

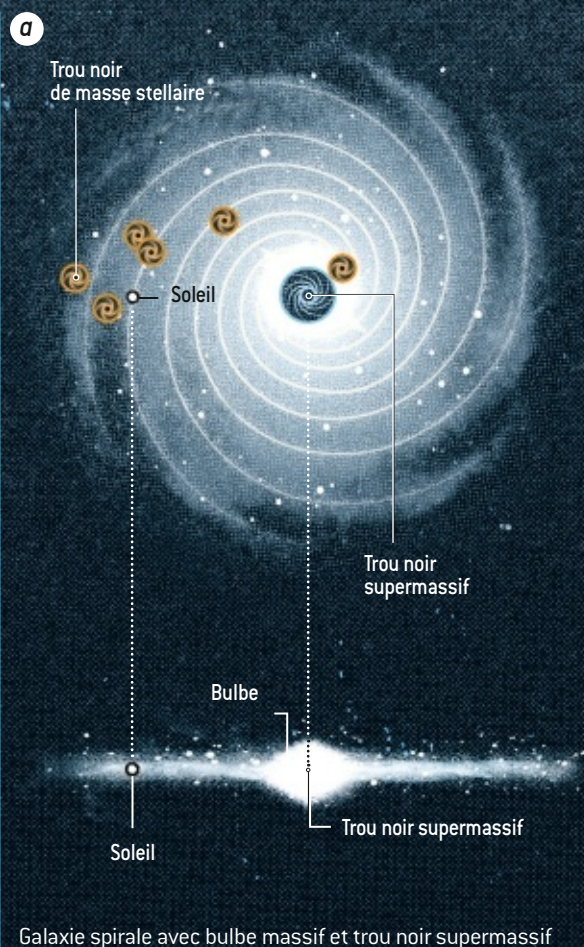
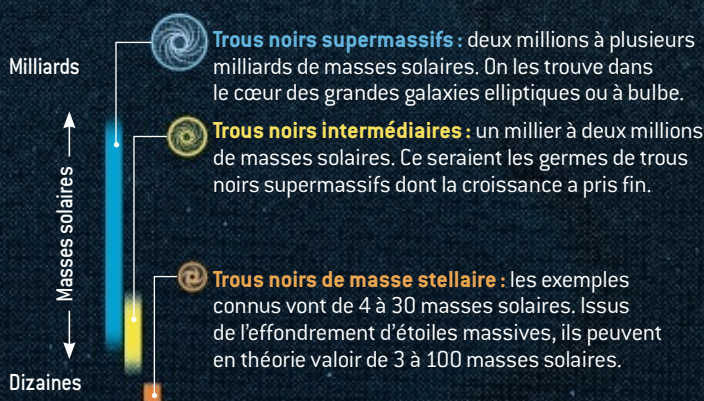
OÙ RÉSIDENT LES DIFFÉRENTS TYPES DE TROUS NOIRS

Il existe de nombreux types de galaxies, dont certains sont associés à la présence de trous noirs supermassifs. La Voie lactée (a) est une galaxie spirale, composée d'un disque et d'un gros renflement central dense en étoiles, ou bulbe. Elle abrite en son centre un trou noir supermassif de quatre millions de masses solaires (en bleu). De nombreux trous noirs de masse stellaire (en orange) ont également été détectés dans la Voie lactée.

Les galaxies à bulbe et les grandes galaxies elliptiques (b) semblent toutes abriter un trou noir supermassif central. À l'inverse, les trous noirs de masse intermédiaire (échelle ci-dessous, en jaune) sont plus fréquents dans les galaxies dépourvues de bulbe massif, comme les spirales sans bulbe (c).

Les classes de trous noirs

Les trous noirs connus se répartissent en trois familles, selon leur masse.



Galaxie spirale avec bulbe massif et trou noir supermassif

implique que les galaxies et les trous noirs supermassifs évoluent ensemble, par des mécanismes qui restent à élucider. De façon plus prosaïque, cette corrélation suggère qu'il faut rechercher les trous noirs intermédiaires dans les galaxies les plus petites. Mais lesquelles ?

Une curieuse petite galaxie nous a donné une idée. Mon directeur de thèse, Luis Ho, de l'Observatoire Carnegie, en Californie, a étudié environ 500 des galaxies brillantes les plus proches en 1995. Il avait constaté que si la plupart des galaxies à gros bulbe abritent des trous noirs actifs, ce n'est pas le cas pour les galaxies sans bulbe, à une exception près : NGC 4395, une galaxie spirale dotée d'un trou noir central actif et dépourvue de tout bulbe. Cette bizarrerie était en fait connue depuis 1989, mais considérée comme une anomalie. À l'exception de NGC 4395, le relevé de L. Ho confirmait la règle générale : on ne trouve pas de trous noirs dans les galaxies sans bulbe.

