort, d'une densité fabuleuse, qui peut être soit une étoile à neutrons soit un trou noir. Ces deux objets peuvent, l'un comme l'autre, émettre des rayons gamma puisqu'ils possèdent des champs gravitationnels d'une puissance prodigieuse, capables de capturer des poussières et des gaz, voire des objets célestes de plus grande dimension. Lorsque la matière pénètre dans un champ gravitationnel, elle s'échauffe et libère de l'énergie. Dans le cas des étoiles à neutrons et des trous noirs, l'énergie est libérée avec une grande intensité sous la forme de rayons X et gamma.

En plus des trous noirs issus de supernovae, dénommés trous noirs stellaires, l'Univers contient une diversité de trous noirs bien plus massifs, résidant au cœur de certaines galaxies : les trous noirs supermassifs. Ces derniers émettent également dans le rayonnement gamma, avec une puissance telle qu'on peut les détecter quasiment à mi-distance dans l'Univers connu.

L'observatoire Integral ne se contentera pas de réaliser les études les plus précises à ce jour de ces objets. Il examinera également les mystérieux sursauts gamma que l'on enregistre quasiment tous les jours. L'origine des sursauts gamma, observés pour la première fois à la fin des années 1960, est restée mystérieuse pendant de nombreuses années. Aujourd'hui, les chercheurs sont nombreux à penser que ces phénomènes pourraient être liés à l'agonie violente des toutes premières étoiles. D'autres hypothèses voudraient qu'ils soient engendrés par la collision d'étoiles à neutrons ou par l'explosion d'étoiles supermassives en fin de vie, les hypernovae.

#### *Sursaut gamma*

Ces fameux sursauts gamma (GRB=« Gamma-ray Bursts ») sont sans doute les phénomènes les plus violents de l'univers. Leur brièveté — ils ne durent en général quelques secondes — signifie que leurs

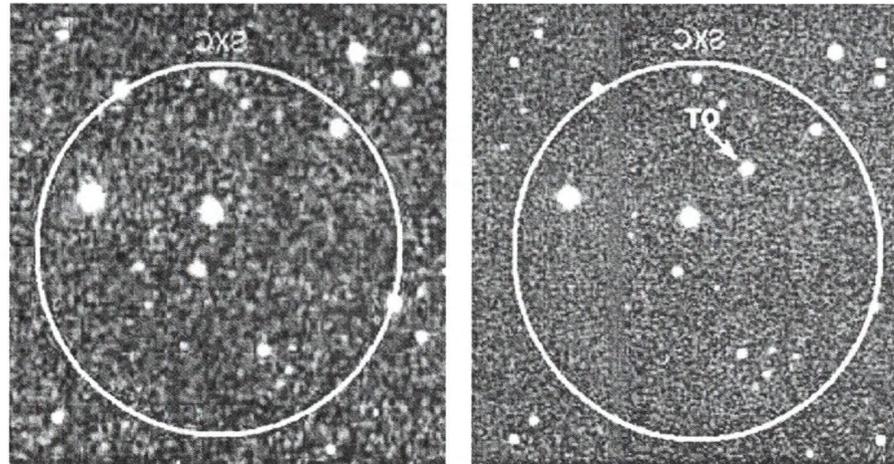
dimensions sont très petites (au grand maximum, quelques secondes lumière). Depuis quelques années, on sait qu'ils ont lieu dans des galaxies extrêmement lointaines. Pendant un court instant, leur luminosité surpasse celle de la galaxie-hôte par un facteur de plusieurs milliards.

Le caractère éphémère des GRB constitue le problème crucial de l'identification optique des GRB. Comme leur nom l'indique, ce sont les détecteurs gamma qui les détectent en premier. Si une position précise peut être obtenue rapidement par ces instruments on

peut braquer un télescope optique dans la bonne direction et, avec un peu de chance, on aperçoit une faible lueur en train de se dissiper.

C'est ce qui s'est passé le 4 octobre lorsque le Schmidt du Mont Palomar a pu prendre une image d'un GRB neuf minutes après sa détection par le satellite HETE (High Energy Transient Explorer). Il était de magnitude 15,5.

Dans les heures qui suivirent, et malgré la diminution constante de l'éclat, de plus gros télescopes purent être mis en œuvre et ont pu obtenir la distance du GRB, plus de dix milliards d'années lumières (redshift de 2,3).



A gauche, sur une image prise avec le Schmidt du Mont Palomar, on voit le GRB de 15ème magnitude. A droite, le même champ tiré de l'atlas du Palomar ne montre rien au même emplacement. La galaxie hôte est bien trop faible pour y apparaître.

### Planète X

Revoici la planète X, celle qui donne des cheveux gris aux astrologues.

Sphérique, d'un diamètre de 1.300 kilomètres, et doté d'une orbite bien circulaire de 6,4 milliards de kilomètres de rayon, l'astre découvert par les astronomes de Caltech pourrait en effet, autant que Pluton, prétendre au titre de planète. Ce serait alors la dixième — un chiffre que pourraient mieux retenir les écoliers. Le nom dont on l'affuble actuellement, Quaoar, est peut-être plus difficile à mémoriser, à moins d'être un expert des divinités du peuple Tongva.

Comment se fait-il que l'on n'ait pas découvert plus tôt cet objet? Depuis 1930, date de la découverte de Pluton par Clyde Tombaugh, on cherche la planète X, tantôt au-delà de Pluton, tantôt en deçà de Mercure. Mais Quaoar est très faible et se déplace si lentement devant les étoiles que l'on ne reconnaît pas aisément sa nature. Ce n'est que depuis quelques années que les astronomes recherchent systématiquement des objets appartenant à la ceinture de Kuiper (KBO, Kuiper Belt Objects), ce vaste anneau s'étendant au-delà de l'orbite de Neptune et contenant des milliers de corps primordiaux; vestiges de la formation du système solaire. On en connaît déjà un demi-millier et Quaoar n'est que le plus gros d'entre-eux.

