
L'astronomie dans le monde

Premier plongeon d'Integral dans l'univers du rayonnement gamma

D'après note d'information ESA

Integral, le satellite d'observation du rayonnement gamma de l'Agence spatiale européenne, est parfaitement opérationnel. Ses premières images spectaculaires de l'univers des hautes énergies ont été présentées en décembre à Paris.

L'univers des hautes énergies est le siège de phénomènes violents : des étoiles explosent et leurs restes forment alors des objets ultra-comprimés, les étoiles à neutrons, et, dans le cas extrême, des trous noirs qui absorbent tout ce qui les entoure. Ces objets célestes émettent des rayons X et gamma considérablement plus intenses que le rayonnement optique que nous pouvons observer à l'œil nu et avec les télescopes optiques. Les responsables de recherche d'Integral expliquent le rôle fondamental que les missions d'étude des phénomènes de hautes énergies comme Integral jouent pour l'astronomie : « L'astronomie dans le rayonnement X et gamma nous permet de découvrir des objets insolites. Aux longueurs d'ondes optiques, on observe un nombre stupéfiant d'étoiles. Dans le rayonnement X et gamma, on perçoit moins d'objets mais ceux qui restent visibles sont vraiment les plus étranges. »

Pour ses premières observations, Integral s'est tourné vers la constellation du Cygne et s'est plus particulièrement intéressé à un objet énigmatique, Cygnus X-1. Il s'agit de l'une des sources les plus brillantes de rayonnements de haute énergie. Cygnus X-1 est situé à peu près au milieu de la série d'étoiles qui forment le « cou » du Cygne, à une distance d'environ 10.000 années-lumière de la Terre. Découvert dans les années 60, Cygnus X-1 serait un trou noir cinq fois plus massif que le Soleil, et qui dévorerait petit à petit l'étoile en orbite autour de lui. Celle-ci est une supergéante bleue répertoriée HDE 226868 dont la température

de surface atteint environ 31.000 K. Sa période de révolution autour du trou noir est de 5,6 jours. L'observation de cet objet relativement proche dans notre Galaxie est très importante pour la compréhension du phénomène trou noir. Elle devrait également nous permettre d'en savoir plus sur le gigantesque trou noir (trois millions de fois la masse du Soleil) situé au centre de notre Galaxie.

La phase initiale d'exploitation d'Integral a réservé une belle surprise aux scientifiques, avec l'observation d'un premier sursaut gamma (GRB). Ces formidables explosions cosmiques difficilement prévisibles se produisent environ deux fois par jour dans n'importe quelle région de l'Univers. Leur origine exacte est encore controversée : elles pourraient être provoquées par l'effondrement d'étoiles massives dans l'univers lointain ou par une collision entre étoiles à neutrons, ou étoile à neutrons et trou noir. Integral permettra peut-être de résoudre cette énigme. Depuis, il a naturellement observé des dizaines d'autres GRB.

Pour étudier ces mystérieux phénomènes, Integral dispose de deux puissants instruments d'observation du rayonnement gamma : la caméra ou imageur IBIS et le spectromètre SPI. Les spectromètres servent à mesurer l'énergie des rayonnements gamma. Les sources de rayons gamma sont souvent très fluctuantes et leur intensité peut varier en quelques secondes ou quelques minutes. C'est pourquoi il est indispensable d'enregistrer les émissions simultanément dans différents longueurs d'ondes. A cet effet, Integral a également été muni d'un moniteur de rayons X et d'un moniteur optique (JEM-X et OMC). Ces quatre instruments observent les mêmes objets au même moment et peuvent ainsi capter intégralement des phénomènes fugaces. Les données de tous les instruments du satellite sont transmises au Centre de données scientifiques

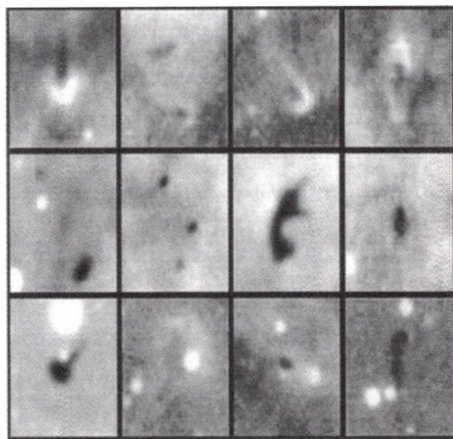
d'Integral (ISDC) situé près de Genève, où elles sont traitées avant d'être redistribuées à la communauté scientifique.

