

An artistic illustration of a pulsar, a type of neutron star. It features a bright orange sphere at the center, representing the pulsar itself. Surrounding this sphere are complex, glowing blue and purple magnetic field lines that spiral outwards in a figure-eight pattern. The background is a deep black space filled with distant stars and nebulae, creating a cosmic atmosphere.

Astronomie dans le monde

*Illustration d'un pulsar et de son puissant champ magnétique.
(NASA's Goddard Flight Center/Walt Feimer)*

Étoiles à neutrons

Basé sur un communiqué US Department of Energy

Certains des mécanismes de formation de montagnes en action sur les planètes et leurs satellites pourraient opérer sur les étoiles à neutrons. C'est ce que montre une étude des analogies entre les « montagnes » des étoiles à neutrons et les caractéristiques de surface des corps du Système solaire.

Les étoiles à neutrons et des lunes telles qu'Europe ou Encelade ont des croûtes minces au-dessus d'océans profonds, tandis que Mercure a une croûte mince au-dessus d'un grand noyau métallique. Ces couches minces peuvent se rider et former toutes sortes de reliefs.

Les montagnes des étoiles à neutrons seraient beaucoup plus massives que celles de la Terre, si massives que leur gravité pourrait produire de petites oscillations dans la structure de l'espace et du temps, des ondes gravitationnelles continues (CW). Si le matériau de la croûte des étoiles à neutrons est anisotrope, une déformation semblable à celle d'une montagne se produit et sa hauteur augmente à mesure que l'étoile tourne plus vite. Une telle caractéristique de surface pourrait

expliquer la rotation maximale observée pour les étoiles à neutrons et une éventuelle déformation minimale des étoiles à neutrons dites pulsars millisecondes.

À ce jour, les ondes gravitationnelles détectées étaient le résultat de la fusion de trous noirs et/ou d'étoiles à neutrons. Les premières détections d'ondes CW ouvriraient une nouvelle fenêtre sur des lois fondamentales de la nature et fourniraient des informations uniques sur les étoiles à neutrons, les objets les plus denses après les trous noirs.

Les ondes CW sont si faibles qu'elles ne peuvent être détectées qu'avec des moyens très sensibles, soigneusement ajustés aux fréquences prédites et à d'autres propriétés du signal.

Pour trouver des preuves de ces événements, les chercheurs ont examiné 45 pulsars observés lors de la quatrième campagne d'observation LIGO–Virgo–KAGRA. Malgré des analyses sophistiquées, aucun signal CW n'a pu être détecté, ce qui permet malgré tout de fixer quelques nouvelles contraintes sur les pulsars.

WR 104, la « Death Star »

Basé sur un communiqué W.M. Keck Observatory

Les données récoltées à l'observatoire Keck confirment ce que l'on soupçonnait depuis des années : la célèbre étoile de Wolf-Rayet WR 104 (« Pinwheel ») consiste en une paire d'étoiles massives gravitant l'une autour de l'autre avec une période d'environ 8 mois. C'est la collision de leurs vents violents qui donne naissance à la roue de poussière que l'on observe en infrarouge et qui tourne avec la même période.

La structure en moulinet de WR 104 a été découverte à l'observatoire Keck en 1999 et avait stupéfié les astronomes. L'une des deux étoiles est une Wolf-Rayet, une étoile massive et évoluée produisant un vent enrichi en carbone. La seconde étoile, une OB moins évoluée mais plus massive, émet elle aussi un vent puissant, principalement composé d'hydrogène. On pense que de telles collisions entre vents favorisent la formation de poussières.

WR 104 a fait la une en tant que source potentielle d'un sursaut gamma (GRB) sus-

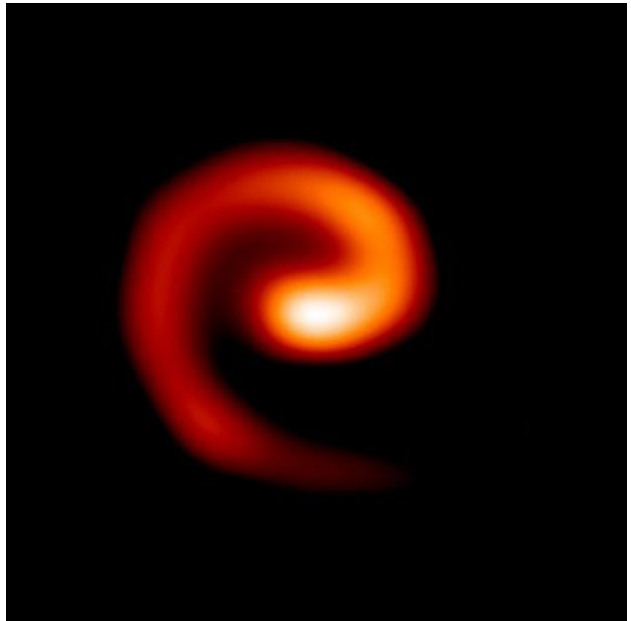
ceptible de nous atteindre. Les modèles indiquaient en effet que le plan de l'orbite était perpendiculaire à la ligne de visée et que les pôles de rotation des deux étoiles pouvaient pointer dans notre direction. Lorsqu'une étoile termine sa vie en supernova, l'explosion peut créer des faisceaux de rayons gamma dans les directions polaires. WR 104 avait alors reçu le surnom supplémentaire de « Death Star ».

