



Eckhard Starik

2. LE GRAND NUAGE DE MAGELLAN, le plus gros satellite de la Voie lactée, pourrait agiter le halo de matière noire qui baigne notre Galaxie.

✓ SUR LE WEB

Le site du relevé SDSS :
<http://www.sdss.org/>

Une animation de la vibration
du disque galactique :
[www.ScientificAmerican.com/
oct2011/blitz](http://www.ScientificAmerican.com/oct2011/blitz)

L'AUTEUR



Leo BLITZ, professeur d'astronomie, dirige le Laboratoire de radioastronomie de l'Université de Californie à Berkeley.

plus intéressante que ce que l'on avait prévu. Plusieurs faisceaux d'indices suggèrent qu'elle n'est pas distribuée de façon continue, mais présente des grumeaux à grande échelle.

Une telle irrégularité expliquerait le « gauchissement » de la Galaxie, une distorsion spécifique que présente la périphérie du disque galactique. À des distances supérieures à environ 50 000 années-lumière du centre, le disque est presque entièrement constitué d'hydrogène sous forme atomique, et ne comporte que peu d'étoiles. La cartographie de ce gaz à l'aide de radiotélescopes révèle qu'il s'écarte du plan de la Galaxie, écart d'autant plus marqué que l'on va vers l'extérieur. À 75 000 années-lumière, le disque se situe 7 500 années-lumière hors du plan galactique, soit en dessous, soit au-dessus. En d'autres termes, vue de profil, la Galaxie ressemble à un S à l'horizontal.

Tout en tournant autour du centre galactique, le disque oscille en fait de haut en bas, passant au-dessus, puis au-dessous du plan. Cette oscillation se déroule sur des centaines de millions d'années et nous la voyons à un moment donné de son cycle.

Le disque de gaz se comporte un peu comme un tambour géant qui vibre au ralenti. À l'instar du tambour, il peut vibrer selon de multiples fréquences, correspondant chacune à une certaine déformation de la surface. En 2005, avec mes collègues, nous avons montré que le gauchissement observé est la somme de trois de

ces fréquences. La résultante est asymétrique : le gaz situé d'un côté de la Galaxie est beaucoup plus éloigné du plan de la Galaxie que le gaz situé à l'opposé.

Les radioastronomes qui ont les premiers remarqué le gauchissement dans les années 1950 ont pensé qu'il pouvait résulter de l'influence gravitationnelle des Nuages de Magellan, les deux galaxies satellites de la Voie lactée les plus massives. En effet, leur orbite étant hors du plan de la Voie lactée, leur gravité tend à déformer le disque. Mais des calculs détaillés ont montré que ces forces de marée sont trop faibles pour expliquer le gauchissement : les Nuages de Magellan sont tout simplement trop peu massifs. Pendant des décennies, l'origine du gauchissement est restée un mystère.

Le marteau noir du tambour galactique

La prise de conscience que la Voie lactée contient de la matière noire, ainsi que la réestimation à la hausse de la masse des Nuages de Magellan, ont introduit une nouvelle possibilité. Si le disque de gaz joue le rôle de tambour géant, les Nuages de Magellan en orbite au sein du halo de matière noire pourraient jouer – indirectement – celui du marteau qui fait résonner le tambour. Les Nuages créent un sillage dans la matière noire, de la même façon qu'un train d'ondes se forme derrière un bateau qui fend l'eau. Le mouvement du nuage crée ainsi des irrégularités dans la distribution de matière noire ; irrégularités qui font osciller les régions externes du disque, de faible masse. Par conséquent, bien que les Nuages de Magellan soient minuscules, la matière noire amplifie leurs effets.

Martin Weinberg, de l'Université du Massachusetts à Amherst, a avancé cette idée en 1998. Tous les deux, nous l'avons ensuite appliquée à des observations de la Voie lactée, et nous avons montré que nous parvenions à reproduire les trois modes de vibration du disque de gaz. Si notre théorie est correcte, le gauchissement est une caractéristique dynamique de la Voie lactée, et change continuellement avec le déplacement des Nuages de Magellan. La forme de la Galaxie n'est pas fixe, mais en perpétuelle évolution.

Le gauchissement n'est pas la seule asymétrie qui affecte la forme de la Voie lactée. Une des plus remarquables est celle

de l'épaisseur du disque de gaz externe, également découverte en ondes radio. Si on tirait un trait allant du Soleil au centre de la Galaxie, et qu'on le prolongeait de dans la même direction, on s'apercevrait que la couche de gaz est en moyenne à peu près deux fois plus épaisse «à droite» de ce trait (en voyant la Galaxie «du dessus») qu'à gauche. Cette asymétrie est instable et, laissée à elle-même, elle aurait tendance à s'estomper. Elle ne peut persister qu'avec l'assistance d'un mécanisme de soutien. Les astronomes connaissent ce problème depuis plus de 30 ans, mais ils l'avaient laissé de côté jusqu'ici. Cependant, un relevé plus précis de l'hydrogène atomique de la Voie lactée réalisé récemment et une meilleure compréhension des mouvements non circulaires du gaz rendent aujourd'hui cette position intenable.

