

L'origine diverse des galaxies naines révélée par les simulations numériques



Date de mise en ligne : jeudi 1er juin 2006

Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et
astrophysique

Les galaxies naines observées dans l'Univers proche, en particulier celles en orbite autour des galaxies massives comme notre Voie Lactée, ont-elles toutes été formées très tôt dans l'histoire de l'Univers comme le supposent les scénarios cosmologiques classiques ? Une équipe de l'Observatoire de Paris, CNRS et du CEA-Saclay vient de montrer, à l'aide d'un grand nombre de simulations numériques à haute résolution, qu'une fraction non négligeable d'entre elles aurait été produite au cours de collisions relativement récentes entre galaxies massives. Ces naines, dites de marée, qui s'apparentent à des galaxies satellites, pourraient contaminer les échantillons statistiques de galaxies naines sur lesquels s'appuient nombre d'études cosmologiques.

Les galaxies massives telles que la Voie Lactée sont entourées de nombreuses galaxies naines satellites. Selon les modèles cosmologiques standards, ces dernières se seraient formées très tôt dans l'histoire de l'Univers à partir de l'effondrement de petites fluctuations primordiales ; elles auraient ensuite participé au processus de fusion qui a détruit nombre de leurs congénères en formant hiérarchiquement les galaxies les plus massives. Aussi le nombre de ces satellites, ainsi que leur distribution spatiale, constituent un test important des scénarios cosmologiques. Ils renseignent à la fois sur la structuration de l'Univers et sur la nature des halos de matière noire dans lesquels ils orbitent. L'abondance des galaxies naines de notre Groupe Local, moindre par rapport à celle attendue, pose d'ailleurs de sérieux problèmes au scénario cosmologique standard. De même, l'observation récente dans de grands sondages de galaxies proches, comme celui du Sloan Digital Sky Survey (SDSS), d'une distribution particulière, plutôt anisotrope, des galaxies satellites a suscité de nombreux débats. Mais avant d'utiliser les galaxies naines comme traceur de l'évolution de l'Univers, il faut s'assurer que toutes ont bien une origine primordiale. En effet, un autre mode de genèse galactique a été mis en évidence depuis une quinzaine d'années : lorsque des galaxies spirales entrent en collisions, elles développent par effet de marée de longues « Antennes ». Dans ces queues de marée, de nouvelles galaxies naines peuvent à leur tour se former : ce sont les « galaxies naines de marée ». Savoir si ces naines de marée peuvent survivre longtemps au-delà de la collision de spirales massives à leur origine et si elles contribuent de manière importante au nombre final des galaxies naines dans l'Univers sont des questions fondamentales auxquelles les observations n'ont pu jusqu'à présent offrir de réponses satisfaisantes. En effet, il est très difficile de distinguer les naines de marée des naines primordiales dès qu'elles sont âgées de quelques centaines de millions d'années.

Des chercheurs de l'Observatoire de Paris et du CEA/Saclay ont utilisé des simulations numériques pour résoudre le problème (voir Figure 1). En simulant de manière réaliste une centaine de collisions entre galaxies spirales, et en identifiant environ 600 galaxies naines se formant dans leurs queues de marée, ils ont pu étudier le devenir de celles-ci. Cette équipe est parvenue à montrer que si une grande partie des naines de marée sont rapidement détruites, environ un quart survit deux milliards d'années voire plus. Elles apparaissent alors comme de nouvelles galaxies satellites orbitant autour de leur progéniteur - dont la collision est depuis longtemps achevée - au même titre que les galaxies naines primordiales de l'Univers.