Les nouveaux résultats reposent sur des spectres qui ont permis de mesurer la vitesse des étoiles, de calculer leur orbite et d'identifier les caractéristiques spectrales résultant de la collision des vents.

Une surprise et un soulagement attendaient les astronomes. Comme la spirale de poussière est vue parfaitement de face, il semblait naturel que les deux étoiles orbitassent de la même manière. En réalité leur plan orbital est incliné d'au moins 30 ou 40 degrés par rapport à celui du ciel et il n'y a pas de GRB pointé vers nous.

Il reste à expliquer pourquoi la spirale de poussière et l'orbite sont inclinées l'une par rapport à l'autre.

*Image infrarouge de
WR 104 capturée par
l'instrument NIRC de
l'observatoire Keck en
1998.
(U.C. Berkeley Space
Sciences Laboratory/
W.M. Keck Observatory)*



Rénovation cosmique

Basé sur un communiqué NASA-Webb

Grâce au télescope spatial James Webb, les astronomes ont pu identifier des dizaines de petites galaxies qui ont joué un rôle de premier plan dans la métamorphose qui a transformé l'Univers primitif en l'Univers que nous connaissons aujourd'hui. Lorsqu'il s'agit de produire de la lumière ultraviolette, ces petites galaxies excellent nettement. Minuscules mais puissantes, elles sont en nombre suffisant pour alimenter cette rénovation cosmique.

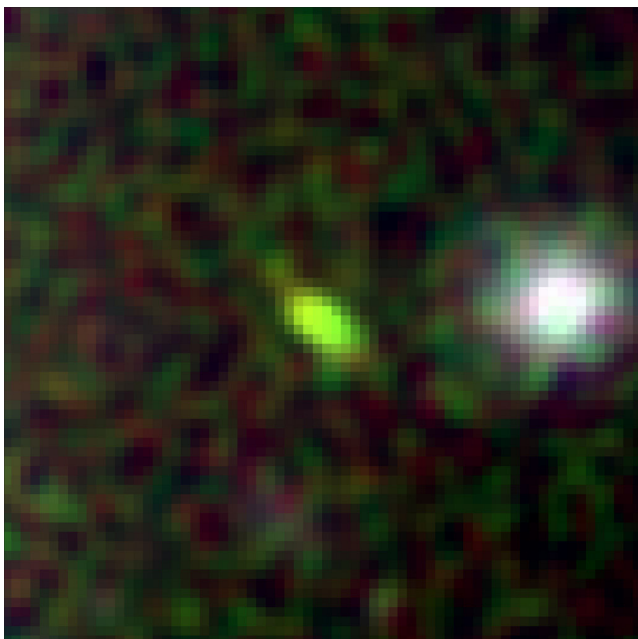
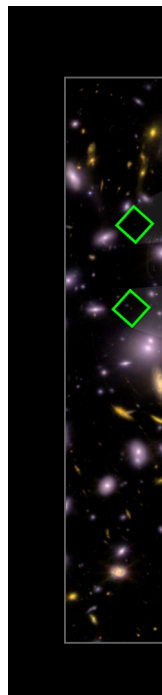
Les astronomes ont découvert ces galaxies en analysant les images Webb prises dans le cadre du programme d'observation UNCOVER (Ultra-deep NIRSpec and NIRCам Observations before the Epoch of Reionization). Ils ont exploité les images collectées par l'instrument NIRCам (Near-Infrared Camera) de Webb, ainsi que de nouvelles observations réalisées avec NIRSpec (Near-Infrared Spectrograph).

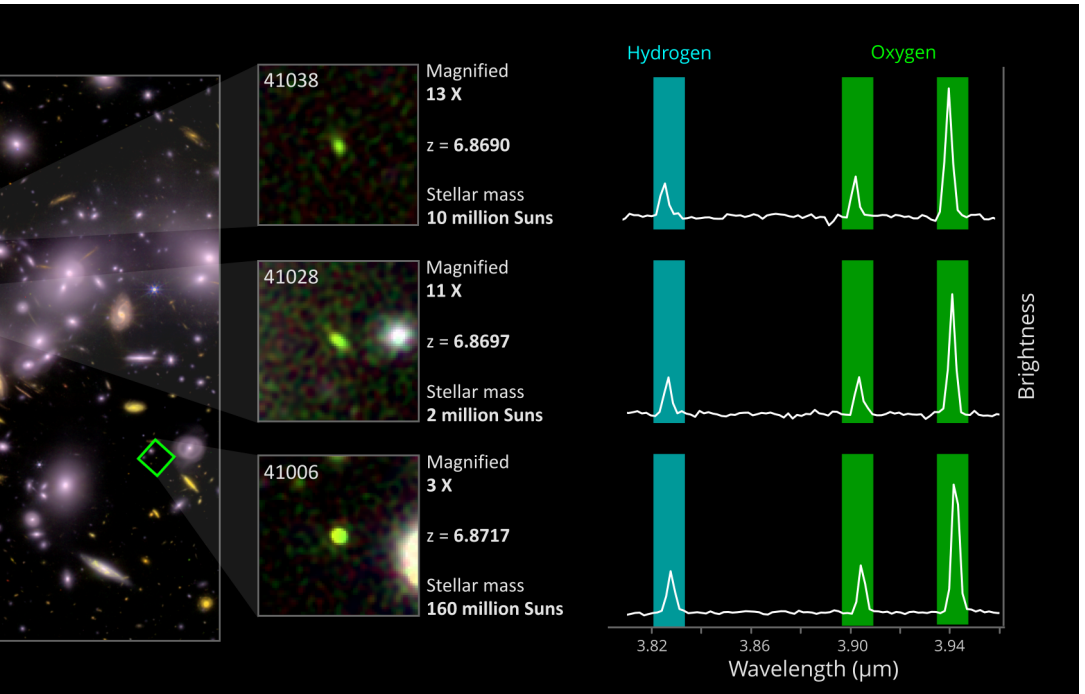
Ce projet a cartographié l'amas de galaxies géant Abell 2744, dit « Pandore », situé à 4 milliards d'années-lumière dans la constellation australe du Sculpteur. La masse de l'amas forme une lentille gravitationnelle qui amplifie les sources lointaines, augmentant ainsi la portée déjà considérable de Webb.

