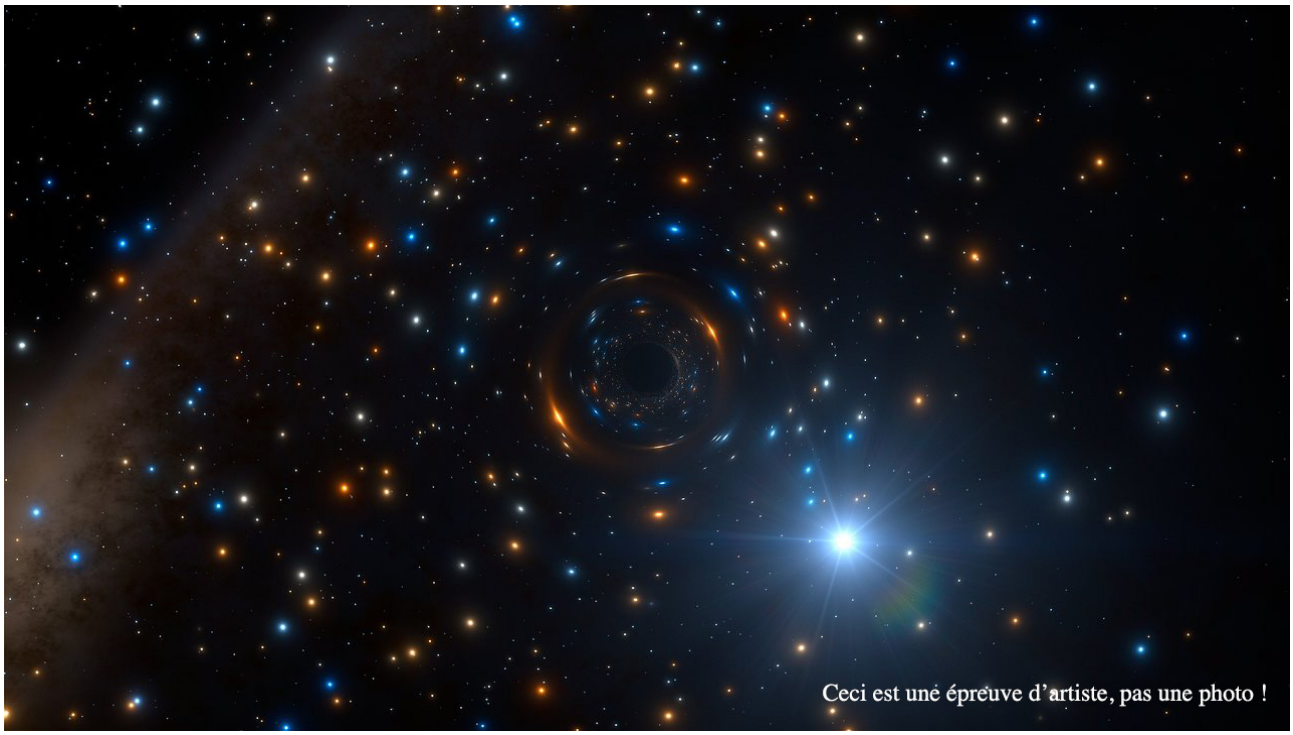
L’étrange comportement d’une étoile révèle l’existence d’un trou noir solitaire au cœur d’un amas d’étoiles géant



Grâce à l’instrument MUSE qui équipe le Very Large Telescope de l’ESO au Chili, les astronomes ont découvert une étoile au comportement très étrange au sein de l’amas NGC 3201. Elle semble orbiter autour d’un trou noir invisible dont la masse avoisine les quatre masses solaires – il s’agit du premier trou noir inactif de masse stellaire découvert au sein d’un amas globulaire et du tout premier trou noir détecté au moyen des seuls effets de son attraction gravitationnelle. Cette importante découverte n’est pas sans conséquence sur notre compréhension de la formation de ces amas stellaires, des trous noirs et de l’origine des ondes gravitationnelles. Les amas globulaires sont de vastes sphères constituées de dizaines de milliers d’étoiles qui orbitent autour de la plupart des galaxies. Ils figurent parmi les systèmes stellaires les plus âgés de l’Univers : leur formation est contemporaine en effet des débuts de la croissance et de l’évolution galactiques. A ce jour, quelque 150 amas globulaires ont été identifiés au sein de la Voie Lactée.

