

4 Naissances cosmiques

Depuis longtemps, les astronomes savent que des jets de gaz étroits sont caractéristiques de la naissance d'étoiles. Une étoile naissante peut émettre une paire de jets collimatés longs de plusieurs années-lumière. On ignore le mécanisme de ces émissions. Selon l'hypothèse la plus solide, un champ magnétique à grande échelle confère sa structure au disque de gaz et de poussière entourant l'étoile jeune. La matière ionisée circulant le long des lignes de champ magnétique serait projetée vers l'extérieur comme des perles sur des fils en rotation. Les observations de *Hubble* ont étayé ce modèle théorique en apportant la première preuve directe que ces jets sont effectivement issus du centre du disque.

Selon une autre hypothèse, invalidée par *Hubble*, les disques circumstellaires auraient été profondément enchâssés dans leurs nuages parents et auraient donc été impossibles à voir. En fait, *Hubble* a révélé des dizaines de disques protoplanétaires. En particulier, par un jeu de contraste, il a permis d'étudier en détail ceux dont la silhouette se profile devant les nébuleuses. Il apparaît que la moitié au moins de ces jeunes étoiles ont de tels disques, ce qui démontre que les matières premières de la formation planétaire sont omniprésentes dans la galaxie.



NASA, J. Bally, H. Throop, C. O'Dell

Ressemblant à des amibes déformées, des disques de poussière entourent les étoiles embryonnaires de la nébuleuse d'Orion. Chaque image représente 2,4 unités astronomiques au carré.

5 Archéologie galactique

Les astronomes pensent que les grandes galaxies, telles la Voie lactée et Andromède, ont grossi en absorbant d'autres galaxies plus petites. Les traces de ce passé confus devraient être inscrites dans l'arrangement, l'âge, la composition et la vitesse de leurs étoiles. *Hubble* a contribué à déchiffrer cette histoire, par exemple grâce à ses observations du « halo » stellaire d'Andromède, le nuage sphérique ténu d'étoiles et d'amas stellaires qui entoure le disque galactique principal. Les astronomes ont ainsi trouvé que les étoiles du halo ont des âges variés : les plus anciennes ont entre 11 et 13,5 milliards d'années ; les plus jeunes entre 6 et 8 milliards d'années. Ces dernières sont des enfants dans une maison de retraite ! Elles seraient venues d'une galaxie plus jeune (par exemple d'une galaxie satellite qui aurait été assimilée) ou d'une région plus jeune d'Andromède elle-même (à savoir le disque, qui aurait été perturbé par le passage d'une autre galaxie ou la collision avec une galaxie). Le halo de la Voie lactée ne contient pas beaucoup d'étoiles aussi « jeunes ». Ainsi, bien qu'Andromède et la Voie lactée aient des formes comparables, les images de *Hubble* suggèrent que les deux galaxies ont un passé très différent.

Des étoiles étonnamment jeunes sont visibles sur cette photographie de la banlieue d'Andromède (voir le cartouche). Elles résulteraient d'une collision entre galaxies. Plusieurs galaxies apparaissent à l'arrière-plan sur cette image.



6 Des trous noirs supermassifs à foison



Depuis les années 1960, les astronomes pensent que les quasars et autres noyaux galactiques actifs (les noyaux brillants et violents des galaxies) sont alimentés par des trous noirs géants qui dévorent la matière. Les observations de *Hubble* ont renforcé ce scénario. Presque toutes les galaxies observées en détail présentent un trou noir en leur cœur. Deux découvertes ont été particulièrement révélatrices. Tout d'abord, les images à haute résolution des quasars montrent qu'ils résident dans des galaxies elliptiques brillantes ou dans des galaxies en interaction, ce qui suggère qu'un certain nombre d'événements doivent se succéder selon une séquence donnée pour que le trou noir central soit alimenté. En outre, la masse du trou noir géant est étroitement liée à celle du bulbe sphérique d'étoiles qui entoure le centre galactique. Cela suggère que la formation d'une galaxie et d'un trou noir, ainsi que leur évolution sont étroitement liées.