Les deux principales explications font l'une et l'autre intervenir la matière noire. Soit la Voie lactée et le halo de matière noire ne sont pas concentriques, soit, comme Kanak Saha, de l'Institut Max Planck de Garching, en Allemagne, et ses collègues l'ont récemment défendu, le halo de matière noire est lui-même est un peu asymétrique. Ces deux hypothèses remettent en cause l'idée selon laquelle la Voie lactée et le halo se sont formés ensemble à partir de la condensation d'un unique nuage gigantesque de matière. Si c'était le cas, la matière ordinaire et la matière noire devraient être centrées sur le même point. Ainsi, l'asymétrie de l'épaisseur du disque est un indice supplémentaire que la Voie lactée a grandi par fusion de galaxies plus petites ou par accréation continue de gaz intergalactique, des processus pas nécessairement symétriques. Le centre de la Galaxie pourrait être décalé par rapport au centre de la matière noire, car cette dernière se comporte différemment du gaz et des étoiles.

Une façon de vérifier cette idée consiste à étudier les longs et fins chapelets d'étoiles qui s'étirent à travers les confins de la Galaxie. Ces «courants» sont les restes d'anciennes galaxies satellites déchiquetées. Le type de galaxie le plus commun que l'on rencontre en orbite autour de la Voie lactée est la «naine sphéroïdale», ainsi nommée en raison de sa forme arrondie et de sa faible masse d'étoiles (typiquement un dix-millième de celle de la Voie lactée). Avec le temps, l'orbite d'une galaxie satellite se resserre et elle

devient sujette aux forces de marée exercées par la Voie lactée. La galaxie naine est alors étirée et peut finir par être réduite à un fin ruban.

Ces courants d'étoiles tournent autour de la Galaxie à très grande distance, là où les effets gravitationnels de la matière noire sont importants, de sorte que leur forme nous renseigne sur celle du halo de matière noire. Si le halo n'est pas parfaitement sphérique, mais un peu aplati, il va exercer un couple sur les étoiles du courant et provoquer une déviation marquée de leur orbite par rapport à une ellipse. Or les courants d'étoiles observés sont très fins et leurs orbites décrivent quasiment des grands cercles. Des simulations menées par Rodrigo Ibata, de l'Observatoire de Strasbourg, et ses collègues suggèrent ainsi que la distribution de matière noire est sphérique en première approximation, même si elle peut présenter une asymétrie compatible avec ce que suggèrent K. Saha et ses collègues.

Si la destruction des galaxies naines pose question, il en est de même de leur formation. Dans les modèles actuels, les galaxies sont au départ des agglomérats de matière noire, qui vont ensuite accréter du gaz et des étoiles pour former la partie visible. Ce processus crée non seulement une grosse galaxie comme la nôtre, mais aussi une multitude de galaxies

✓ BIBLIOGRAPHIE

S. Chakrabarti, F. Bigiel, P. Chang et L. Blitz, **Finding dark galaxies from their tidal imprints**, soumis à *Astrophysical Journal*. <http://arxiv.org/abs/1101.0815>

J. Geach, **Les galaxies perdues**, *Pour la Science* n° 404, juin 2011. http://bit.ly/404_galaxies_perdues.

R. Ibata et B. Gibso, **Le spectre des galaxies défunes**, *Dossier Pour la Science* n° 56, juillet-septembre 2007. http://bit.ly/galaxies_defunes

E. Levine, L. Blitz et C. Heiles, **The vertical structure of the outer milky way H I disk**, *Astrophysical Journal*, vol. 643, n° 2, pp. 881-896, 1^{er} juin 2006. <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0601697>

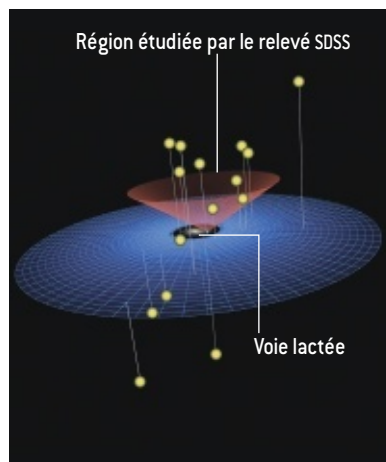
M. Weinberg et L. Blitz, **A Magellanic origin for the warp of the Galaxy**, *Astrophysical Journal Letters*, vol. 641, n° 1, pp. L33-L36 ; 10 avril 2006.

B. Famaey et al., **Local-Group tests of dark-matter concordance cosmology. Towards a new paradigm for structure formation ?**, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 523, id. A32, 2010. <http://arxiv.org/abs/1006.1647>

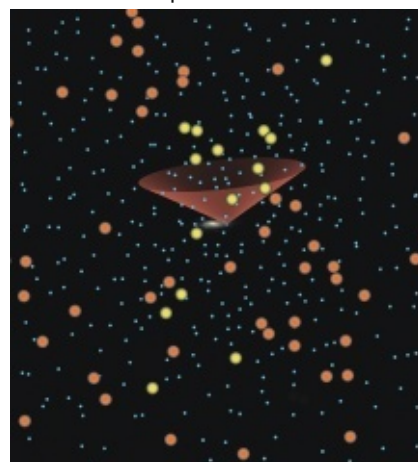
LES SATELLITES MANQUANTS

Les simulations prédisent que la Voie lactée devrait posséder des centaines de petites galaxies satellites, mais on n'en avait jusqu'ici découvert qu'une vingtaine. Le grand relevé *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) a comblé une partie de ce manque en repérant des galaxies satellites, invisibles auparavant. Et pour cause : elles sont composées presque exclusivement de matière noire.

Galaxies satellites connues



Galaxies satellites prédites



- Satellites connus
- Autres satellites peu brillants prédits
- Galaxies formées presque uniquement de matière noire

Don Dixon/L. Bullock, Univ. de Californie