



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

# COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Genève | 28 juin 2023

**ATTENTION: sous embargo jusqu'au 29 juin 2023, 17h, heure suisse**

## Aux origines des trous noirs en fusion dans nos galaxies «soeurs»

En exploitant des outils de simulation avancés, une équipe de l'UNIGE, de la Northwestern University et de l'Université de Floride éclaire la nature énigmatique de ces «monstres» célestes.



Un trou noir de 31,5 masses solaires et un trou noir compagnon de 8,38 masses solaires, vus devant leur pouponnière stellaire (générée par ordinateur) avant la fusion. La bande lointaine de la Voie lactée est visible en bas à gauche de la paire de trous noirs. La lumière est déformée à proximité des trous noirs en raison de leur forte gravité.

Les trous noirs figurent parmi les objets célestes les plus captivants du cosmos. Leur force gravitationnelle est si puissante que même la lumière ne peut s'en échapper. La détection révolutionnaire des ondes gravitationnelles en 2015, causées par la fusion de deux trous noirs, a ouvert de nouveaux champs d'exploration. Depuis, des dizaines d'observations similaires ont incité les astrophysiciennes à sonder leurs origines. Grâce aux récentes avancées du code [POSYDON](#), utilisé pour simuler des populations d'étoiles binaires, une équipe des universités de Genève (UNIGE), Northwestern et Floride (UF) a prédit l'existence de trous noirs massifs en fusion, de trente masses solaires, dans des galaxies similaires à la nôtre. Ces résultats, qui remettent en question les théories précédentes, sont publiés dans *Nature Astronomy*.

Les trous noirs sont des objets célestes nés de l'effondrement d'étoiles dont la masse peut atteindre jusqu'à plusieurs centaines de fois celle de notre Soleil. Leur champ gravitationnel est si intense que ni la matière ni le rayonnement ne peuvent leur échapper, ce qui rend leur détection extrêmement difficile. Par conséquent, lorsque les minuscules ondulations dans l'espace-temps produites par la fusion de deux trous noirs ont été détectées en 2015, par l'Observatoire d'ondes gravitationnelles par interférométrie laser (LIGO), ces observations ont mis le monde scientifique en émoi. Selon les astrophysiciennes, les deux trous noirs à l'origine du signal étaient d'environ 30 fois la masse du Soleil et situés à 1,5 milliard d'années-lumière.

### Rapprocher théorie et réalité

Quels mécanismes produisent ces trous noirs? Sont-ils le produit de l'évolution de deux étoiles, similaires à notre Soleil mais nettement plus massives, évoluant au sein d'un système binaire? Ou résultent-ils de trous noirs dans des amas d'étoiles densément peuplés se rencontrant par hasard? Un mécanisme plus exotique pourrait-il être impliqué? Ces questions font l'objet de débats passionnés.

La collaboration POSYDON, qui comprend des scientifiques des universités de Genève (UNIGE), Northwestern et Floride (UF) a fait des avancées significatives dans la simulation des populations d'étoiles binaires. Ce travail fournit des réponses plus précises et réconcilie prédictions théoriques et données observationnelles. «Comme il est impossible d'observer directement la formation de trous noirs binaires, il est nécessaire de se baser sur des simulations qui reproduisent

leurs propriétés observationnelles. Nous faisons cela en simulant les systèmes d'étoiles binaires depuis leur naissance jusqu'à la formation des systèmes de trous noirs binaires», explique Simone Bavera, post-doctorant au Département d'astronomie de la Faculté des sciences de l'UNIGE et principal auteur de cette étude.

### Repousser les limites de la simulation

Interpréter les origines des trous noirs binaires en fusion, comme ceux observés en 2015, nécessite de comparer les prédictions des modèles théoriques avec les observations réelles. La technique utilisée pour modéliser ces systèmes est connue sous le nom de «synthèse de population binaire». Elle simule l'évolution de dizaines de millions de systèmes d'étoiles binaires afin d'estimer les propriétés statistiques des sources d'ondes gravitationnelles résultantes. «Cependant, pour y parvenir dans un délai raisonnable, les scientifiques ont jusqu'à présent eu recours à des modèles qui utilisent des méthodes approximatives pour simuler l'évolution des étoiles et leurs interactions binaires. Ainsi, la simplification excessive de la physique des étoiles seules et binaires conduit à des prédictions moins précises», explique Anastasios Fragkos, professeur assistant au Département d'astronomie de la Faculté des sciences de l'UNIGE.

POSYDON a permis de dépasser ces limitations. Conçu comme un logiciel *open source*, il utilise une grande bibliothèque précalculée de simulations détaillées d'étoiles seules et binaires pour prédire l'évolution des systèmes binaires isolés. Chacune de ces simulations détaillées peut prendre jusqu'à 100 heures de CPU pour s'exécuter sur un superordinateur, ce qui rend cette technique de simulation non directement applicable pour la synthèse de population binaire.

«Cependant, en précalculant une bibliothèque de simulations qui couvrent l'ensemble de l'espace des conditions initiales, POSYDON peut utiliser cet ensemble de données avec des méthodes d'apprentissage automatique pour prédire l'évolution complète des systèmes binaires en moins d'une seconde. Cette vitesse est comparable à celle des codes de synthèse de population rapide de la génération précédente, mais avec une précision améliorée», explique Jeffrey Andrews, professeur assistant au département de physique de l'UF.

### Introduction d'un nouveau modèle

«Les modèles précédant POSYDON prédisaient un taux de formation négligeable de trous noirs binaires en fusion dans des galaxies similaires à la Voie lactée, et ils n'anticipaient pas l'existence de trous noirs en fusion aussi massifs que 30 fois la masse de notre Soleil. POSYDON a démontré que de tels trous noirs pourraient exister dans des galaxies similaires à la nôtre», explique Vicky Kalogera, professeure au Département de physique et d'astronomie de Northwestern, directrice du Centre d'exploration interdisciplinaire et de recherche en astrophysique (CIERA), et co-auteure de cette étude.

## contact

### Simone Bavera

Post-doctorant  
Département d'astronomie  
Faculté des sciences  
UNIGE  
+41 22 379 23 52  
Simone.Bavera@unige.ch

### Anastasios Fragkos

Professeur assistant  
Département d'astronomie  
Faculté des sciences  
UNIGE  
+41 22 379 24 81  
Anastasios.Fragkos@unige.ch

DOI: [10.1038/s41550-023-02018-5](https://doi.org/10.1038/s41550-023-02018-5)

Les modèles précédents surestimaient certains aspects, comme l'expansion des étoiles massives. Ceci a conduit à une surestimation de leur perte de masse, qui impacte directement les interactions binaires. Ces éléments sont des ingrédients clés qui déterminent les propriétés des trous noirs en fusion. Grâce à des simulations entièrement auto-cohérentes de la structure stellaire détaillée et des interactions binaires, POSYDON obtient des prédictions plus précises des propriétés des trous noirs binaires en fusion, comme leurs masses et leurs spins.

Cette étude est la première à utiliser le logiciel POSYDON. Elle apporte de nouvelles perspectives sur les mécanismes de formation des trous noirs en fusion dans des galaxies comme la nôtre. L'équipe de recherche développe actuellement une nouvelle version de POSYDON, qui inclura une bibliothèque plus grande de simulations stellaires détaillées, capable de simuler des binaires dans une plus grande variété de types de galaxies.