

L'ESSENTIEL

> Les fusions de galaxies sont des événements fréquents à l'échelle du cosmos. Au sein des galaxies, elles déclenchent l'effondrement de vastes régions de gaz où naissent des étoiles.

> On étudie ces événements dans l'infrarouge, pour voir à travers les nuages de poussière qui nimbent les galaxies et bloquent les autres longueurs d'onde.

> En combinant les observations de télescopes terrestres et spatiaux dans différents domaines de longueur d'onde, le projet *Goals* a déterminé que la formation d'étoiles serait la source majeure de luminosité dans les galaxies infrarouges lumineuses.

> « Supervents », bulles et jets : des gaz s'échappent des galaxies en fusion et réguleraient la formation d'étoiles et la croissance des trous noirs galactiques.

LES AUTEURS



AARON S. EVANS
professeur d'astronomie à l'université de Virginie, aux États-Unis, et astronome à l'Observatoire américain de radioastronomie (NRAO) et au centre nord-américain d'Alma



LEE ARMUS
chercheur au Centre de traitement et d'analyse du rayonnement infrarouge à Caltech

Au cœur des collisions galactiques

Lorsque deux galaxies fusionnent, une myriade d'étoiles s'allument, les trous noirs supermassifs s'activent et des supervents sèment le chaos. Petit aperçu de ce qui attend la Voie lactée et la galaxie d'Andromède dans plusieurs milliards d'années...

Dans environ 5 milliards d'années, alors que le Soleil se sera transformé en une étoile géante rouge dont le diamètre correspondra à peu près à l'orbite de la Terre, la Voie lactée et sa voisine la plus proche, la galaxie d'Andromède, entreront en collision, attirées l'une vers l'autre par les forces gravitationnelles. Leurs étoiles seront arrachées de leurs orbites et constitueront des queues spectaculaires, tandis que le gaz et la poussière se précipiteront vers les centres galactiques. Ces mouvements détruiront les deux structures spiralées majestueuses qui existaient déjà il y a près de 10 milliards d'années, lorsque l'Univers avait près d'un quart de son âge actuel.

Cette vue d'artiste illustre les bouleversements du ciel dans 5 milliards d'années. Vu depuis Pluton, le Soleil sera devenu une étoile géante rouge dont le rayon atteindra la Terre. Et la Voie lactée sera entrée en collision avec la galaxie d'Andromède, ce qui perturbera toute sa structure. Le Système solaire pourrait ainsi être rejeté en périphérie de la galaxie, offrant alors une vue idéale sur cette rencontre cosmique.

Puis, les deux centres galactiques finiront par fusionner pour n'en faire qu'un. Dans les parages de ce nouveau cœur galactique, le gaz sera si dense que la formation d'étoiles accélérera pour devenir environ cent fois plus rapide qu'aujourd'hui. Le gaz nourrira aussi les deux trous noirs supermassifs qui se cachent au centre de la Voie lactée et d'Andromède. Actuellement silencieux, les deux trous noirs sortiront de leur torpeur en transformant une partie de cet apport de matière en une tempête de particules énergétiques et de rayonnement dont l'intensité surpassera largement la lumière des étoiles des deux galaxies. Environ 100 millions d'années après la collision galactique, ils fusionneront à leur tour dans un cataclysme qui enverra de puissantes ondes gravitationnelles dans tout l'Univers.

Cependant, malgré les événements spectaculaires qui accompagnent la fusion de galaxies, ce processus n'est pas une «collision» au sens strict, car les galaxies sont essentiellement constituées de vide: les 300 milliards d'étoiles d'une galaxie comme la Voie lactée sont, en moyenne, séparées par cinq années-lumière. La densité de l'air au niveau de la mer sur Terre est environ 100 millions de milliards de fois plus élevée que la densité moyenne du gaz dans l'espace interstellaire. Ainsi, même si la fusion galactique en bouleversera la structure, la plupart des étoiles ne feront que passer à côté les unes des autres.

Les fusions de galaxies n'en restent pas moins fascinantes. Leur étude nous permet de mieux comprendre l'avenir de notre propre

galaxie et l'histoire de l'Univers. En effet, lorsque le cosmos était plus jeune et plus dense, les collisions galactiques étaient beaucoup plus fréquentes qu'aujourd'hui. Les simulations suggèrent qu'au cours des 10 derniers milliards d'années, la Voie lactée a subi jusqu'à cinq fusions majeures avant de devenir la vaste spirale décrite aujourd'hui.