La galaxie 41028 (la tache verte), l'une des plus intéressantes de l'étude, a une masse stellaire de seulement 2 millions de soleils, comparable aux masses des plus grands amas d'étoiles de notre galaxie. (NASA/ESA/CSA/Bezanson et al. 2024 et Wold et al. 2025)

Pendant une grande partie de son premier milliard d'années, l'Univers était plongé dans un brouillard d'hydrogène neutre. Il s'est ensuite ionisé lors de la période de réionisation – nommée ainsi car, au tout début, le milieu très chaud était ionisé. Les chercheurs se sont longtemps demandé quels types d'objets étaient les principaux responsables de la réionisation : les grandes galaxies, les petites, ou encore les trous noirs supermassifs des galaxies actives. L'un des principaux objectifs de Webb était de répondre aux questions liées à cette transition majeure dans l'histoire de l'Univers.

Des études récentes ont montré que les petites galaxies en pleine phase de formation d'étoiles pourraient avoir joué un rôle majeur. De telles galaxies sont rares aujourd'hui, ne représentant qu'environ 1 % de celles qui nous entourent. Mais elles étaient abondantes lorsque l'Univers avait





environ 800 millions d'années – ce qui correspond à un décalage vers le rouge (redshift) de 7, lorsque la réionisation était bien avancée.

L'équipe a recherché de petites galaxies d'âge cosmique adéquat présentant des signes d'intense formation stellaire sur les images NIRCam. Ces galaxies de faible masse concentrent moins d'hydrogène neutre autour d'elles, ce qui facilite la fuite de la lumière ultraviolette ionisante. De plus, les épisodes de sursauts d'étoiles produisent une lumière ultraviolette abondante qui creuse des trouées dans la matière interstellaire d'une galaxie, favorisant ainsi la diffusion de la lumière.

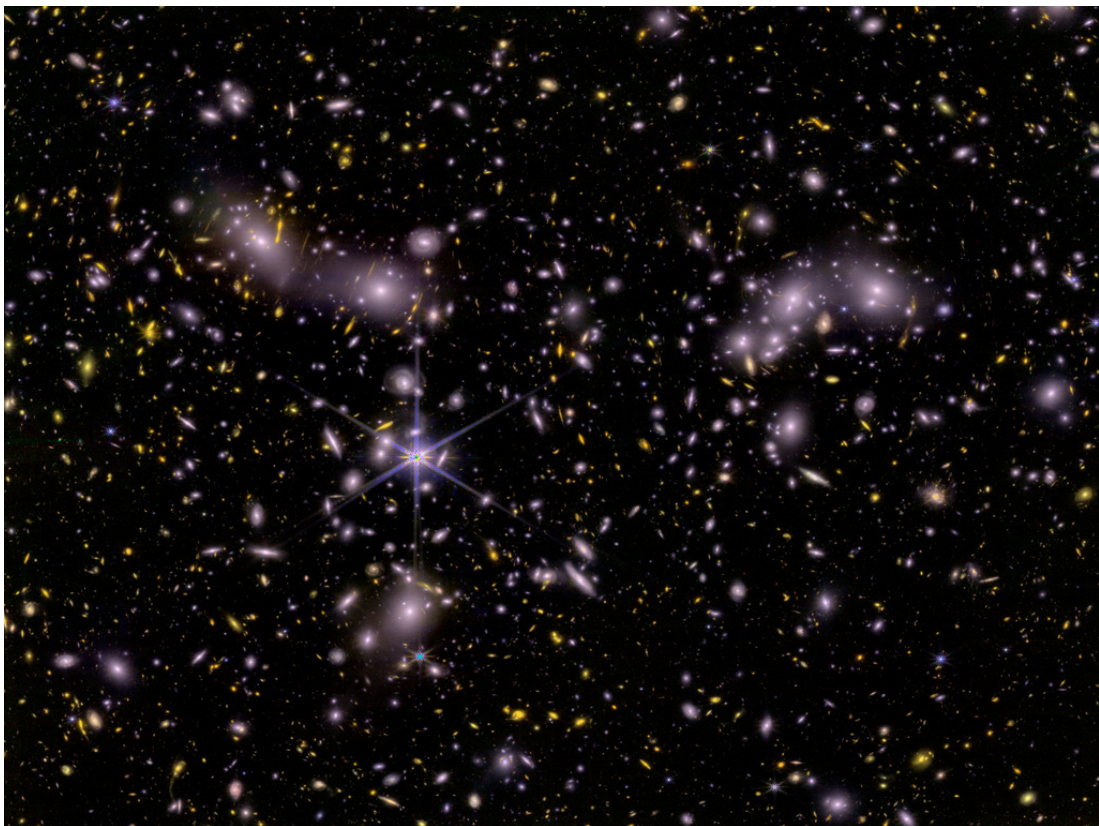
Les astronomes ont recherché les sources intenses d'émission des atomes d'oxygène ayant perdu deux électrons. Initialement émise sous forme de lumière verte, cette lumière s'est « redshiftée » jusqu'à l'infrarouge lors de sa traversée de l'Univers en expansion avant d'atteindre le télescope.

