

## L'avenir très perturbé de la Voie lactée

**Comme nous le rappelons souvent dans ces colonnes, l'Univers s'est formé « hiérarchiquement » : les petites structures ont grossi en fusionnant pour en donner de plus grandes, telles les galaxies géantes. On en déduit que ces galaxies ont subi au cours de leur vie une ou plusieurs « fusions majeures » avec des galaxies de taille comparable. Par ailleurs elles ont « avalé » et avalent encore des galaxies naines qui, en les pénétrant, sont dépouillées de leur gaz et d'une partie de leurs étoiles.**

On pensait jusqu'à maintenant que la Voie lactée, qui est une galaxie géante, faisait exception car elle n'avait pas connu de fusion majeure dans le passé. Cependant, comme nous l'expliquions dans le numéro de janvier 2019 de l'Astronomie (voir l'actualité « Mise en évidence d'une collision passée entre la Voie lactée et une galaxie de taille comparable »), il semble qu'elle en ait tout de même subi une il y a environ quatre milliards d'années.

Pourquoi pensait-on que la Voie lactée n'avait pas subi de fusion majeure ? Comme toutes les galaxies spirales, elle possède un disque, un trou noir massif central, un bulbe et un halo. Mais ces entités ont des propriétés très différentes de celles des autres galaxies de taille comparable : son trou noir central a une masse trop faible par rapport à la masse des étoiles dans le halo, qui est elle-même trop faible comparée à celle d'autres galaxies semblables ou à Andromède. Enfin, les abondances des éléments lourds des étoiles du halo – c'est ce que l'on nomme la « métallicité », bien qu'il ne s'agisse pas seulement de métaux – est très faible (figures 2 et 3). Or il semble que si la Voie lactée subissait une fusion majeure ou deux, ces paramètres pourraient se rapprocher de la normale.

Les astronomes ont calculé que dans approximativement quatre milliards d'années, Andromède et la Voie lactée vont entrer en collision. En effet, elles sont trop proches, et leur vitesse relative trop faible, pour qu'elles résistent à leur attraction mutuelle. Mais il semble qu'avant ce moment, la Voie lactée subira une importante collision qui pourrait la perturber tout autant, cette fois avec le Grand Nuage de Magellan (figure 1).

Le Grand Nuage de Magellan est une galaxie naine, située à une distance d'environ 163.000 années-lumière de la Voie lactée. Naine ? Enfin, pas tant que cela ! Elle est très massive pour une galaxie naine, et son contenu en matière noire est assez important (cette matière invisible qui n'interagit que par sa gravité). On calcule que le Grand Nuage devrait entrer en collision avec la Voie lactée dans environ deux milliards d'années. Cette collision pourrait amener la Voie lactée à avoir des paramètres proches de ceux des autres grandes galaxies, comme l'ont montré cinq chercheurs de l'« *Institute of computational cosmology* » de l'Université de Durham en Grande Bretagne. Ils ont estimé à l'aide de simulations par ordinateur les répercussions d'une telle collision (Marius Cautun, Alis J. Deason, Carlos S. Frenk and Stuart McAlpine, arXiv:1809.09116v2, et à paraître dans les *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*) et ont montré que les étoiles du Grand Nuage seraient dispersées dans le halo de la Voie lactée, dont la masse stellaire deviendrait de ce fait cinq fois plus grande. Par ailleurs, comme lors de toute fusion, la matière est drainée par les perturbations

gravitationnelles vers le trou noir central : celui-ci grossit, et sa masse pourrait être multipliée par un facteur huit, ce qui la rendrait comparable à celle des autres galaxies. Enfin la métallicité des étoiles du halo deviendrait égale à celle du Grand Nuage, c'est-à-dire typique du halo des galaxies comparables à la Voie lactée (Figures 2 et 3). Celle-ci serait donc devenue « normale », au moins pour un certain temps.

Maintenant, demandons-nous ce qui se passerait pour le système solaire. D'abord le trou noir central capterait beaucoup de matière en peu de temps, et deviendrait par conséquent très lumineux (rappelons que la matière tombant sur le trou noir rayonne intensément juste avant d'y pénétrer). Le noyau de la Galaxie deviendrait alors « actif » et pourrait même être aussi lumineux qu'un quasar. Mais le rayonnement émis, à moins d'être très riche en photons gamma de haute énergie, n'affecterait pas outre mesure la Terre et le Système solaire. Par contre, les perturbations gravitationnelles subies par la Voie lactée lors de la collision pourraient modifier l'orbite du Soleil, et même l'en éjecter. On s'attend naturellement à des conséquences identiques pour la fusion d'Andromède avec la Voie lactée, qui est prévue dans environ cinq milliards d'années.

