



Jenny GREENE est maître de conférences en astronomie à l'Université de Princeton, aux États-Unis.

✓ BIBLIOGRAPHIE

J. Greene, **Big black hole found in tiny galaxy**, *Nature*, vol. 470, pp. 45-46, 2011.

J. Kormendy *et al.*, **Supermassive black holes do not correlate with galaxy disks or pseudobulges**, *Nature*, vol. 469, pp. 374-376, 2011.

M. Volonteri, **Formation of supermassive black holes**, *Astronomy and Astrophysics Review*, vol. 18(3), pp. 279-315, 2010.

J. Laval, **Les trous noirs de masse intermédiaire**, *Pour la Science* n° 372, octobre 2008, http://bit.ly/372_lavalle.

J. Greene et L. Ho, **Active galactic nuclei with candidate intermediate-mass black holes**, *Astrophysical Journal*, vol. 610(2), pp. 722-736, 2004.

A. Filippenko et L. Ho, **A low-mass central black hole in the bulgeless Seyfert 1 galaxy NGC 4395**, *Astrophysical Journal*, vol. 588(1), pp. L13-L16, 2003.

étoiles qui se sont formées dans l'Univers étaient sans doute extrêmement massives comparées au Soleil et aux autres étoiles des générations suivantes. Le gaz primordial ne contenait en effet pas encore assez d'éléments lourds, qui facilitent le refroidissement et la formation de grumeaux plus petits lorsque les nuages de gaz se contractent. Les très grosses étoiles qui en auraient résulté se seraient consumées rapidement et auraient engendré des trous noirs d'une centaine de masses solaires. Mais comment faire grossir ces germes plus vite que par simple accréation ?

Dans un amas stellaire dense, où les étoiles les plus grosses (et les trous noirs) ont tendance à se regrouper près du centre, un trou noir central massif pourrait rapidement croître jusqu'à 10 000 masses solaires en avalant d'autres trous noirs, dépassant ainsi le rythme d'accréation limite habituel. La croissance jusqu'au stade de trou noir supermassif pourrait se poursuivre par une accréation plus ordinaire, peut-être avec d'autres trous noirs de belle taille au menu.

Cependant, la découverte des trous noirs supermassifs très précoces pose la question de savoir si cette phase initiale de croissance accélérée est suffisante. Les astrophysiciens ont ainsi cherché des mécanismes alternatifs engendrant des germes de trous noirs plus gros que ceux formés à la mort des étoiles primitives.

La distribution de masse des trous noirs indique leur origine

Pour ce faire, une possibilité est de sauter les étapes intermédiaires, à savoir les étoiles : un gros nuage de gaz s'effondrerait pour former directement un trou noir de 10 000 à 100 000 masses solaires, bien plus gros que celui issu d'une étoile. Ce processus offre, en théorie, davantage de latitude pour former des trous noirs supermassifs précoces. Ce type d'effondrement direct ne se produit plus dans l'Univers aujourd'hui, car la teneur en éléments lourds du gaz a beaucoup augmenté, mais les conditions étaient différentes dans sa jeunesse.

Malheureusement, il est difficile de déterminer lequel de ces deux scénarios correspond à la réalité, c'est-à-dire de savoir si les germes des trous noirs supermassifs étaient de taille stellaire, ou s'ils étaient issus de l'effondrement de gros nuages

interstellaires. Malgré les progrès des télescopes, on ne peut observer des « bébés trous noirs supermassifs » en train de commencer leur croissance dans les premiers âges de l'Univers. C'est pourquoi mes collègues et moi avons adopté une autre stratégie : chercher des germes qui, pour une raison ou une autre, auraient survécu jusqu'à nos jours sans devenir supermassifs.

Si les germes de trous noirs supermassifs étaient des résidus d'étoiles, nous devrions détecter de nombreux rescapés, à la fois au centre et à la périphérie des galaxies, car les étoiles primordiales défuntées devaient être réparties partout dans la Galaxie. Nous devrions aussi observer un éventail continu de masses allant de 100 à 100 000 masses solaires, car la croissance de ces germes serait susceptible d'avoir été interrompue, par manque de matériau à agréger, à n'importe quel stade de la croissance.

En revanche, si les amorce de trous noirs supermassifs se sont formées surtout par effondrement direct de nuages de gaz, alors il devrait y avoir assez peu de survivants : le processus d'effondrement direct doit être plus rare que les implosions d'étoiles. Au lieu d'un large éventail de masses, nous ne devrions trouver que des restes dépassant 100 000 masses solaires, la masse typique donnée par les modèles théoriques d'effondrement direct.

Avec d'autres chercheurs, j'ai donc entrepris de scruter le ciel à la recherche d'un nouveau type de trous noirs, qui ne seraient ni de masse stellaire ni supermassifs, mais entre les deux : les trous noirs de masse intermédiaire. Il s'agissait de voir si leur fréquence et leur distribution de masse s'accordent mieux avec le modèle de l'effondrement stellaire ou avec celui de l'effondrement gazeux. Quand nous nous sommes lancés dans cette entreprise il y a sept ans, elle ne semblait guère prometteuse. Un seul trou noir intermédiaire était connu, et il était considéré comme une anomalie. Mais depuis, nous en avons trouvé des centaines.

Dans la suite, j'inclurai dans la catégorie des trous noirs intermédiaires ceux dont la masse va de un millier à deux millions de masses solaires. Cette limite supérieure est un peu arbitraire, mais elle exclut les plus petits des trous noirs supermassifs connus, tel celui de notre Galaxie, qui dépasse à peine quatre millions de masses solaires. Dans tous les cas, la frontière est par nature floue. En pratique, la mesure