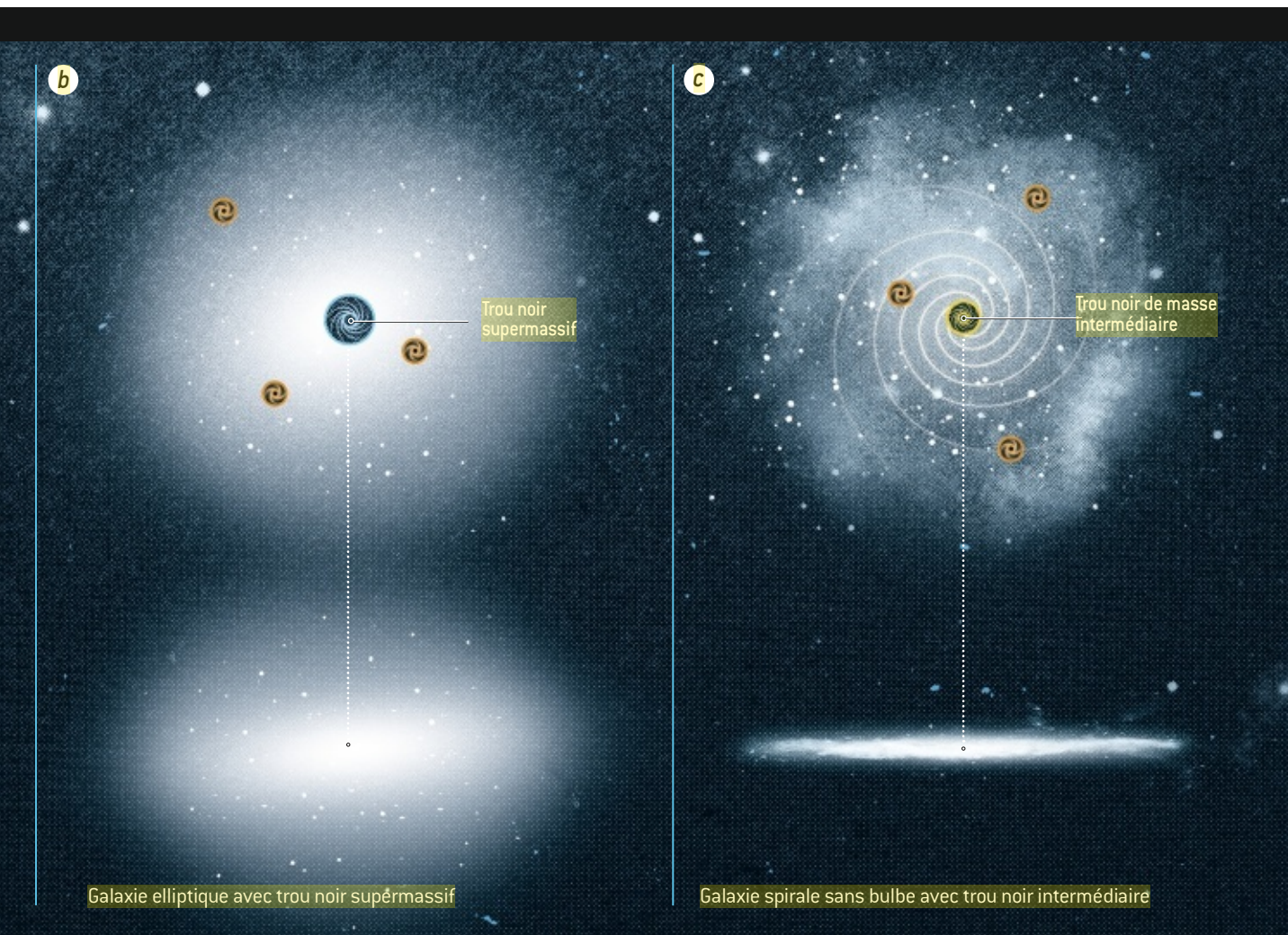
L'estimation de la masse du trou noir de NGC 4395 est particulièrement malaisée. Les mesures de masse les plus directes en astronomie passent par l'observation du mouvement orbital. La période d'une planète et la taille de son orbite autour du Soleil permettent par exemple de déduire la masse de ce dernier. De même, les orbites des étoiles dans une galaxie peuvent révéler la masse du trou noir central, s'il est suffisamment gros pour que l'on puisse distinguer les effets de sa gravité du mouvement d'ensemble des étoiles. Malheureusement, le trou noir de NGC 4395 est trop petit pour cela.