Les images et les spectres déjà obtenus prouvent qu'Integral pourra certainement s'acquitter de la mission qui lui a été confiée, et même aller au-delà. Autrement dit, dévoiler quelques-uns des mystères de l'univers des hautes énergies. Integral a été programmé pour une mission de deux ans mais il transporte suffisamment de carburant pour poursuivre ses investigations pendant cinq années supplémentaires, si tout se passe bien.

Integral a été lancé le 17 octobre 2002 par une fusée russe Proton depuis le cosmodrome de Baïkonour, au Kazakhstan. Le satellite a d'abord été placé autour de la Terre sur une orbite elliptique inclinée ayant 600 km de périégée et 153.000 km d'apogée. Cinq manœuvres ont ensuite été nécessaires pour que le satellite atteigne, à l'aide de ses propres moteurs, son orbite définitive comprise entre 9.000 km et 153.000 km de la Terre. Integral gravite sur une orbite qui lui permet d'échapper aux effets de l'atmosphère et du climat terrestres, mais il n'est pas à l'abri des phénomènes météorologiques spatiaux. Ceux-ci se caractérisent par une pluie ininterrompue de minuscules particules pouvant temporairement aveugler les détecteurs qui enregistrent le rayonnement gamma. Ces éclairs durent environ un dixième de seconde et doivent être filtrés au moyen d'un logiciel spécifique. Ainsi, l'imageur JEM-X s'est révélé particulièrement sensible au climat spatial et les scientifiques ont dû réajuster son réglage.

Proplydes dans la Carène

Orion n'a pas le monopole des grandes populations de « proplydes ». La nébuleuse de la Carène en contient aussi beaucoup. Les conditions régnant dans cette nébuleuse sont bien plus rudes que dans celle d'Orion (elle abrite entre autres la fameuse Eta Car) de sorte que la résistance des proplydes à l'érosion par le rayonnement UV des étoiles massives étonne les astronomes. Rappelons que l'on considère les proplydes comme des systèmes planétaires en formation.



Proplydes

Quasar record

Un nouveau record de distance pour les quasars vient d'être établi. Avec un redshift de 6,4 le quasar observé dans le cadre du Sloan Digital Sky Survey (SDSS) est à une distance approximative de 13 milliards d'années lumière et on le voit tel qu'il était 800 millions d'années seulement après le Big Bang. La plupart des quasars records sont d'ailleurs maintenant tirés de ce survey décidément très fructueux.

Collisions et cannibalisme galactiques

L'analyse minutieuse des observations de ce même SDSS a permis la découverte d'un anneau d'étoiles ceinturant notre Galaxie à la distance de 60.000 années lumière. Il s'agit sans doute des reliques d'une petite galaxie entrée en collision avec la nôtre il y a quelques milliards d'années. Des collisions de ce genre ont contribué à la formation et à la croissance de la Voie Lactée. L'anneau qui vient d'être découvert n'est probablement que la plus grande d'une série de structures analogues. D'autre part, la galaxie d'Andromède n'est pas restée inactive elle non plus. Des astronomes

européens ont découvert une 'queue' d'étoiles, preuve que la jumelle de la Voie Lactée était en train de dévorer un couple voisin (les galaxies naines M32 et NGC205). Des astronomes américains ont eux aussi trouvé une 'queue' d'étoiles, beaucoup plus faible que la précédente, et qui serait la trace d'une ancienne collision avec une galaxie plus petite.

Sursaut gamma

L'observation optique d'un sursaut gamma (GRB) a pu être réalisée moins de deux minutes après la détection de l'événement par le satellite HETE-2. Elle a montré l'affaiblissement très rapide du rayonnement visible. Ces observations, maintenant automatisées, devraient devenir routinières. On pense que les sursauts gamma sont des phénomènes d'une violence extraordinaire qui se déroulent aux confins de l'univers, et qui seraient dus à l'explosion d'une étoile massive ou à la fusion d'un trou noir et d'une étoile à neutrons. Curieusement, une supernova se trouvait par hasard dans le même champ que ce dernier GRB.