Un amas particulier situé dans la constellation australe de Vela (Les Voiles) et baptisé NGC 3201 a été étudié au moyen de l’instrument MUSE qui équipe le Very Large Telescope de l’ESO au Chili. Une équipe emmenée par Benjamin Giesers (Université Georg-August de Göttingen, Allemagne) a mis en évidence l’étrange comportement de l’une des étoiles [1] de NGC 3201 – elle oscille d’avant en arrière à plusieurs centaines de milliers de kilomètres par heure, et selon une périodicité de 167 jours [2].
Le comportement de cette étoile intrigua Benjamin Giesers : *« Elle orbitait autour de quelque chose d’invisible, dont la masse surpassait les quatre masses solaires – cela ne pouvait être qu’un trou noir ! Le tout premier découvert au sein d’un amas globulaire en observant les seuls effets de son attraction gravitationnelle.* »

Bien qu’importante, la relation unissant les trous noirs aux amas globulaires demeure mystérieuse. Leurs masses élevées et leurs âges avancés laissent supposer que ces amas ont produit un grand nombre de trous noirs de masses stellaire – vestiges de l’explosion puis de l’effondrement d’étoiles massives tout au long de la durée de vie de l’amas [3][4]. L’instrument MUSE de l’ESO offre aux astronomes la possibilité de simultanément mesurer les mouvements de milliers d’étoiles lointaines. Avec cette nouvelle découverte, Benjamin Giesers et son équipe ont pour la toute première fois été capables de détecter un trou noir passif au centre d’un amas globulaire – un trou noir qui n’absorbe actuellement aucune matière et n’est entouré d’aucun disque de gaz brillant. Ils ont été en mesure d’estimer la masse du trou noir grâce aux mouvements d’une étoile prise au piège de son énorme attraction gravitationnelle [5].

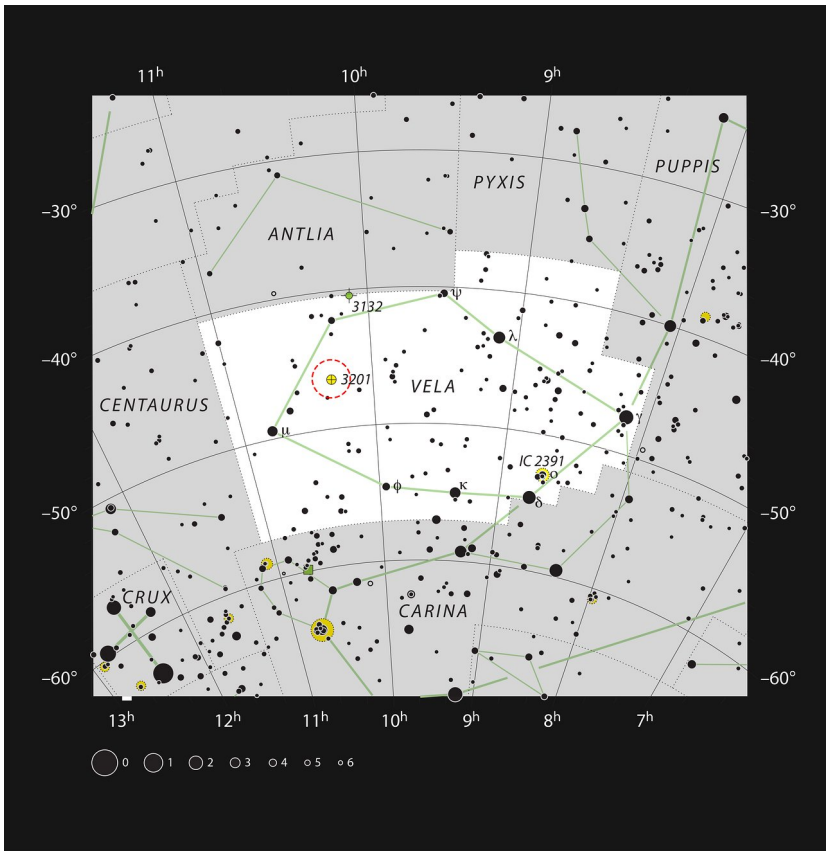
L’observation de ses propriétés a permis de fixer la masse de l’étoile à quelque 0,8 masse solaire, et la masse de sa mystérieuse contrepartie à environ 4,36 masses solaires – ce qui permet de l’identifier presque certainement à un trou noir [6]. Les récentes détections de sources de rayonnements radio et X au sein des amas globulaires, tout comme la détection d’ondes gravitationnelles résultant de la fusion de deux trous noirs de masses stellaires,

suggèrent que ces trous noirs de modestes dimensions pourraient être bien plus nombreux qu'imaginé au sein des amas globulaires.