L'analyse statistique du grand nombre de simulations réalisées a permis de conclure que les naines de marée ne doivent représenter que quelques pourcents du total des galaxies naines de l'Univers. Toutefois, dans certains environnements tels que la proximité directe des galaxies de type spirale et des galaxies elliptiques, ou les groupes compacts de galaxies, la contribution des naines de marée doit être beaucoup plus importante, non négligeable par rapport à celle des galaxies naines primordiales. Étant donnée leur distribution spatiale particulière autour de leur progéniteur, anisotrope et limitée en rayon - elle est aussi prédite par ces simulations numériques -, les galaxies naines de marée doivent modifier les propriétés statistiques de la population d'ensemble des galaxies naines. Leur existence sera donc un élément à prendre en compte à l'avenir pour contraindre les scénarios cosmologiques et la nature de la matière noire. D'ailleurs leur distribution anisotrope

autour de leurs galaxies parents n'est pas sans rappeler celle observée dans le sondage du SDSS (voir Figure 2).

Les galaxies massives telles que la Voie Lactée sont entourées de nombreuses galaxies naines satellites. Selon les modèles cosmologiques standards, ces dernières se seraient formées très tôt dans l'histoire de l'Univers à partir de l'effondrement de petites fluctuations primordiales ; elles auraient ensuite échappé au processus de fusion qui a détruit nombre de leurs congénères en formant hiérarchiquement les galaxies les plus massives. Aussi le nombre de ces satellites, ainsi que leur distribution spatiale, constituent un test important des scénarios cosmologiques. Ils renseignent à la fois sur la structuration de l'Univers et sur la nature des halos de matière noire dans lesquels ils orbitent. L'abondance des galaxies naines de notre Groupe Local, moindre par rapport à celle attendue, pose d'ailleurs de sérieux problèmes au scénario cosmologique standard. De même, l'observation récente dans de grands sondages de galaxies proches, comme celui du Sloan Digital Sky Survey (SDSS), d'une distribution particulière, plutôt anisotrope, des galaxies satellites a suscité de nombreux débats. Mais avant d'utiliser les galaxies naines comme traceur de l'évolution de l'Univers, il faut s'assurer que toutes ont bien une origine primordiale. En effet, un autre mode de genèse galactique a été mis en évidence depuis une quinzaine d'années : lorsque des galaxies spirales entrent en collisions, elles développent par effet de marée de longues « Antennes ». Dans ces queues de marée, de nouvelles galaxies naines peuvent à leur tour se former : ce sont les « galaxies naines de marée ». Savoir si ces naines de marée peuvent survivre longtemps au-delà de la collision de spirales massives à leur origine et si elles contribuent de manière importante au nombre final des galaxies naines dans l'Univers sont des questions fondamentales auxquelles les observations n'ont pu jusqu'à présent offrir de réponses satisfaisantes. En effet, il est très difficile de distinguer les naines de marée des naines primordiales dès qu'elles sont âgées de quelques centaines de millions d'années.

L'analyse statistique du grand nombre de simulations réalisées a permis de conclure que les naines de marée ne doivent représenter que quelques pourcents du total des galaxies naines de l'Univers. Toutefois, dans certains environnements tels que la proximité directe des galaxies de type précoce et des galaxies elliptiques, ou les groupes compacts de galaxies, la contribution des naines de marée doit être beaucoup plus importante, non négligeable par rapport à celle des galaxies naines primordiales. Etant donnée leur distribution spatiale particulière autour de leur progéniteur, anisotrope et limitée en rayon - elle aussi prédite par ces simulations numériques -, les galaxies naines de marée doivent modifier les propriétés statistiques de la population d'ensemble des galaxies naines. Leur existence sera donc un élément à prendre en compte à l'avenir pour contraindre les scénarios cosmologiques et la nature de la matière noire. D'ailleurs leur distribution anisotrope autour de leurs galaxies parents n'est pas sans rappeler celle observée dans le sondage du SDSS.

Enfin, ces travaux prouvent qu'il doit exister des galaxies naines de marée âgées de plus d'un milliard d'années ; leur identification observationnelle est un objectif important car la mesure de leur contenu interne en matière noire constitue également un test clef - les observations n'ont jusqu'à présent permis d'identifier que de jeunes naines de marée encore en cours de formation. Selon que les vieilles naines de marée contiennent de la matière noire ou pas, les scénarios cosmologiques devront être révisés.