



LES SURSAUTS GAMMA

Frédéric Daigne, « L'Astronomie » septembre 2011

Les sursauts gamma ont été découverts grâce à la ... guerre froide ! A la suite du traité d'interdiction partielle des essais nucléaires signés entre l'U.R.S.S, les Etats-Unis et le Royaume-Uni, les Etats-Unis ont envoyé des satellites (projet Vela) pour détecter d'éventuels essais nucléaires clandestins et ce sont ces satellites qui découvrirent les premiers sursauts gamma.

Un sursaut gamma est une émission de rayons gamma provenant d'un point du ciel, d'une durée très brève, de quelques millisecondes à quelques minutes (les sursauts courts ont une durée moyenne de de l'ordre de 100 nanosecondes, les sursauts longs de l'ordre de 10 secondes), d'une très forte intensité. Leur spectre (i.e. la courbe donnant la variation de l'énergie en fonction de la longueur d'onde) n'est pas thermique ; autrement dit ce n'est pas un spectre du corps noir comme celui des étoiles. La localisation précise (précision de l'ordre de la minute d'arc) de la direction d'où proviennent les photons gamma a posé de gros problèmes techniques, partiellement résolus. Le point d'où provient le rayonnement gamma est accompagné d'une contrepartie visible, appelée rémanence, dont le flux décroît très rapidement. L'examen de la distribution dans le ciel de plus de 2700 sursauts a montré que celle-ci est parfaitement isotrope. Cela semblait montrer qu'ils ne provenaient pas de la Galaxie ou du Groupe Local ou d'amas de galaxies proches. En 1997, le satellite Beppo-SAX détecte le sursaut GRB970228 et les observatoires terrestres obtiennent un spectre de sa rémanence ; il présente des raies d'absorption ayant un décalage vers le rouge égal à $z = 0,835$, ce qui lui assigne une distance de 7 milliards d'années de lumière. Depuis, on a observé de nombreuses rémanences et la distance cosmologique (i.e. se comptant en milliards d'a.l.) des sursauts gamma ne fait plus aucun doute. La connaissance des distances permet de calculer l'énergie libérée par un sursaut sous forme de rayonnement gamma : elle est colossale, 100 à 10000 fois supérieure à l'énergie lumineuse libérée par une supernova. L'extrême variabilité des sursauts gamma implique que la source doit être très petite.

On a construit un modèle théorique. A l'origine, il y a l'effondrement gravitationnel d'une étoile très massive (sursauts longs) ou la coalescence de deux étoiles à neutrons (sursauts courts) : ces événements conduisent à la formation d'une source très compacte (trou noir) en rotation rapide, entourée d'un disque d'accrétion. Cette source expulse de la matière à des vitesses ultra relativistes (jusqu'à 99,995% de la vitesse de la lumière). Certaines parties de la matière éjectée sont plus rapides que d'autres, ce qui produit des ondes de choc au sein de cette matière. Ces ondes de choc accélèrent localement les particules, principalement les électrons dont est constituée cette matière. Les électrons rayonnent leur énergie produisant le sursaut gamma. A plus grande distance de la source, le choc de la matière éjectée avec le milieu interstellaire produit la rémanence.

Le satellite Swift, lancé en 2004, est pourvu de trois télescopes : un dans le rayonnement gamma, un dans les rayons X, un dans le visible. Cela lui permet d'obtenir rapidement la position précise d'un sursaut gamma. Dès que celle-ci est

transmise au sol, on peut pointer les télescopes géants vers la rémanence.

A LA RECHERCHE DES PLUS VIEILLES ÉTOILES

*Danielle Briot, Patrick François, Noël Robichon, François Spite,
« L'Astronomie » juin 2012*

LES PREMIÈRES ÉTOILES

François Spite « L'Astronomie » juillet-août 2011

UNE ÉTOILE QUI NE DEVRAIT PAS EXISTER

François Spite « L'Astronomie » octobre 2011

Notre Univers a commencé d'exister il y a 13,7 milliards d'années selon les estimations récentes. On recherche activement les étoiles les plus anciennes possibles, témoins des premiers âges de l'Univers, mais cela pose encore de nombreux problèmes.

La nucléosynthèse stellaire (c'est-à-dire les réactions de fusion nucléaire au cœur des étoiles) produit des éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium. Les astronomes appellent « métaux » tous les éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium, par exemple le carbone ou l'oxygène (ce qui doit scandaliser les chimistes...). Si l'étoile explose en supernova, ces éléments lourds sont éjectés dans le milieu interstellaire et les étoiles qui se formeront ensuite, au voisinage de la précédente, comporteront de ces éléments lourds. Ainsi les étoiles les plus vieilles sont les étoiles les plus pauvres en métaux. Par exemple, l'amas globulaire M30 a une population d'étoiles pauvres en métaux, vieilles d'une douzaine de milliards d'années.

Un quart d'heure après le Big Bang, l'Univers était composé d'hydrogène pour les trois quarts, d'hélium (et de traces de lithium) pour l'autre quart. La formation d'étoiles dans un tel milieu est difficile : la condensation du gaz sous l'effet de la gravitation produit de la chaleur qui, mal évacuée, s'oppose à la condensation gravitationnelle ; elle est mal évacuée parce que l'hydrogène et l'hélium se comportent en isolants et provoquent un effet de serre.

On a pensé que seules les étoiles très massives, donc à durée de vie très brève, pouvaient se former. Ceci semble infirmé par les travaux de l'équipe de Roger Cayrel qui ont montré, en étudiant les spectres d'étoiles vieilles, que les étoiles primordiales très massives, ne fournissaient qu'une contribution, négligeable à la matière des premières phases de la Galaxie.

Une équipe internationale franco-italo-allemande traque les étoiles les plus pauvres en métaux. Une astronome, Elisabetta Caffau, a découvert une étoile, située à 4000 a.l. et un peu moins massive que le Soleil, très déficiente en éléments lourds (20000 fois moins que le Soleil).

C'est inexplicable : on pensait qu'un enrichissement en carbone et oxygène était indispensable pour la formation d'étoiles de petite masse.