À gauche, une vue infrarouge de l'amas de galaxies Abell 2744, avec trois jeunes galaxies en formation d'étoiles, mises en évidence par des losanges verts.

Au milieu, gros plan de chaque galaxie. Le grossissement fourni par la lentille gravitationnelle est indiqué, ainsi que le décalage vers le rouge (indiqué par z) – correspondant tous à un âge cosmique d'environ 790 millions d'années – et la masse totale en soleils.

À droite, les spectres NIRSpect du télescope spatial James Webb confirment que les galaxies produisent une forte émission de l'oxygène doublement ionisé (barres vertes), signe d'une formation stellaire vigoureuse.

(NASA/ESA/CSA/Bezanson et al. 2024 et Wold et al. 2025)



Cette technique a révélé 83 petites galaxies à sursauts de formation stellaire telles qu'elles apparaissaient lorsque l'Univers avait 800 millions d'années, soit environ 6 % de son âge actuel de 13,8 milliards d'années. L'équipe en a sélectionné 20 pour une inspection plus approfondie à l'aide de NIRSpec. Ces galaxies sont si petites que la construction d'une masse stellaire équivalente à celle de notre galaxie, la Voie lactée, en demanderait entre 2000 et 200 000.

Des galaxies similaires dans l'Univers actuel, libèrent environ 25 % de leur lumière ultraviolette ionisante dans l'espace environnant. Ces galaxies, dites « petits pois », découvertes en 2009 par le projet citoyen Galaxy

Image composite Webb NIRCam de l'amas de galaxies Abell 2744.

(NASA/ESA/CSA/Bezanson et al. 2024 et Wold et al. 2025)

Zoo, apparaissent comme de petites taches vertes en raison de l'émission caractéristique de l'oxygène, mais aussi de la gamme des fausses couleurs des images utilisées provenant du Sloan Digital Sky Survey.

Si les galaxies lointaines à sursauts de formation stellaire de faible masse émettent autant que les petits pois, elles peuvent représenter la totalité de la lumière ultraviolette nécessaire à l'ionisation de l'hydrogène neutre de l'Univers.

Binaire naines blanches

Basé sur un communiqué University of Warwick

Les astronomes ont découvert un système binaire compact, extrêmement rare et de grande masse, distant de seulement 150 années-lumière. Les deux étoiles sont destinées à exploser dans un futur lointain en supernova de type Ia. À cette distance, l'explosion paraîtrait dix fois plus brillante que la Pleine Lune, mais les mouvements galactiques auront emporté bien loin ces astres.

Les supernovæ de type Ia sont connues comme « chandelles standard » pour mesurer les distances des galaxies. Elles se produisent lorsqu'une naine blanche (le noyau dense d'une étoile) qui accumule trop de masse est incapable de résister à sa propre gravité et explose.

On sait depuis longtemps que les binaires naines blanches sont à l'origine de la plupart des explosions de supernovæ de type Ia. Dans un couple serré, la naine blanche la plus massive accumule progressivement de la matière provenant de sa partenaire ce qui, à terme, provoque l'explosion de cette étoile, ou des deux. La masse se transfère d'une naine à l'autre, provoquant une explosion complexe par quadruple détonation. La naine qui gagne de la masse explose d'abord en surface, ce qui conduit ensuite à l'explosion de son noyau. Cette explosion disperse de la matière dans toutes les directions, en particulier sur l'autre

naine blanche, ce qui provoque la répétition du processus pour une troisième, puis une quatrième détonation. Les explosions détruisent complètement le système en libérant une énergie mille milliards de milliards de fois supérieure à celle de la bombe nucléaire la plus puissante.

La récente découverte est non seulement une première, mais elle concerne un système juste à notre porte dans la Voie lactée. Les astronomes l'ont suivi avec certains des plus grands télescopes optiques du monde pour déterminer exactement à quel point il est compact. Ils ont pu montrer que les deux étoiles ne sont séparées que par 1/60 de la distance Terre-Soleil, ce qui conduira sans aucun doute à une supernova de type Ia à une échelle de temps de l'ordre de grandeur de l'âge de l'Univers (l'explosion est prévue dans environ 23 milliards d'années).

