
L'astronomie dans le monde

Arp 220

Le satellite X Chandra a obtenu la meilleure image à ce jour de deux galaxies du même type que notre Voie Lactée en pleine collision l'une avec l'autre. Ce genre de phénomène doit arriver de temps à autre à chaque galaxie et le fait d'être les témoins de l'un d'eux nous permet de mieux comprendre comment l'univers est devenu ce qu'il est maintenant. Le résultat de la collision, Arp 220, est l'exemple le plus proche d'une « galaxie ultralumineuse », rayonnant avec mille milliards de fois la puissance du Soleil. Elle est considérée comme un élément clé pour la compréhension des conditions dans l'univers primitif, lorsque d'imposantes galaxies et des trous noirs supermassifs étaient formés en quantités par d'innombrables collisions intergalactiques.

Les astronomes pensent que la coalescence observée dans Arp 220 a engendré un épisode violent de formation stellaire et a envoyé des ondes de choc dans l'espace environnant. La fusion des deux galaxies pourrait aussi aboutir à la création d'un trou noir supermassif au cœur de l'astre résultant.

D'un point de vue astronomique, le phénomène est très récent car il n'a débuté que voici dix millions d'années.

L'image X de Chandra montre une région centrale brillante au centre d'un nuage en forme de sablier. La température du gaz, éjecté à grande vitesse par les étoiles en formation, atteint des millions de degrés.

Le noyau de Arp 220 est d'un grand intérêt pour les astronomes puisqu'il apparaît comme une source X au centre de l'une des deux galaxies en interaction. Le centre de la seconde galaxie est peut-être aussi caractérisé par une source X beaucoup plus faible. Il pourrait s'agir de trous noirs supermassifs déjà présents avant la collision.

Globalement l'énorme luminosité de Arp 220 n'est pas due à un trou noir, mais à la formation stellaire effrénée résultant de la collision. Avec le temps cela devrait changer. Les deux trous noirs devraient fusionner en un seul et la quantité de gaz qui s'y précipitera devrait augmenter considérablement, entraînant une forte augmentation de la luminosité.



Arp 220 par le satellite X Chandra
(© NASA/SAO/CXC)

Sursauts gamma

Communiqué ESA

Le télescope spatial de l'ESA XMM-Newton confirme l'hypothèse selon laquelle les supernovae seraient à l'origine de sursauts gamma.

Les sursauts gamma sont les explosions les plus puissantes qui aient jamais été détectées dans l'Univers. Elles constituent l'un des plus grands mystères de l'astronomie moderne, dans la mesure où leur origine n'avait jusqu'ici

jamais été clairement établie. Deux grandes hypothèses avaient été avancées par les astronomes pour expliquer leur apparition : La collision d'étoiles à neutrons - des étoiles mortes, extrêmement denses - ou l'explosion d'étoiles très massives, les supernovae. Les récents résultats obtenus grâce à XMM-Newton, le télescope de l'ESA dans le rayonnement X, écartent la première de ces hypothèses et confirment la seconde, au moins en ce qui concerne le sursaut gamma qui s'est produit le 11 décembre 2001.

C'est en analysant l'émission rémanente du sursaut gamma dans le rayonnement X que les chercheurs ont pu détecter pour la première fois la présence d'éléments chimiques provenant sans conteste de l'explosion d'une supernova, survenue quelques jours avant le déclenchement du phénomène. « Nous pouvons désormais affirmer en toute confiance que la destruction d'une étoile massive, une supernova, a provoqué un sursaut gamma » a déclaré l'astronome de l'ESA Norbert Scharrel, co-auteur de l'article publié à ce sujet par la revue « Nature ». « Cependant, a-t-il ajouté, nous ne savons toujours pas exactement ni comment ni pourquoi se déclenchent ces sursauts qui constituent le phénomène le plus violent découvert dans l'Univers ».

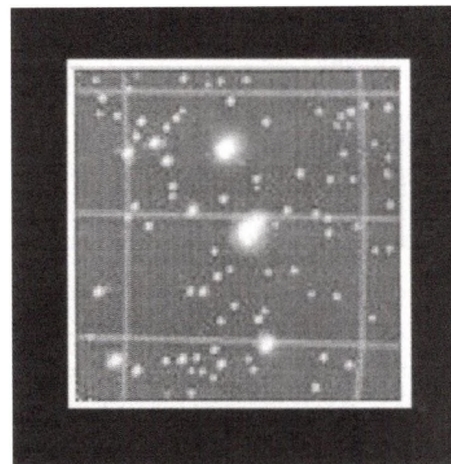
Les premiers sursauts gamma ont été décelés par hasard en 1967, grâce à des satellites conçus pour surveiller l'application du Traité d'interdiction des essais nucléaires. Ces satellites ont détecté une forte émission de rayons gamma provenant non pas du voisinage de la Terre mais de l'espace lointain. Le mystère a longtemps subsisté. Les sursauts gamma peuvent se produire jusqu'à plusieurs fois dans la même journée, mais il ne durent que quelques minutes et il n'existe aucune façon de prévoir où et quand ils apparaîtront. Ils sont donc très difficiles à étudier.