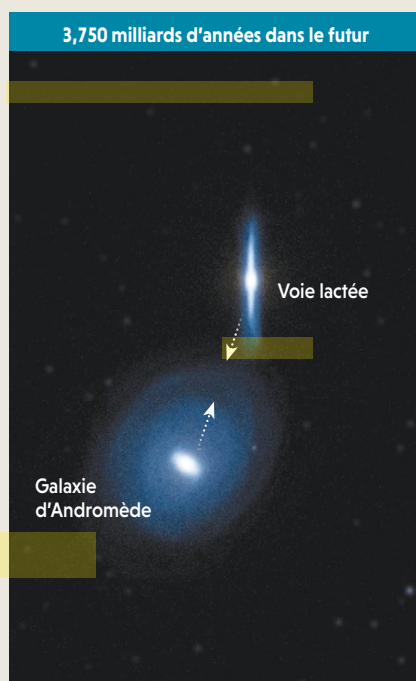
Jusqu'à récemment, les astronomes ne disposaient pas des outils nécessaires pour observer et modéliser avec précision les fusions de galaxies. En effet, la plupart des collisions sont cachées dans d'épais nuages de poussière, opaques aux longueurs d'onde visibles même pour les plus grands télescopes. Grâce aux instruments sensibles à d'autres domaines de longueur d'onde, installés sur les télescopes actuels et futurs, nous commençons à répondre à certaines questions cruciales sur les fusions de galaxies, notamment sur la façon dont les étoiles naissent dans le chaos d'une collision galactique et sur la manière dont les radiations émises par les trous noirs centraux qui grossissent et finissent par fusionner affectent la nouvelle galaxie qui prend forme autour d'eux.

DES «NÉBULEUSES» EN COLLISION

Près d'un siècle s'est écoulé depuis qu'Edwin Hubble a découvert que de nombreuses taches lumineuses dans le ciel – connues à l'époque sous le nom de «nébuleuses» – ne sont pas des objets appartenant à la Voie lactée, mais des «univers insulaires», situés en dehors de celle-ci. Il a classé ces «nébuleuses extragalactiques»

UNE COLLISION GALACTIQUE

La gravité entraînera la fusion de la Voie lactée et de sa galaxie spirale voisine, Andromède. Cette fusion prendra plusieurs milliards d'années et n'aura pas de conséquence directe sur la plupart des étoiles et des planètes à l'intérieur des galaxies, car elles sont trop espacées les unes des autres pour subir des collisions. En revanche, elles seront dispersées à l'intérieur des deux galaxies lors de la fusion. En 2012, Gurtina Besla, de l'université de l'Arizona, et Roeland van der Marel, de l'Institut des sciences des télescopes spatiaux, à Baltimore, ont réalisé une simulation numérique de cet événement en s'appuyant sur les observations du télescope spatial *Hubble*. Cette séquence montre comment les deux galaxies spirales donneront naissance à une galaxie elliptique.



en trois catégories: celles qui ont une forme sphérique ou elliptique (les galaxies elliptiques), celles qui ont un disque aplati et parfois barré avec un renflement central (les galaxies spirales, comme la nôtre) et celles qui sont irrégulières (les galaxies irrégulières).

Une petite fraction de ces dernières sont en fait constituées d'au moins deux galaxies fortement déformées. Dans les années qui ont suivi la découverte de Hubble, des pionniers tels que le Russe Boris Vorontsov-Velyaminov, le Suisse Fritz Zwicky et l'Américain Halton Arp ont étudié en détail cette catégorie de «galaxies interconnectées». Les images enregistrées sur des plaques photographiques avec de longues expositions et publiées dans l'*Atlas of Peculiar Galaxies* de Arp, en 1966, montrent clairement les déformations qui sont aujourd'hui la signature de galaxies en fusion.

Dans les années 1970, des simulations d'interactions de galaxies «simples» (des disques avec des orbites paraboliques) ont permis de recréer les formes de plusieurs galaxies particulières – notamment les longues queues d'étoiles projetées sur de grandes distances par la fusion de leurs galaxies hôtes. Ces premières simulations et d'autres par la suite ont montré que les caractéristiques inhabituelles et parfois spectaculaires mises en évidence par Arp et d'autres chercheurs ne pouvaient s'expliquer que par des interactions gravitationnelles. Depuis la fin des années 1980, sous l'impulsion de spécialistes comme Joshua Barnes, de l'université d'Hawaii, Lars Hernquist, de l'université Harvard, ou encore Philip Fajardo

La densité de l'air au niveau de la mer sur Terre est environ 100 millions de milliards de fois plus élevée que celle du gaz dans l'espace interstellaire de la Galaxie

Hopkins, de l'institut de technologie de Californie (Caltech), des simulations plus poussées effectuées sur des supercalculateurs ont dévoilé la diversité des interactions de galaxies et l'importance des fusions dans le cycle de vie des galaxies.

En 1983, le lancement du satellite *Iras* (*Infrared Astronomical Satellite*) est un