Le système binaire est le plus massif de ce type jamais confirmé, avec une masse combinée de 1,56 fois celle du Soleil. C'est cette masse élevée qui signifie que, quoi qu'il arrive, les étoiles sont vouées à exploser. Actuellement, les deux naines blanches orbitent tranquillement en spirale l'une autour de l'autre, en un peu plus de 14 heures. Pendant des milliards d'années, le rayonnement gravitationnel les rapprochera progressivement jusqu'à une période de seulement 30 à 40 secondes au moment de l'explosion finale.

La découverte d'un tel système dans notre voisinage signifie qu'ils doivent être relativement courants.

La supernova SN 2023zkd

Basé sur un communiqué CfA

Les astronomes ont découvert ce qui pourrait être une étoile massive explosant en essayant d'avaler un trou noir compagnon, offrant une explication à l'une des explosions stellaires les plus étranges jamais observées.

La supernova SN 2023zkd a été détectée en juillet 2023 par le Zwicky Transient Facility grâce à un nouvel algorithme d'intelligence artificielle, conçu pour déceler les explosions inhabituelles en temps réel. Cette alerte précoce a permis aux astronomes de commencer immédiatement le suivi afin de comprendre l'histoire complète de l'explosion. Une fois l'explosion terminée, elle avait été observée par un grand nombre de télescopes, au sol et depuis l'espace.

L'interprétation la plus probable est que l'étoile massive était en orbite autour d'un trou noir. À mesure que l'énergie se dissipait, l'orbite se resserrait jusqu'à l'explosion, l'étoile englobant partiellement le trou noir.

Les astronomes tiennent là une preuve solide que des interactions aussi rapprochées peuvent réellement faire exploser une étoile. Un système d'apprentissage automatique leur avait signalé SN 2023zkd des mois avant son explosion et leur avait donné amplement le temps d'obtenir les observations cruciales nécessaires pour décrypter le phénomène.

Une autre interprétation envisagée est qu'un trou noir avait déchiré l'étoile avant qu'elle n'explose de son propre chef. Dans ce cas, le trou noir a pu rapidement aspirer les débris de l'étoile et la supernova s'est déclenchée lorsque les débris ont atteint le gaz environnant. Dans les deux cas, un seul trou noir, plus massif, serait resté.

Située à environ 730 millions d'années-lumière de la Terre, SN 2023zkd ressemblait initialement à une supernova classique, avec un seul pic lumineux. Mais alors que les scientifiques suivaient son déclin depuis plusieurs mois, elle a fait quelque chose d'inattendu : elle a de nouveau brillé. Pour comprendre ce comportement inhabituel, les scientifiques ont analysé des données d'archives, qui ont

révélé un phénomène encore plus étrange : le système avait lentement augmenté sa luminosité pendant plus de quatre ans avant l'explosion. Une telle activité à long terme avant l'explosion est rarement observée chez les supernovæ.

Le premier pic de luminosité provenait de l'onde de choc de la supernova frappant du gaz de faible densité. Le second pic était dû à une collision plus lente mais soutenue avec un épais nuage en forme de disque. Cette structure, ainsi que le comportement erratique de l'étoile avant l'explosion, suggèrent que l'étoile mourante était soumise à une contrainte gravitationnelle extrême, probable-



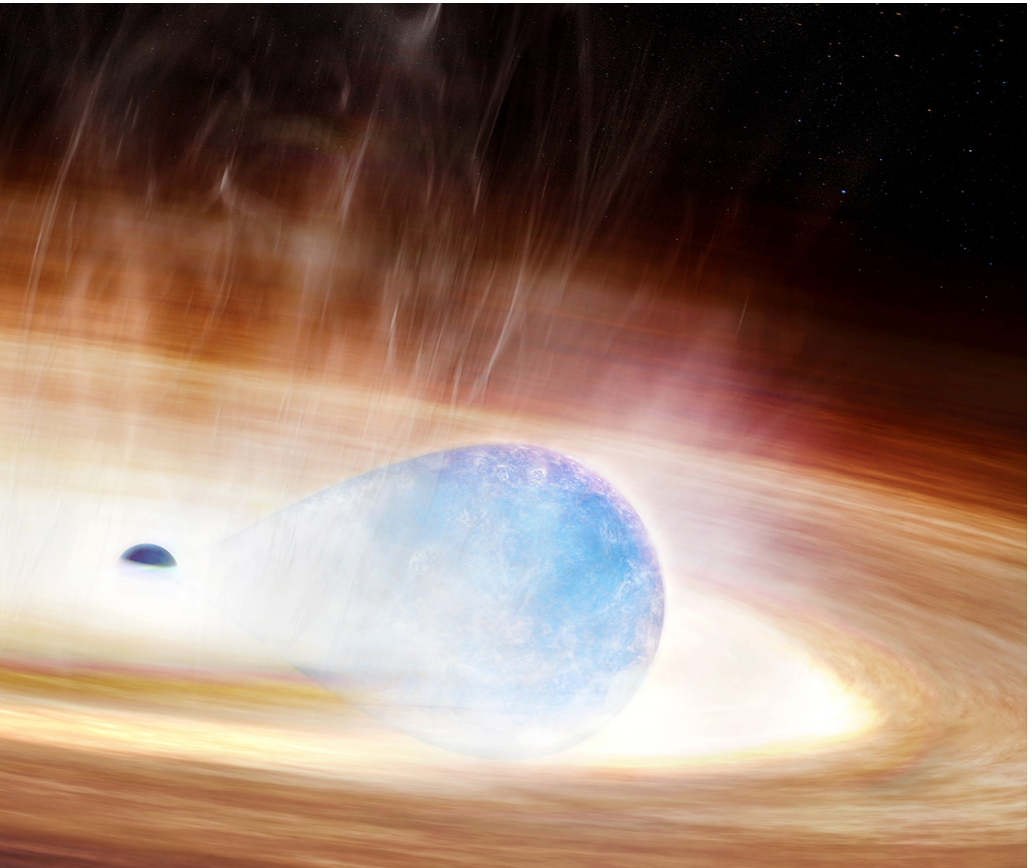
ment due à un compagnon compact proche, tel qu'un trou noir.