On peut alors se poser la question de savoir si la vie sur Terre et peut-être sur d'autres planètes de la Galaxie, pourrait être liée au destin particulier de la Voie lactée. Peut-être le fait de ne pas avoir subi de collision majeure au cours des quatre derniers milliards d'années a-t-il favorisé le développement de la vie, en créant les conditions nécessaires de stabilité de l'orbite du Système solaire... C'est une question qu'apparemment personne ne s'est encore posé.

Figure 1 : Le Grand Nuage de Magellan, photographié par Zdenek et Bardon à l'ESO.

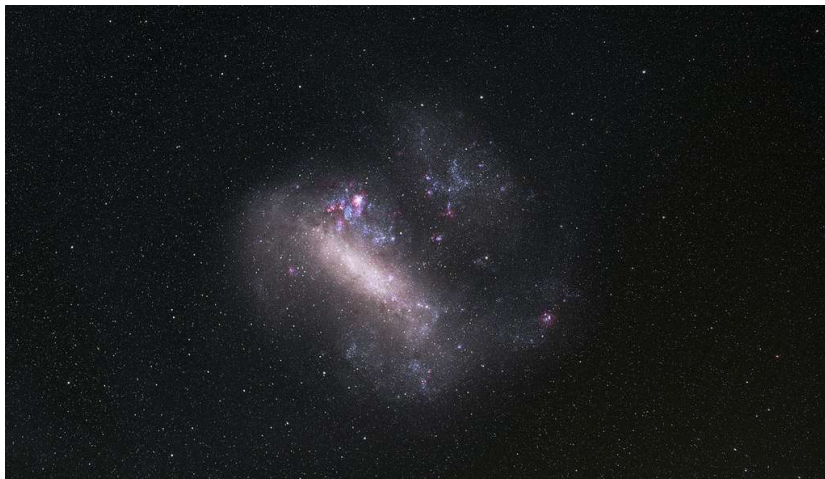


Figure 2 : Relation entre la masse du trou noir central et la masse d'étoiles dans le bulbe. La relation est montrée par des cercles pleins pour un échantillon de galaxies extérieures, et par l'étoile et le carré noirs, respectivement pour la Voie lactée et pour Andromède. La ligne solide est le meilleur ajustement de la relation moyenne supposée en loi de puissance. Les étoiles oranges montrent la distribution probable de la Voie lactée et du Grand Nuage après leur fusion, calculées par les simulations numériques.

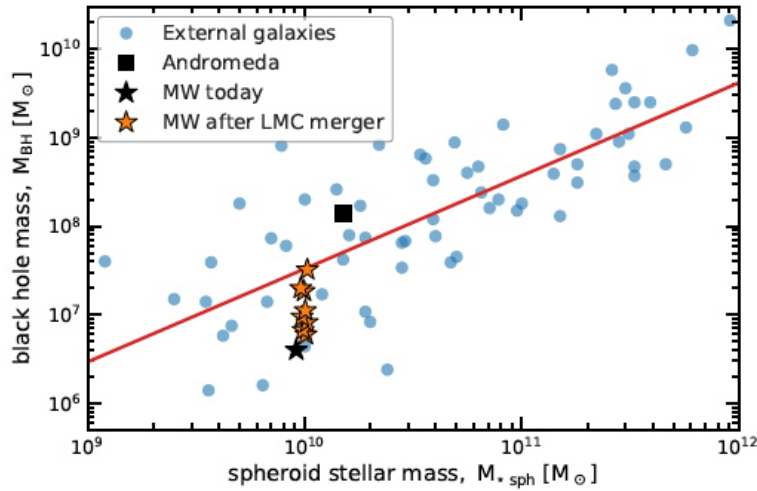
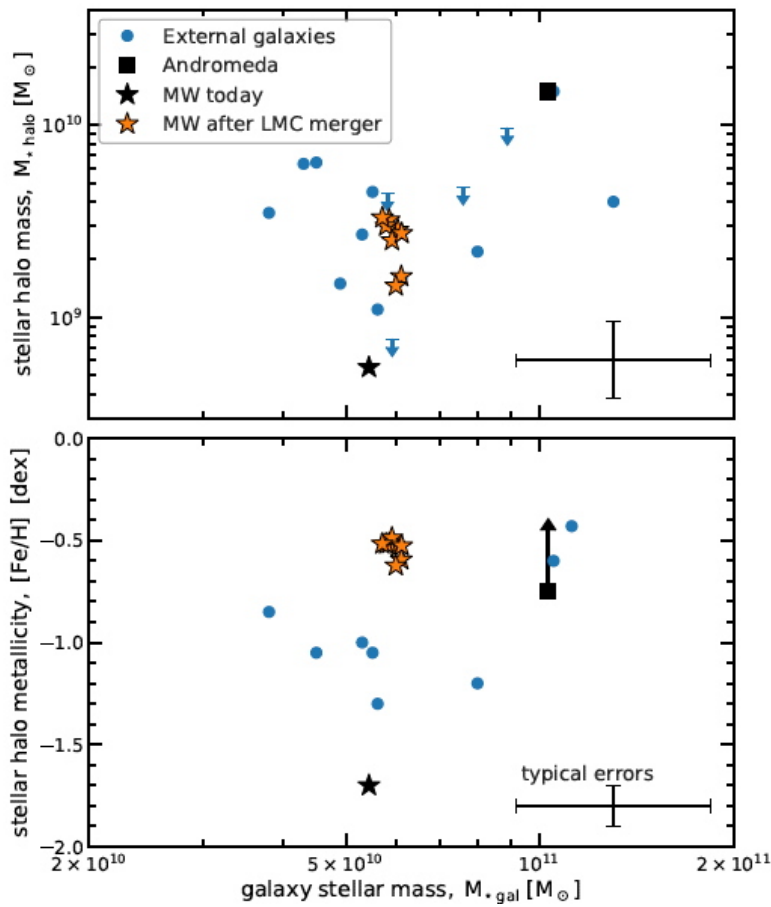