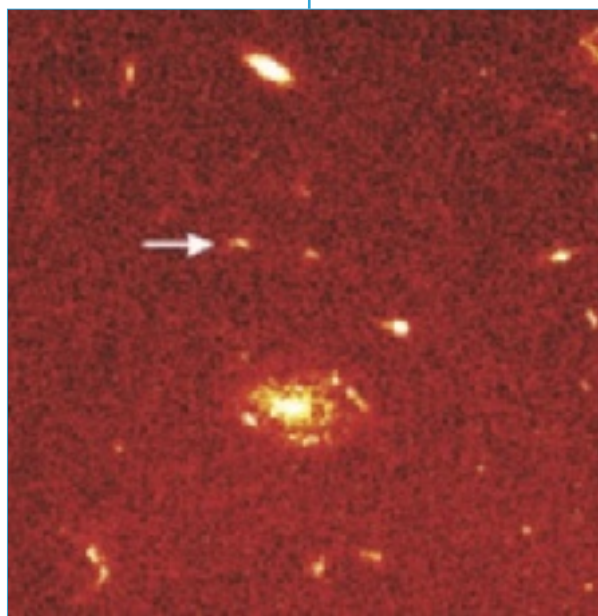
Ce jet de plasma, dont on pense qu'il serait produit par un trou noir de trois milliards de masses solaires, est émis par la galaxie M87.

7 Les plus grandes explosions

Les sursauts gamma sont de courtes flambées de rayonnement gamma qui durent de quelques millisecondes à quelques dizaines de minutes. Il y en a deux catégories, selon qu'ils durent plus ou moins de deux secondes ; les plus longs produisent des photons de plus basse énergie. D'après les données de l'Observatoire Compton de rayons gamma, du satellite à rayons X *BeppoSAX* et des observatoires au sol, les astrophysiciens ont attribué les sursauts de longue durée à l'effondrement du cœur d'étoiles massives à courte durée de vie, en un mot à un type de supernova. Mais on s'interroge : pourquoi seule une petite fraction des supernovae produit-elle des sursauts gamma ?

Hubble a montré que, tandis qu'on trouve des supernovae dans toutes les régions de formation stellaire, les sursauts gamma de longue durée sont concentrés dans les régions les plus brillantes où se trouvent les étoiles les plus massives. De plus, comparés aux galaxies hôtes des supernovae, les hôtes des sursauts gamma sont beaucoup plus faibles, plus irréguliers et moins riches en éléments lourds. Cela est important, car les étoiles massives pauvres en éléments lourds engendrent des vents stellaires plus faibles que ceux créés par leurs contreparties riches en éléments lourds. Durant leur vie, ces étoiles conservent l'essentiel de leur masse et quand elles disparaissent, elles sont plus lourdes. L'effondrement de leur cœur produit non pas une étoile à neutrons, mais plutôt un trou noir. En fait, les astronomes attribuent les sursauts gamma longs à des jets collimatés engendrés par des trous noirs en rotation rapide. Le facteur qui semble indiquer si l'effondrement d'un cœur donnera naissance ou non à un sursaut gamma serait la masse du progéniteur et sa vitesse de rotation au moment de la mort de l'étoile.

L'identification des sursauts gamma courts a été plus difficile. C'est seulement en 2005 qu'ils ont livré leurs secrets



La galaxie hôte du sursaut gamma 971214 ressemble à une petite tache (à la pointe de la flèche).

grâce aux satellites *HETE 2* et *Swift*. *Hubble* et l'Observatoire X *Chandra* ont montré que ces sursauts libèrent globalement moins d'énergie que les sursauts plus longs, et qu'ils se produisent dans des galaxies hôtes de types variés, y compris dans des galaxies elliptiques où il n'y a plus de formation d'étoiles. Apparemment, les sursauts courts ne sont pas associés à des étoiles massives de courte durée de vie, mais plutôt à leurs vestiges stellaires. Selon l'hypothèse la plus vraisemblable, ces sursauts courts se produisent durant la coalescence de deux étoiles à neutrons.