Un Troyen neptunien

Le premier astéroïde « troyen » relatif à Neptune vient d'être confirmé, et il a été baptisé 2001 QR322 selon la classification en vigueur. Le nom de Troyen a été attribué initialement aux petites planètes occupant le point d'équilibre de Lagrange L5 sur l'orbite de Jupiter. La zone symétrique L4 est tout naturellement occupée par les « Grecs ». L4 et L5 forment avec Jupiter et le Soleil des triangles équilatéraux. Ces points sont stables de sorte qu'un astre y reste quasi indéfiniment, tout en oscillant plus ou moins fortement autour de la position moyenne. Par extension, on appelle souvent troyen tout astéroïde occupant L4 ou L5 et ce, quel que soit l'astre principal. On connaît ainsi quelques troyens pour Mars. Il y a aussi des troyens dans le système de satellites de Saturne. On considère parfois que la Terre, elle aussi, a des troyens (Cruithne et 2002 AA29), mais ils se caractérisent par des orbites si curieuses que l'on préfère parler de « quasi-satellites »

La vitesse de la gravité

La force de gravitation se propage à la vitesse de la lumière : jusqu'à présent, et aussi étonnant que cela puisse paraître, ce n'était qu'une hypothèse. Mais une fois de plus Einstein avait raison. Des astronomes ont mesuré cette vitesse en étudiant la déformation de l'image d'une galaxie lointaine lors de son occultation par Jupiter.

Eta Carinae, étoile double

Pendant quelques années, au XIX^e siècle, Eta Carinae était l'étoile la plus brillante après Sirius. Son comportement erratique et des fluctuations périodiques ont amené les astronomes à suggérer qu'il s'agissait d'une étoile binaire. La surveillance de l'émission de rayons X montre un cycle de variations dont la période est de 5,5 ans et qui confirme l'hypothèse de binarité. Les rayons X sont produits par la collision des vents émis par les deux composantes dont les masses sont évaluées à 30 et 80 fois celle du Soleil.

Géantes rouges

Les étoiles comme le Soleil finissent par gonfler démesurément en passant par le stade de « géante rouge ». En même temps leur rotation se ralentit et il était admis que l'activité magnétique, intimement liée à la rotation, devait s'arrêter. Il n'en est rien. Il semble que cette activité continue, mais de façon plus discrète, enfouie dans l'immense enveloppe de l'étoile géante.

Une planète lointaine

Des astronomes américains ont découvert la planète extrasolaire la plus lointaine, et ce en utilisant la technique du « transit ». Jusqu'ici, on utilisait l'effet Doppler et des mesures de positions précises pour découvrir la trace d'une planète autour des étoiles, mais on peut aussi tenter de trouver la trace du passage d'une planète devant son étoile : la planète bloquant une partie de la lumière stellaire, on observe une diminution de la luminosité de l'étoile à chaque passage. La planète OGLE-TR-56b est la première planète extrasolaire découverte grâce à cette technique.

L'univers lointain

Les galaxies les plus lointaines jamais photographiées se trouvent sans doute sur un récent cliché publié par la NASA et obtenu avec la nouvelle caméra ACS du télescope spatial Hubble. Les performances du télescope combinées au phénomène de lentille gravitationnelle d'un gigantesque amas de galaxies ont permis ce résultat.

L'amas Abell 1689 modifie la trajectoire des rayons lumineux qui le traversent. Les images des galaxies situées beaucoup plus loin sont déformées et prennent l'apparence d'arcs plus ou moins concentriques. Leur brillance est en même temps très accentuée. L'étude des objets ainsi révélés devrait apporter des enseignements sur l'évolution des galaxies et le mystère de la matière sombre.



L'amas de galaxies Abell 1689 (© NASA/HST)



Détails de l'amas Abell 1689(© NASA/HST)

Le centre de notre Galaxie, version X

Le satellite Chandra a observé le centre de notre Galaxie pendant 164 heures (soit près d'une semaine) sans interruption. Plus de 2000 objets sont détectés près du trou noir central, et on y trouve aussi des lobes de gaz à 20 millions de degrés Celsius, traces d'anciennes explosions. De nombreuses éruptions X ont aussi été observées, et leur intensité semble suggérer qu'elles se produisent très près de l'horizon du trou noir.