Benjamin Giesers de conclure : « *Récemment encore, nous pensions que la plupart des trous noirs disparaissaient des amas globulaires en un laps de temps très court, et que de tels systèmes n'existaient même pas ! Ce n'est manifestement pas le cas – nous avons pour la toute première fois détecté les effets gravitationnels d'un trou noir de masse stellaire au sein d'un amas globulaire. Cette découverte permet d'affiner notre compréhension de la formation des amas globulaires ainsi que l'évolution des trous noirs et des systèmes binaires – ce qui est essentiel pour la compréhension des sources d'ondes gravitationnelles.* »

Notes

[1] L'étoile découverte achève sa phase de séquence principale. Après avoir épuisé ses réserves d'hydrogène, elle s'apprête à devenir une géante rouge.
[2] Un vaste sondage des 25 amas globulaires situés en périphérie de la Voie Lactée est actuellement en cours, au moyen de l'instrument MUSE de l'ESO et avec le soutien du consortium MUSE. Il fournira aux astronomes les spectres des 600 à 27000 étoiles peuplant chaque amas. L'étude inclut l'analyse de la "vitesse radiale" des étoiles individuelles – la vitesse à laquelle elles se déplacent en direction ou à l'opposé de la Terre, le long de la ligne de visée de l'observateur. Les mesures de vitesses radiales permettront de déterminer les orbites des étoiles ainsi que les propriétés de tout objet massif autour duquel elles sont susceptibles d'orbiter.
[3] En l'absence de formation continue d'étoiles, comme c'est le cas dans les amas globulaires, les trous noirs de masse stellaire deviennent rapidement les objets les plus massifs. En règle générale, les trous noirs de masse stellaire des amas globulaires sont quelque quatre fois plus massifs que les étoiles périphériques de faible masse. Des théories récentes stipulent que les trous noirs constituent un noyau dense à l'intérieur de l'amas, qui tend à s'éloigner du reste de la matière globulaire. Des mouvements au centre de l'amas sont ensuite supposés éjecter la majorité des trous noirs, seul quelques-uns d'entre eux survivant, des milliards d'années durant.
[4] Les trous noirs de masse stellaire – ou collapsars – se forment lorsque des étoiles massives meurent, s'effondrant sous leur propre poids et explosant sous la forme de puissantes hypernovae. En résulte un trou noir doté d'une masse sensiblement inférieure à celle de l'ancienne étoile, comprise entre plusieurs masses solaires et plusieurs dizaines de masses solaires.
[5] En raison de leur intense gravité, aucune lumière ne peut s'échapper des trous noirs. La première méthode de détection repose donc sur l'observation des rayonnements X ou radio émis par la matière chaude environnante. Toutefois, lorsqu'un trou noir n'interagit pas avec la matière chaude ni n'accumule de masse ni n'émet le moindre rayonnement, comme c'est le cas ici, le trou noir est "inactif" et invisible. Une autre méthode de détection est alors requise.
[6] L'objet sombre de ce système binaire ne peut faire l'objet d'une observation directe. En conséquence, d'autres explications, beaucoup moins pertinentes toutefois, peuvent être avancées. Ce système pourrait par exemple être assimilé à un système stellaire triple constitué de deux étoiles à neutrons étroitement liées l'une à l'autre, autour desquelles orbite l'étoile observée. Ce scénario présuppose que chaque étoile à neutrons soit dotée d'une masse équivalant à plus de deux masses solaires, un système binaire encore non observé à ce jour.



La constellation des Voiles

↕ *L'amas globulaire NGC 3201*
En entier (ci-dessus) et en détail (ci-dessous) avec l'emplacement de l'étoile et du trou noir.