Mais peut-être n'en est-il que le deuxième? En effet, le plus gros ne serait autre que Pluton qui partage toutes les caractéristiques des membres de la ceinture de Kuiper. Et rien ne dit que tôt ou tard, et plutôt tôt que tard au rythme actuel des découvertes, Pluton ne sera pas détrôné.

Alors se posera de façon encore plus aiguë la question de l'identité de Pluton. Faut-il incorporer les gros objets de la ceinture de Kuiper dans l'aristocratie des planètes, ou faut-il en exclure Pluton? A nouveau, beaucoup de soucis pour les astrologues, puisque le dieu infernal avait son mot à dire dans le destin de l'humanité.

En attendant on peut déjà s'interroger sur la dénomination des gros KBO à découvrir. Et pourquoi ne pas proposer dès maintenant le nom de Puloar pour une éventuelle planète XI.

### Lune d'Uranus

Après les petites planètes, les petites lunes. On en avait trouvé une kyrielle près de Saturne, on vient d'en trouver une sixième près d'Uranus. Ce sont des astres minuscules de quelques dizaines de kilomètres. Leurs orbites sont réparties un peu au hasard et on pense qu'il s'agit probablement des débris d'objets plus gros ayant succombé à une collision. Il ne faut pas aller si loin de la Terre pour trouver ces petites lunes : Mars est lui-même accompagné de deux cailloux, Phobos et Deimos, qui font pâles figures auprès de notre Lune, et des Ganymède, Titan et autres Triton.

Comme pour les planètes, il y a les vraies lunes ... et les autres.



Entourée d'un cercle, la petite lune d'Uranus

### Quasars

Le fond de commerce de certains scientifiques est bâti sur les théories non conventionnelles. S'il est certain que toute théorie révolutionnaire, comme la relativité générale ou la physique quantique, ne peut que rompre avec les idées admises, l'inverse n'est pas vrai. N'est pas Einstein qui veut, et il ne suffit pas que votre vision de la cosmologie soit à contre-courant pour qu'elle soit correcte.

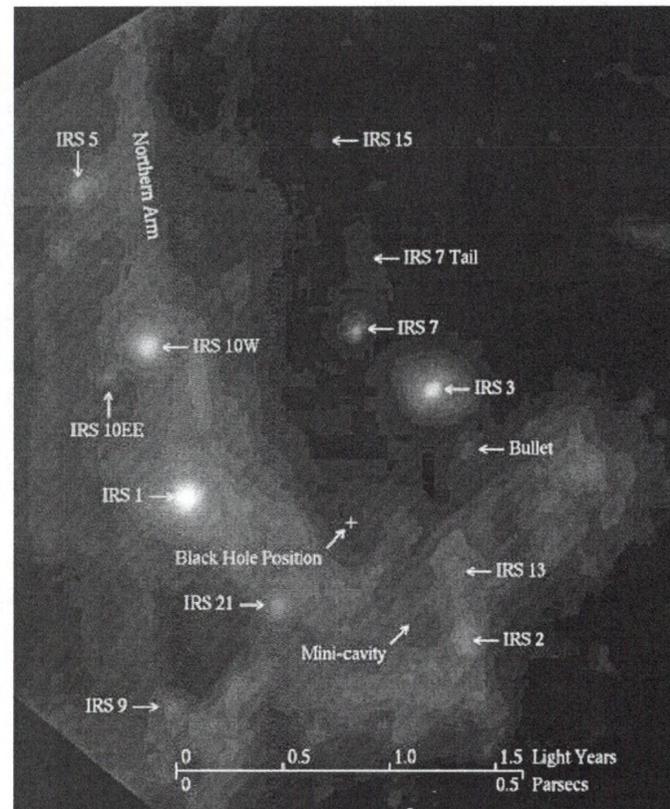
Une de ces idées farfelues vient de prendre un sérieux coup dans l'aile. Certains astrophysiciens prétendaient que les quasars ne sont pas aussi lointains que ne semble l'indiquer le décalage vers le rouge (redshift) de leur spectre. Ils soutenaient que les quasars étaient expulsés par des galaxies bien plus proches et en citaient pour preuve quelques associations quasar-galaxie — associations que tous les autres scientifiques mettaient sur le compte d'alignement fortuits sur la ligne de visée. Un

autre argument était une répartition soi-disant anormale (« quantique ») des valeurs des redshifts. Une étude statistique exhaustive, menée par des astronomes anglais et portant sur 200.000 galaxies et 25.000 quasars, montre que quasars et galaxies n'ont aucune corrélation spatiale et que les redshifts sont répartis au hasard.

La théorie qui vient de s'effondrer avait comme partisan de choc le grand astrophysicien Fred Hoyle. Celui-ci a derrière lui d'autres idées curieuses comme l'univers en « création continue » et les poussières interstellaires faites de cadavres de bactéries.

### Le centre de la Galaxie

L'image ci-jointe montre les régions centrales de notre Galaxie en lumière infrarouge. Aux longueurs d'onde utilisées, on peut voir les nuages de poussières spiralant vers le trou noir massif situé au centre de la Galaxie. Lorsque cette matière tombera dans le trou noir, il y aura un important dégagement d'énergie, ce qui suscitera éventuellement un regain de formation stellaire ou, au contraire, une diminution de cette activité en raison de la disruption des nuages où pourraient se former les étoiles.



Le centre de la Galaxie