Un HERO astronomique

Des astronomes californiens ont trouvé un HERO (Hyper Extremely Red Object) près d'une radio-galaxie. Ces HEROs astronomiques se déplacent à des vitesses proches de celle de la lumière. Avec cette vitesse

extraordinaire et, puisqu'il est situé extrêmement loin, 53W002_HERO1 est très difficile à observer. Il n'a pu être détecté qu'en infrarouge.

Bébé galaxie

La minuscule galaxie POX 186 s'est formée récemment, il y a une centaine de millions d'années, lorsque des nuages de gaz se sont rencontrés et condensés sous l'effet de leur attraction gravifique. L'âge des galaxies habituelles se compte en milliards d'années et les astronomes travaillant avec le télescope spatial Hubble ont été très surpris par leur découverte. Mais POX 186 se trouve dans une région particulièrement désertique de l'espace intergalactique et l'on peut comprendre que les rencontres entre nuages gazeux y soient rares.

Environnement martien

Des chercheurs américains, en creusant dans le lac Vida, en Antarctique, ont trouvé un étrange écosystème. Le lac n'est pas gelé complètement, contrairement à ce que l'on pensait, et il contient des micro-organismes. Cet environnement particulier ressemblerait assez à celui de Mars ou d'autres mondes glacés : il pourrait ainsi servir d'exemple pour la recherche de vie sur d'autres mondes.

Micro-organismes atmosphériques

Jusqu'où s'étend notre biosphère? Une équipe de Cardiff a trouvé des bactéries viables et des champignons à 41 km au-dessus de nos têtes! Même s'ils sont semblables aux organismes terrestres, ils ne sont pas totalement identiques, ce qui renforceraient la théorie de la « panspermie » (selon laquelle la Terre aurait étéensemencée depuis l'espace par le passé, et le serait encore aujourd'hui).

Disque X géant

Le satellite Chandra a permis la découverte d'un disque géant de gaz ultra-chaud dans une galaxie elliptique lointaine, NGC 1700. La présence de ce disque et le fait inattendu qu'il soit en rotation devraient permettre d'obtenir des renseignements sur l'histoire passée de la galaxie, sa masse, et peut-être de réviser certaines de nos notions concernant les galaxies elliptiques.

Interférométrie infrarouge

L'ESO annonce des progrès encourageants dans la mise au point de l'interférométrie au VLT de Cerro Paranal. La lumière de l'étoile epsilon de la Carène captée par deux des télescopes géants distants de 102 m a été combinée pour former des franges d'interférence, signe indiscutable de la qualité et de la précision des réglages. Ces observations ont été réalisées à la longueur d'onde infrarouge de 8 microns.

Electrons mystérieux dans RCW 38

RCW 38 est une nébuleuse associée à un petit amas d'étoiles très jeunes... au sens

astronomique, c'est-à-dire âgées d'à peine un million d'années. Le satellite X Chandra y a décelé, à la grande surprise des astronomes, une importante composante d'électrons très énergétiques. Aucune source d'électrons ne semble présente actuellement. Peut-être l'amas a-t-il été récemment le théâtre de l'explosion d'une supernova? L'onde de choc ou l'étoile à neutrons qu'elle y a laissée serait à l'origine de l'activité électronique. On peut rappeler que, durant l'évolution de notre système solaire, un phénomène du même genre a peut-être eu lieu, ce qui expliquerait l'abondance anormale de certains nucléides radioactifs comme l'aluminium 26.

Méthane titanien

L'optique adaptative permet de réaliser des observations qui auraient été impossibles il y a quelques années. Par exemple voir des détails sur le disque des satellites des autres planètes. C'est pourtant l'exploit qu'ont réussi les astronomes en distinguant des nuages de méthane dans l'atmosphère brumeuse de Titan — le satellite principal de Saturne, plus gros que Mercure. Ces nuages rappellent, à la composition chimique près, nos cumulonimbus. Ils indiquent l'existence de cycles analogues au cycle de l'eau terrestre. Le composant principal de l'atmosphère de Titan est l'azote, suivi du méthane. Le brouillard atmosphérique ne peut être pénétré dans les longueurs d'onde visibles mais, en lumière infrarouge, on décèle à la surface du satellite des régions plus ou moins sombres qui pourraient indiquer des continents émergeant d'un océan d'éthane, le tout à la température paradisiaque de -180 C.