Figure 3 : La relation entre la masse (en haut), la métallicité du halo stellaire (en bas), et la masse stellaire des galaxies, pour un échantillon de galaxies proches (cercles pleins). Les valeurs mesurées pour la Voie lactée et Andromède correspondent à l'étoile et au carré noirs, respectivement (la flèche montre la limite supérieure pour Andromède). Les étoiles oranges montrent la distribution probable de la masse et de la métallicité après la fusion de la Voie lactée et du Grand nuage.



## Une méthode nouvelle pour déterminer la distribution de la matière noire

**La matière noire, qui représente 80% de la matière dans l'Univers, est détectée essentiellement par la déviation qu'elle imprime sur le trajet des rayons lumineux qui proviennent de galaxies lointaines (effet de lentille gravitationnelle). Il existe apparemment une façon plus simple de la détecter, qui vient d'être expérimentée.**

L'une des principales preuves de l'existence de matière noire réside dans les amas de galaxies. Dans ce type d'étude, on utilise l'effet de « lentille gravitationnelle » dans lequel un ou plusieurs amas modifient les images des corps situés en arrière plan. La façon dont ils sont amplifiés et démultipliés permet de déterminer la distribution de la matière noire des amas – largement dominante sur la matière « normale ». Mais ce processus est très compliqué à mettre en œuvre, aussi bien observationnellement que théoriquement. On peut également mesurer le rayonnement X au sein de la lentille, car il provient d'un gaz chaud qui indique les lieux où des groupes de galaxies entrent en collision, ce qui en fait un traceur de la matière noire, mais peu précis. Disposer d'une méthode alternative peut donc s'avérer fondamental.

Or une telle méthode vient d'être proposée par Mireia Montes, de l'université de *New South Wales* à Sydney, en Australie, et Ignacio Trujillo de l'Institut d'astronomie des îles Canaries à Tenerife, en Espagne (arXiv:1807.11488v2, à paraître dans *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*). Il suffit pour cela d'étudier la lumière diffuse entre les amas (*intracluster light* ou ICL en anglais). Il s'agit de la lumière visible produite par les étoiles arrachées aux galaxies par les interactions gravitationnelles entre elles. Dans le chaos régnant au sein de ce milieu, les étoiles se concentrent là où il y a beaucoup de matière noire.

Les deux astrophysiciens ont comparé dans six amas de galaxies la distribution sur le ciel de la matière noire, tracée d'une part par les modèles de lentilles gravitationnelles, d'autre part par le rayonnement diffus observé avec le télescope Hubble. Les résultats des deux méthodes sont en excellent accord : les deux chercheurs ont donc trouvé un traceur lumineux de la distribution de matière noire, pourtant invisible !

Ce travail ouvre un nouveau pan de recherche de matière noire utilisant seulement des images profondes du ciel. Le futur télescope James Webb, qui remplacera bientôt le télescope Hubble avec une sensibilité très supérieure, va donc certainement permettre de cartographier avec encore plus de précision la matière noire dans les amas de galaxies.

Figure : Le télescope Hubble a capturé un brouillard bleuté, appelé lumière intra-amas, parmi les innombrables galaxies de l'amas Abell S1063. Cette lumière provient des étoiles dispersées entre les galaxies et concentrées là où est présente la matière noire. Crédit ESA, NASA, et arXiv:1807.11488v2.