On doit donc exploiter des indices moins directs. Par exemple, le rayonnement X émis par les trous noirs actifs change d'intensité avec le temps, et plus le trou noir est gros, plus ces variations sont lentes. En 2003, David Shih et ses collègues, à l'Université de Cambridge, ont trouvé que l'intensité du rayonnement X émanant de NGC 4395 varie

si vite que la masse du trou noir doit être comprise entre 10 000 et 100 000 masses solaires. Au même moment, L. Ho est arrivé à peu près à la même fourchette de masse en s'appuyant sur d'autres indices.

Des masses difficiles à estimer

Bradley Peterson, de l'Université de l'Ohio, et ses collègues ont effectué en 2005 une mesure un peu plus directe. Ils ont utilisé, à l'aide du télescope spatial *Hubble*, une technique dite de cartographie par réverbération. La réverbération des bouffées de lumière émises par le trou noir sur les nuages de gaz interstellaires proches permet de déterminer leur position et leur vitesse, et donc leurs orbites autour du trou noir central, donnant ainsi accès à la masse de celui-ci. B. Peterson et ses collègues ont ainsi estimé que le trou noir de NGC 4395 représente environ



Gavin Fdez

360 000 masses solaires. Mais même avec cette technique, une incertitude d'un facteur trois subsiste, en raison des hypothèses faites pour le calcul.

La galaxie sans bulbe NGC 4395 semble ainsi abriter exactement le type de trou noir de masse intermédiaire que nous cherchions. Cependant, des 500 galaxies examinées par L. Ho, c'était la seule galaxie sans bulbe à présenter des signes clairs de la présence d'un trou noir actif. La deuxième a été trouvée en 2002.

Aaron Barth, alors à l'Institut de technologie de Californie, a utilisé le télescope *Keck II* de Hawaï pour obtenir le spectre d'une curieuse petite galaxie peu étudiée, POX 52. Comme NGC 4395, cette galaxie présentait des signes encourageants, sans pour autant avoir le profil type pour abriter un trou noir supermassif (c'est une galaxie d'un type rare, dit sphéroïdal, distinct des galaxies spirales à bulbe et elliptiques). Or le spec-

tre de POX 52 obtenu ressemble de façon frappante à celui de NGC 4395, et présente les mêmes caractéristiques qui trahissent la présence d'un trou noir !

POX 52 se trouve à 300 millions d'années-lumière, 20 fois plus loin que NGC 4395, si bien que l'estimation de la masse de son trou noir est encore moins facile. Cependant, divers indices convergent vers un trou noir d'environ 100 000 masses solaires. Les trous noirs intermédiaires dans les galaxies sans bulbe définissent dès lors une classe... contenant deux éléments !

Bien sûr, nous avons besoin de davantage de spécimens de trous noirs intermédiaires pour répondre à toute une série de questions. Quelle est leur fréquence ? Toutes les galaxies sans bulbe en contiennent-elles un, ou bien les galaxies de ce type sont-elles pour la plupart dépourvues de trou noir ? Trouve-t-on ailleurs des trous noirs intermédiaires ? Existe-t-il des spécimens encore plus petits ? Ce n'est qu'en

répondant à ces questions que nous comprendrons comment les germes des trous noirs supermassifs se sont formés, et quel rôle ils ont joué dans l'Univers jeune.

Malheureusement, les méthodes classiques sont peu propices à la détection de trous noirs intermédiaires actifs. Plus un trou noir est gros, plus il peut se nourrir et plus il brille. Les petits trous noirs sont peu lumineux et donc plus difficiles à déceler. Mais il y a pire. Les galaxies elliptiques, où les gros trous noirs ont tendance à se trouver, sont un environnement favorable à la détection : elles ne renferment pas beaucoup de gaz et ne produisent pas de nouvelles étoiles, ce qui offre une vue dégagée du centre galactique. À l'inverse, les galaxies spirales, où l'on soupçonne les trous noirs intermédiaires de se cacher, forment plus d'étoiles. Or le rayonnement énergétique des jeunes étoiles, combiné au gaz et à la poussière opaques, peuvent dissimuler le signal d'un trou noir actif.