2023zkd présente certains des signes les plus évidents d'une étoile massive interagissant avec un compagnon pendant des années avant une explosion. Cela pourrait faire partie d'une classe à part entière d'explosions que l'IA devrait aider à découvrir.

Cette découverte montre l'importance d'étudier comment les étoiles massives en fin de vie interagissent avec un compagnon. La plupart des étoiles massives sont binaires, mais il est extrêmement rare d'en observer une en train d'échanger de la masse peu avant son explosion.

Vue d'artiste d'une étoile massive et un trou noir avant l'explosion en supernova, lorsque l'étoile est distendue par les forces gravitationnelles du trou noir.

A mesure que la distance entre l'étoile et le trou noir diminuait, la gravité intense du trou noir a attiré le gaz et la poussière de l'étoile vers un disque. Avant que l'étoile ne puisse engloutir le trou noir, la contrainte gravitationnelle du trou noir a déclenché son explosion. Les collisions entre l'explosion stellaire et les enveloppes provenant d'interactions antérieures ont provoqué un spectaculaire « ré-éclatement ».
(M. Weiss/CfA)



Turbulence galactique

Basé sur un communiqué University of Toronto

La turbulence est l'un des grands problèmes de la mécanique classique. Et pourtant elle se manifeste partout, dans le lait versé dans un café comme dans les courants chaotiques des océans, le vent solaire, le milieu interstellaire, ou le plasma intergalactique.

Dans le cas des environnements astrophysiques, un paramètre essentiel est la présence de champs magnétiques qui modifient fondamentalement la nature des écoulements turbulents.

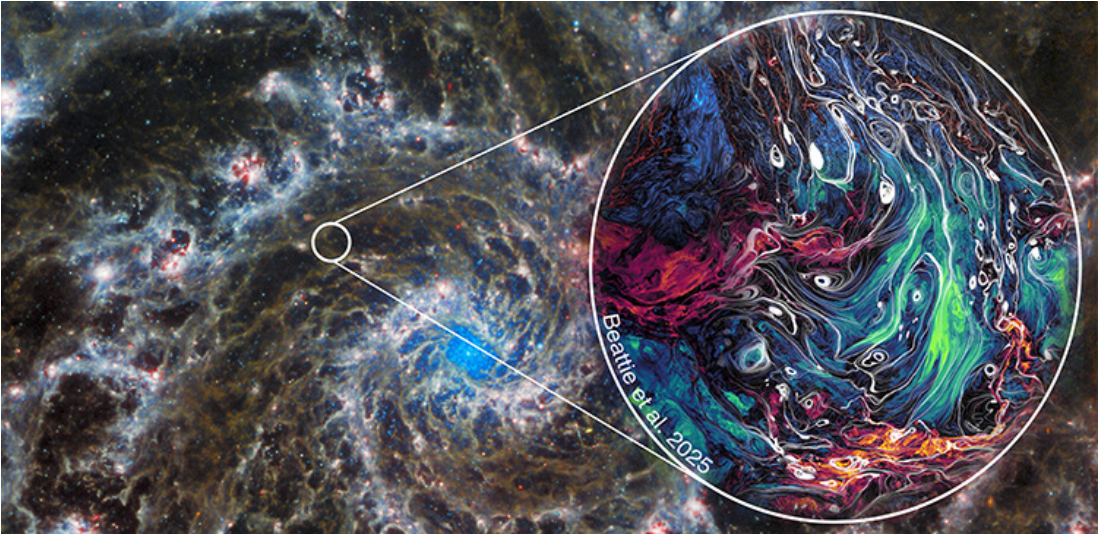
Les chercheurs ont développé un modèle informatique pour étudier, avec des détails sans précédent, le magnétisme et la turbulence dans le milieu interstellaire de la Voie lactée. Sa complexité nécessite la capacité de calcul du superordinateur SuperMUC-NG du Leibniz Supercomputing Centre en Allemagne.

Le modèle remet en question nos idées sur le fonctionnement de la turbulence dans les environnements astrophysiques magnétisés. Il devrait apporter de nouvelles connaissances sur le milieu interstellaire, le magnétisme de la Voie lactée dans son ensemble et des phénomènes tels que la formation des étoiles et la propagation des rayons cosmiques. C'est en effet la première fois que l'on peut étudier ces phénomènes à ce niveau de précision et à des échelles aussi différentes.