Pendant trois décennies, les astronomes n'ont pas été en mesure de déterminer si l'origine de ces explosions était proche, issue de notre propre Voie Lactée, ou lointaine, provenant de galaxies éloignées. Ils sont cependant parvenus à mettre en place un système d'alerte qui leur permet aujourd'hui de pointer rapidement leurs télescopes vers un point précis du ciel dès qu'un détecteur donne l'alarme et d'observer ainsi, avant qu'elle ne

s'évanouisse, l'« émission rémanente » d'un sursaut gamma. On sait désormais que ce phénomène se produit dans des galaxies distantes de plusieurs millions d'années lumière de notre Terre.

Le plus long sursaut jamais observé

Scientifiquement baptisé « GRB 011211 » le sursaut gamma observé par XMM-Newton a été détecté pour la première fois le 11 décembre 2001 à 19 heures 09 minutes et 21 secondes (Temps Universel) par le satellite italo-néerlandais BeppoSAX. Le sursaut a duré 270 secondes. C'est le plus long jamais observé par un satellite. Les premières analyses ont permis de confirmer, après plusieurs heures, qu'un sursaut avait bien été détecté et l'équipe BeppoSAX a alerté la communauté astronomique. XMM-Newton a été pointé vers le lieu de l'événement onze heures après que celui-ci se fut produit. Cinq heures plus tard et c'eût été trop tard. Mais la chance a souri aux astronomes qui ont pu observer l'émission rémanente alors que celle-ci était encore 7 millions de fois plus brillante (dans le rayonnement X) qu'une galaxie toute entière. C'était la troisième fois que l'équipe XMM-Newton tentait de capter une telle émission et les résultats des deux précédentes tentatives n'avaient pas été probants.



GRB 011211

Les observations effectuées ce jour-là ont permis de faire deux constatations : d'une part que de la matière projetée par la source se dirigeait très rapidement vers la Terre (à un dixième de la vitesse de la lumière) et d'autre part qu'elle provenait — selon les analyses chimiques effectuées — de l'explosion d'une supernova. On était donc en présence d'une sorte de coquille sphérique de matière éjectée par une supernova très récente, portée à haute température par le sursaut gamma, et en expansion rapide.

Magnésium, silicium, soufre, etc.

Les observations d'XMM-Newton ont permis de détecter de grandes quantités de magnésium, de silicium, de soufre, d'argon et de calcium, mais très peu de fer. Il s'agit là des matériaux composant une étoile massive ayant atteint le dernier stade de son évolution, juste avant l'explosion qui la transforme en supernova. Les réactions nucléaires se produisant dans son noyau entraînent la fusion d'éléments légers en éléments plus lourds, ce qui produit l'énergie qui fait briller l'étoile. Différents éléments sont synthétisés à chaque stade d'évolution de l'étoile. L'explosion d'une supernova aurait ainsi éjecté cette matière dans l'espace, produisant la sphère aperçue par XMM-Newton grâce à l'illumination produite par l'émission rémanente du sursaut gamma.

Les astronomes ont été en mesure de calculer les dimensions de la sphère : dix milliards de kilomètres de rayon. Disposant de ces données, et connaissant la vitesse de la matière éjectée, ils ont pu déterminer que l'explosion de la supernova s'était produite quelques jours avant le phénomène.

La faible présence de fer dans la matière détectée corrobore cette séquence. Cet élément n'apparaît en effet dans la matière éjectée par une supernova que deux mois environ après l'explosion elle-même. Les données recueillies ont également permis d'écarter l'hypothèse d'une collision d'étoiles à neutrons qui n'aurait pas entraîné l'expulsion des éléments observés.

Le mystère des sursauts gamma est cependant loin d'être totalement élucidé. Pourquoi toutes les explosions de supernova ne

sont-elles pas suivies d'un sursaut ? Quel est au juste le mécanisme physique qui déclenche ces phénomènes ?