Réchauffement planétaire

C'est peut-être le retour d'« El Niño » qui a conduit la température moyenne globale en 2002 à dépasser d'environ 0,5 degré celle de 2001. Seule 1998 a été plus chaude depuis que l'on dispose de mesures. Septembre 2002 a vu le plus faible niveau des glaces arctiques depuis que les satellites les surveillent. Les dix années les plus chaudes sont toutes postérieures à 1990.

Pôle sud et Big Bang

Le meilleur endroit d'où observer les débuts de l'univers est, après l'espace, le pôle sud. Un nouvel instrument qu'on y a installé a permis d'obtenir les meilleures images du rayonnement relique micro-onde émis 400.000 ans après le Big Bang et montrant les premiers signes des futures galaxies. Ces observations confirment des résultats antérieurs concernant la composition de l'univers. Il s'avère que seuls 5 pour cent de l'énergie contenue dans l'univers sont de la même nature que la matière que nous connaissons. Le reste est mystérieux et participe pour les deux tiers à accélérer l'expansion de l'univers.

Planètes en grand nombre?

La dissipation trop rapide du disque de matière entourant les étoiles très jeunes (de type « T Tauri ») suggère que la formation de planètes doit être un événement rare. Une autre hypothèse vient cependant d'être corroborée par des observations dans l'infrarouge : le disque ne se dissipe pas mais devient invisible dans le domaine de longueurs d'onde habituel, l'hydrogène — constituant essentiel — passant en phase moléculaire. Il se pourrait donc que les étoiles conservent souvent assez de matière autour d'elles pour former des planètes.

Volcans et astéroïdes

L'impact de gros astéroïdes peut déclencher une activité volcanique en perforant la croûte terrestre. On pourrait expliquer par ce phénomène le (prétendu) petit nombre de cratères d'impact recensés puisque beaucoup de ceux-ci seraient obliterés par des écoulements de lave. Les extinctions massives, comme celle des dinosaures, pourraient aussi avoir une cause double. Ainsi, l'astéroïde de Chicxulub (Mexique) n'était peut-être qu'un petit fragment d'un plus gros corps qui, quant à lui, aurait engendré les imposants phénomènes volcaniques qu'a connus la région du Deccan (Inde) à la même époque.

SS 433

C'est l'un des objets mythiques de l'astronomie. Son comportement n'a jamais cessé d'intriguer et les nouvelles observations du satellite X Chandra surprennent à nouveau les scientifiques. SS 433 est un système binaire constitué d'une étoile massive et d'un trou noir. Ce dernier est entouré d'un « disque d'accrétion » par lequel transite la matière provenant de l'étoile avant d'être avalée ou projetée dans l'espace sous la forme de deux jets symétriques extrêmement violents. Jusqu'à présent, on pensait que ces jets se refroidissaient tranquillement en s'enfonçant dans les profondeurs de l'espace. Mais il n'en est rien. Les jets ne sont pas continus mais constitués de paquets successifs animés de vitesses différentes. A grandes distances les plus rapides rattrapent les plus lents, se bousculent, et il se forme un gigantesque carambolage. Comme dans tout accident l'énergie cinétique se transforme en chaleur intense. La température atteint même 50 millions de degrés dans les deux régions que l'on a pu détecter en rayons X près de SS 433.

La meilleure observation infrarouge de l'Univers

ISAAC, un des instrument du VLT, a produit l'image la plus profonde du ciel à la longueur d'onde infrarouge de 2,16 microns (voir couverture 3). Pour l'obtenir, il a fallu près de 36 heures de pose, dans des conditions optimales. On peut y découvrir de nombreuses galaxies distantes, qui étaient tout juste visibles dans les images du même champ prises par le télescope spatial Hubble — le fameux Hubble Deep Field South (HDF-S). Ces galaxies, nées seulement 2 milliards d'années après le Big Bang, ne semblent pas former activement de nouvelles étoiles, mais celles-ci interviennent déjà pour 50% de la matière « normale » présente à cette époque. De plus, même à cette époque reculée, les galaxies sont déjà très grandes (peut-être même trop grandes pour être expliquées par les modèles actuels) et certaines d'entre elles présentent une structure spirale similaire à notre Galaxie.