Bien que le vide de l'espace interstellaire soit bien plus extrême que ceux des expériences d'ultravide sur Terre, les mouvements des particules sont suffisants pour générer un champ magnétique. Et même si le champ magnétique galactique est des millions de fois

La « galaxie Fantôme » (M74), vue ici par le JWST, montre de fantastiques tourbillons. (ESA/Webb, NASA & CSA, J. Lee, PHANGS-JWST)





plus faible que celui d'un aimant de réfrigérateur, il n'en reste pas moins l'une des forces qui façonnent le cosmos.

Dans sa version la plus poussée, le modèle est composé d'un cube de 10 000 unités de côté, offrant un niveau de détail bien plus élevé que les modèles précédents. Outre sa haute résolution, le modèle est évolutif et peut simuler, dans sa plus grande dimension, un volume d'environ 30 années-lumière de côté ; dans sa plus petite dimension, il peut être réduit d'un facteur d'environ 5 000.

À son échelle maximale, le modèle peut améliorer notre compréhension du champ magnétique global de la Voie lactée. À échelle réduite, il aidera les astronomes à mieux comprendre des processus plus compacts, comme le vent qui s'échappe du Soleil et peut affecter fortement la Terre.

Le modèle offre également la possibilité de mieux comprendre la formation des étoiles. La pression magnétique s'oppose à la formation des étoiles en s'opposant à la gravité. Cet effet peut désormais être quantifié.

Une autre avancée significative concerne l'étude des changements dynamiques de la densité du milieu interstellaire – depuis un

Image de la galaxie Fantôme avec en médaillon une simulation à haute résolution de la turbulence galactique. Les lignes de champ magnétique sont représentées en blanc.

(ESA/Webb, NASA et ASC, J. Lee, PHANGS-JWST, J. Schmidt, J. Beattie)

vide incroyablement ténu jusqu'aux densités plus élevées trouvées dans les nébuleuses protostellaires.

La simulation peut être testée sur les données collectées à partir d'observations du système Soleil-Terre. Les chercheurs ont entrepris de vérifier si le modèle correspond aux données existantes sur le vent solaire et la Terre, et les résultats sont excellents. C'est très prometteur, car cela permet d'en apprendre davantage sur la météo spatiale.

De nouveaux instruments, comme le Square Kilometer Array, sont mis au point, avec la capacité de mesurer les fluctuations des champs magnétiques turbulents à travers la galaxie de manière très détaillée. Il est donc essentiel d'avoir des cadres théoriques précis pour interpréter la turbulence magnétique.

La naine blanche WD 0525+526

Basé sur un communiqué NASA

Le Soleil deviendra une naine blanche dans 5 milliards d'années, suivant le destin des étoiles dont la masse n'est pas suffisante pour exploser en supernova. En théorie, une naine blanche peut avoir une masse allant jusqu'à 1,4 fois celle du Soleil, mais des naines blanches ultra massives peuvent se former par l'évolution d'une étoile massive. Elles peuvent aussi provenir de la fusion d'une naine blanche avec une autre étoile. C'est un objet de ce type qu'a permis de découvrir le télescope spatial Hubble.

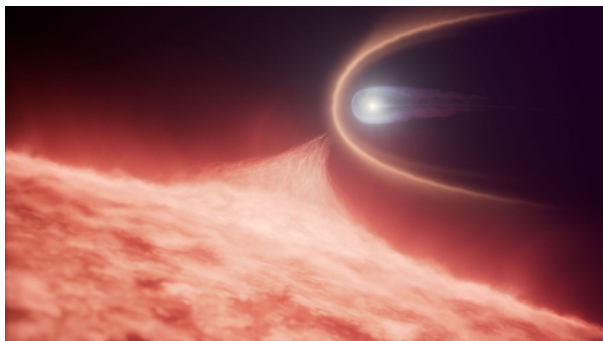
WD 0525+526 est située à 128 années-lumière. Son spectre ressemble à celui d'une naine blanche classique dans le domaine visible mais, dans l'ultraviolet, Hubble a révélé une anomalie : la présence de carbone.

Le carbone peut indiquer une origine plus violente que le scénario classique d'une étoile unique : la collision de deux naines blanches, ou celle d'une naine blanche avec une étoile sous-géante. Une telle collision peut détruire l'atmosphère d'hydrogène et d'hélium des étoiles, ne laissant derrière elle qu'une mince couche d'hydrogène et d'hélium et permettant au carbone du noyau d'être détecté.

Avant cette étude, six naines blanches issues de fusions avaient été découvertes grâce à la présence de raies de carbone dans leur spectre visible. La nouvelle identification provient de spectres ultraviolets. Une étude basée sur les données de Gaia indique que les sept naines font partie d'un groupe plus vaste, se caractérisant par une couleur qui semble trop bleue pour leur masse et leur âge.

WD 0525+526 est remarquable, même au sein du petit groupe de naines blanches issues de la fusion d'étoiles. Avec une température de près de 2000 K et une masse de 1,2 masse solaire, WD 0525+526 est plus chaude et plus massive que les autres naines blanches du groupe.