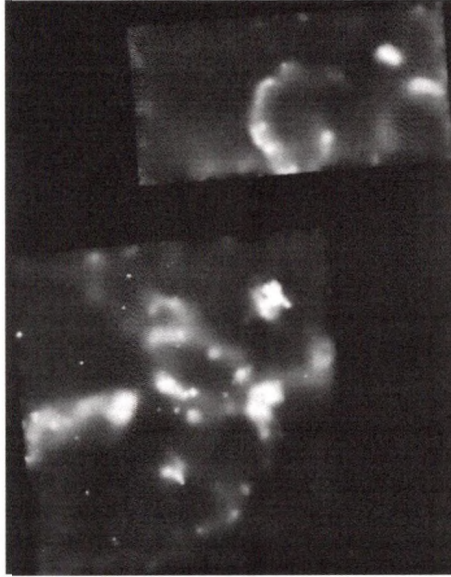
L'ESA s'apprête à lancer en octobre prochain une nouvelle mission spatiale qui pourra répondre très précisément à ces questions. L'Observatoire international du rayonnement gamma INTEGRAL sera en effet le plus puissant instrument d'étude du rayonnement gamma jamais lancé dans l'espace, capable de détecter les phénomènes violents provenant des régions les plus reculées de l'Univers.

Rappelons que XMM-Newton est le plus puissant télescope spatial dans le rayonnement X qui ait jamais été mis en orbite. Il a été lancé le 10 décembre 1999 de Kourou (Guyane) par une fusée Ariane-5. Sa sensibilité sans précédent permet aux astronomes de se pencher sur nombre des énigmes de l'Univers, comme celle posée par l'apparition violente des trous noirs ou celle que constitue la formation des galaxies. XMM-Newton peut également observer des objets célestes situés dans notre propre système solaire, comme les planètes ou les comètes.

D'autres précisions sur le programme scientifique de l'ESA et sur XMM-Newton et INTEGRAL sont disponibles sur le site suivant : <http://sci.esa.int>

Tarentule en X

Le satellite Chandra a obtenu une image profonde en rayons X de la célèbre nébuleuse de la Tarentule, dans le Grand Nuage de Magellan. Également connue sous l'appellation 30 Doradus, cette nébuleuse contient l'une des régions de formation stellaire les plus actives du Groupe Local de galaxies. Des étoiles jeunes et massives émettent un puissant rayonnement et des vents de gaz brûlants animés de très grandes vitesses. Ces vents creusent d'immenses bulles dans le milieu interstellaire.



La nébuleuse Tarentule vue en rayons X par Chandra
(© NASA/SAO/CXC)

En explosant comme supernovae, des générations antérieures d'étoiles ont laissé des vestiges sous forme de pulsars et de nébuleuses dont l'expansion perturbe le milieu ambiant et déclenche des instabilités conduisant à la formation de nouvelles étoiles.

Chandra a détecté au moins onze étoiles très massives, âgées d'environ deux millions d'années, dans l'amas brillant situé au centre de l'image. La plus brillante est Melnick 34, une étoile d'une masse égale à 130 fois celle du Soleil, et située un peu à droite en bas du centre. Beaucoup d'autres sources X ne sont pas résolues mais sont certainement des étoiles. Plus bas, se trouve le reste de supernova N157B et son pulsar associé.

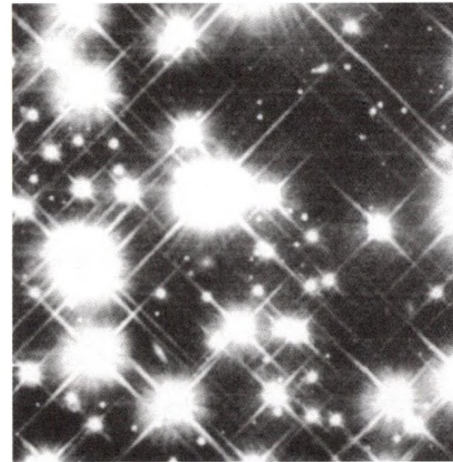
L'âge de l'univers

Les astronomes se basent généralement sur la vitesse de l'expansion de l'univers pour estimer son âge aux alentours de 14 milliards d'années. Vu l'importance de la question, il est

évidemment important de disposer d'autres méthodes. Les naines blanches ont déjà été utilisées pour cela et de nouvelles observations par le télescope spatial Hubble ont permis de le refaire de façon très convaincante.