Amalthée

Ce petit satellite est très proche de Jupiter. Les théories sur la formation du système jovien auraient voulu que, par suite de cette proximité, Amalthée soit fait de matériaux denses. Non seulement il n'en est rien, mais il semble que le satellite ne soit qu'un empilement lâche de blocs, eux-mêmes moins denses que des satellites plus lointains tels que Io. La fragmentation d'Amalthée — phénomène qui semble être une caractéristique des petits satellites de forme irrégulière — est sans doute la conséquence de violentes collisions. Notons que l'anneau dit « Gossamer » de Jupiter est nourri précisément par des débris d'Amalthée. La densité d'Amalthée a été déduite des perturbations que cette lune a induites sur la trajectoire de la sonde Galileo.

DEM L 106

Une nouvelle image vient d'être ajoutée au catalogue du fameux « Hubble Heritage ». DEM L 106 est une nébuleuse particulière, dont les poussières réfléchissent la lumière de l'étoile brillante située à gauche de l'image présentée en couverture de ce bulletin. Cette étoile, Hen S 22, n'est pas quelconque : elle est du type particulier B[e] et possède un disque équatorial. La présence de la nébuleuse à réflexion permet ainsi d'observer, pour la première fois, un disque d'étoile sous plusieurs angles. Notons que l'Institut d'astrophysique et de géophysique de Liège a participé à l'analyse de ces images.

De l'eau sur Mars

Les observations des sondes Mars Odyssey et Mars Global Surveyor ont révélé la présence de glace superficielle à la périphérie de la calotte polaire australe de la planète rouge. On savait déjà que la calotte boréale en contient aussi, et que de grandes quantités sont enfouies sous la surface. Malgré toute cette eau, il semble que Mars doive être considérée comme un monde sec, froid, et inhospitalier. De rares impacts d'astéroïdes et de comètes ont pu amener une partie de l'eau dans l'atmosphère, réchauffer le climat, provoquer des pluies et créer des rivières, mais ces épisodes furent

essentiellement fugaces. L'hiver martien s'avère donc aussi rude qu'éternel, et peu propice à l'établissement de la vie.

Vieux cailloux

Avec 3.825 millions d'années, des roches trouvées dans le nord du Québec sont les plus anciennes connues, battant de 25 millions des roches volcaniques groenlandaises. La Terre est vieille de 4,6 milliards d'années et l'on en connaît mal le premier milliard, période qui vit la formation de la Lune et l'apparition de la vie. L'intérêt de la découverte est donc sensible.

Gliese 876

On sait depuis 1998 que l'étoile Gliese 876 possède un système planétaire. Des observations réalisées avec le télescope spatial Hubble viennent de permettre la détermination « précise » de la masse de l'une des planètes : entre 1.89 et 2.4 masses joviennes (la fourchette établie sur base des observations antérieures allait de 1.9 à 100!). La connaissance de la masse des planètes extrasolaires est fondamentale pour comprendre la naissance et l'évolution de ces systèmes.

Le danger des supernovas

Les nouvelles estimations de la dangerosité des supernovas pour la vie terrestre sont optimistes. On ne devrait craindre que celles qui explosent à moins de 25 années lumière de nous, ce qui arrive peut-être une fois par milliard d'années. Comme le risque de collisions avec un astéroïde a aussi été récemment revu à la baisse, il semble bien que le danger pour l'homme ne vienne pas de l'espace.

La taille des étoiles

Proxima Centauri, l'étoile la plus proche de nous, est située à seulement 4.2 années-lumière. Mais même si elle est notre proche voisine, aucun télescope jusqu'ici n'avait réussi à la résoudre : grâce au VLTI, les astronomes ont pu pour la première fois mesurer la taille d'une étoile si peu massive! Les résultats semblent en bon accord avec les modèles théoriques.