Les naines blanches sont des étoiles mortes, qui se refroidissent comme les cendres d'un foyer éteint, mais très, très lentement. Leur vitesse de refroidissement est connue et il suffit de mesurer leur luminosité pour connaître leur âge. Pour cela il faut connaître leur distance, ce qui est le cas si on les observe dans un amas stellaire bien connu, et proche afin que les naines blanches restent visibles.

Le télescope spatial a observé l'amas globulaire M4 dans la constellation du Scorpion (cf couverture 2). Il s'agit de l'amas globulaire le plus proche. Malgré cela les naines blanches que l'on y a trouvées sont de magnitude 30, c'est dire la difficulté de l'entreprise. Il a fallu une pose totale cumulée de huit jours pour obtenir l'image ci-dessous. Les mesures donnent un âge de 12 à 13 milliards d'années, ce qui ne contredit pas les valeurs admises pour l'univers.



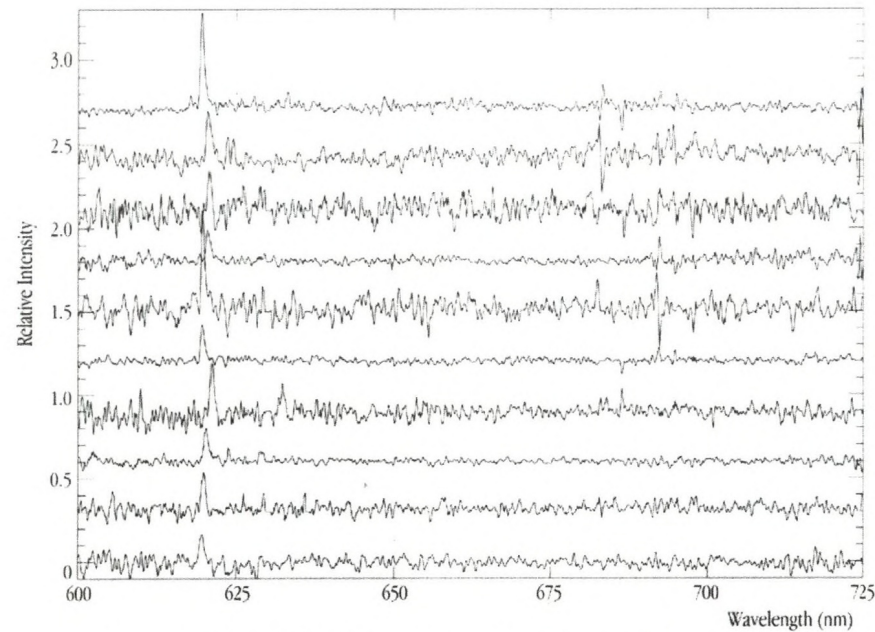
Région de l'amas M4 étudiée par le HST
(© NASA/HST)

Galaxies lointaines

Les radiogalaxies sont des astres qui émettent de prodigieuses quantités d'énergie. Elles peuvent être observées à de grandes distances. On les soupçonne de se trouver dans des amas dont les autres membres sont parfois trop faibles pour être aperçus. Mais les télescopes géants actuels sont en train de changer la donne. Le VLT de l'ESO, au Cerro Paranal, a été utilisé pour observer quelques champs autour de radiogalaxies très lointaines. C'est

ainsi que l'on a constaté que TNJ1338-1942 est entourée de nombreuses galaxies situées au même redshift (4,1) indiquant une distance de 13,5 milliards d'années lumière. Il s'agit du groupe le plus distant jamais observé.

La valeur du redshift des galaxies a pu être vérifiée en prenant des spectres à basse résolution qui montrent la raie Lyman alpha de l'hydrogène à la longueur d'onde de 620 nanomètres alors que la valeur en laboratoire n'est que de 121,6 nanomètres.



Spectra of Galaxies in Cluster near Radio Galaxy TNJ1338-1942

(VLT KUEYEN + FORS 2)

ESO PR Photo 11b/02 (9 April 2002)

© European Southern Observatory



Spectres de quelques galaxies de l'amas de TNJ1338-1942 (© ESO)

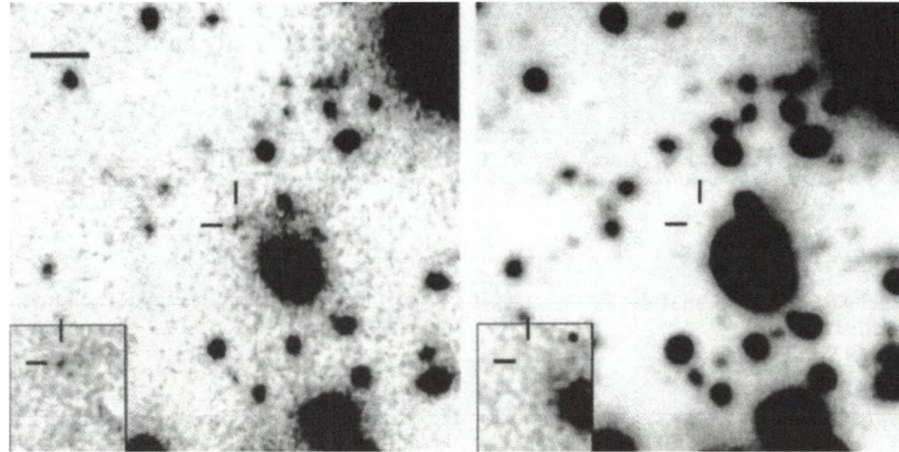


Champ de TNJ1338-1942 (© ESO)

Galaxie encore plus lointaine

Utilisant une technique similaire de recherche, mais profitant de l'effet de lentille gravitationnelle d'un amas proche, des astro-

nomes américains ont pu aller encore plus loin et détecter une galaxie de redshift record 6,56. La raie de Lyman alpha est alors carrément dans l'infrarouge, à près de 920 nanomètres.



La galaxie qui détient le record actuel de distance est vue à gauche dans un filtre isolant la raie Lyman alpha de l'hydrogène. A droite, une image beaucoup plus profonde (obtenue en lumière rouge) ne la montre pas. (Télescope Keck de 10 m)

Rayons cosmiques

Des galaxies hébergeant des trous noirs supermassifs calmes semblent être à l'origine des rayons cosmiques d'ultra-haute énergie. Ces rayons cosmiques sont aussi rares qu'énergétiques (une seule particule peut posséder autant d'énergie qu'une balle de baseball lancée à toute allure!) et on peut les observer depuis le sol par les émissions en cascades qu'ils produisent en traversant l'atmosphère.

Pour les astronomes, un trou noir supermassif « tranquille » est un accélérateur efficace de particules, pouvant leur communiquer les vitesses extrêmes requises. Par contre, un trou noir « actif » serait environné d'un rayonnement intense et les interactions entre photons et particules freineraient celles-ci.

Les observations patiemment accumulées indiquent quelques provenances privilégiées, parmi lesquelles on a pu identifier quatre galaxies près de la queue de la Grande Ourse.



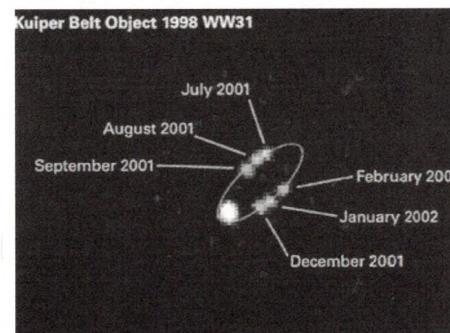
Les galaxies possédant un trou noir supermassif sont peut-être des sources de rayons cosmiques ultra-énergétiques.

KBOs binaires

Les objets de la ceinture de Kuiper (KBO, Kuiper Belt Objects) sont intrigants à plus d'un titre. Leur domaine est la zone qui s'étend depuis l'orbite de Neptune jusqu'à une centaine d'unités astronomiques du Soleil. Leur premier représentant connu, Pluton, a tout d'abord été classé parmi les planètes principales. Depuis une décennie, des centaines d'autres astres sont venus s'ajouter, dont certains très imposants. Il est même fort possible que l'on en découvre qui soient plus gros que Pluton. La ceinture de Kuiper semble être la source d'une grande partie des comètes. Les KBO sont des astres primitifs, vestiges des premiers temps du système solaire, ni planètes, ni astéroïdes. Mais oserait-on qualifier Pluton et son satellite Charon de comètes?

Depuis quelques mois, l'observation attentive des KBOs laisse apparaître une proportion anormalement élevée de binaires. La cause en est encore inconnue, mais c'est une aubaine pour les astronomes car, grâce aux lois de Kepler, l'analyse des mouvements orbitaux permettra de mesurer la masse de ces objets.

Et en cas d'éclipses, on pourra en déterminer la taille et donc la densité, ce qui sera d'une aide précieuse pour en révéler la nature exacte.



Mouvement orbital du satellite de 1998 WW31, le premier KBO double découvert.
(© NASA/C. Veillet)