La température extrême de WD 0525+526 intriguait les chercheurs. Pour les naines



*Illustration d'une naine blanche fusionnant avec une géante rouge. Une onde de choc se forme lorsque la naine traverse l'atmosphère extérieure de l'étoile. Ce passage arrache les couches externes de la naine blanche, exposant un noyau de carbone.
(NASA, ESA, STScI, R. Crawford)*

blanches plus froides, comme les six autres provenant de fusions, un processus de convection peut mélanger du carbone à la fine atmosphère d'hydrogène et d'hélium. WD 0525+526 est cependant trop chaude pour que la convection ait lieu. Mais un processus plus subtil, de semi-convection, peut amener un peu de carbone dans l'atmosphère. WD 0525+526 présente 100 000 fois moins de carbone atmosphérique que les six autres naines blanches issues d'une fusion.

La température élevée et la faible abondance de carbone signifient qu'il aurait été impossible d'identifier cette naine blanche comme le produit d'une fusion sans la sensibilité de Hubble dans l'ultraviolet. Les raies spectrales des éléments plus lourds que l'hélium, comme le carbone, sont très faibles dans le domaine visible pour les naines blanches plus chaudes, mais elles restent brillantes dans l'ultraviolet, le domaine où Hubble excelle.

Étant donné que l'origine de WD 0525+526 n'a été révélée que par son spectre ultraviolet, il est probable que d'autres naines blanches apparemment normales soient en réalité le résultat de collisions cosmiques – une possibilité que les astronomes sont impatients d'explorer.

Amas stellaires ou galaxies naines ?

Basé sur un communiqué Université de Bonn

Ursa Major III, le satellite le plus faible de notre galaxie malgré une masse importante, a longtemps été considéré comme une galaxie naine composée essentiellement de matière noire. Cependant, une étude suggère qu'il pourrait s'agir d'un amas d'étoiles compact contenant des trous noirs.

Pour arriver à cette conclusion, les chercheurs se sont focalisés sur des corps célestes qui ne sont pas clairement classés comme amas d'étoiles ou galaxies naines. Ces objets orbitent autour de la Voie lactée à des distances dépassant 30 000 années-lumière. Bien qu'ils ressemblent extérieurement à des amas classiques, ils présentent des rapports masse/lumière exceptionnellement élevés, jusqu'à des milliers de fois ceux des galaxies naines typiques. Cette particularité avait conduit à l'hypothèse qu'ils contiennent de grandes quantités de matière noire.

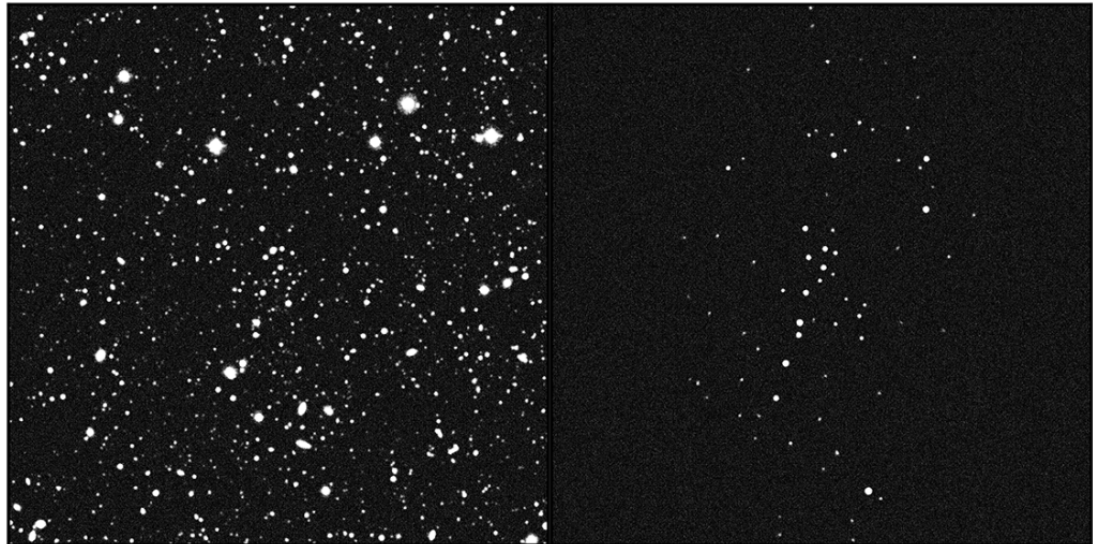
Pour tester cette idée, les chercheurs ont suivi l'évolution d'Ursa Major III en calculant

les interactions gravitationnelles de milliers d'étoiles. Ces simulations s'appuient sur les données d'observation les plus récentes, notamment le mouvement orbital et la composition chimique d'Ursa Major III. Les calculs suggèrent qu'Ursa Major III serait plutôt un amas d'étoiles compact maintenu par l'attraction d'un noyau de trous noirs et d'étoiles à neutrons et non par de la matière noire.

Des objets similaires sont aussi probablement des amas d'étoiles normaux. Les amas s'assombrissent lorsque des interactions gravitationnelles avec la Voie lactée, sur des milliards d'années, enlèvent les étoiles extérieures. Il ne reste qu'un noyau massif qui n'émet pas de lumière et que l'on peut interpréter à tort comme fait de matière noire.

Ursa Major III/UNIONS 1 est un système stellaire vieux et compact d'environ 60 étoiles. La dispersion de vitesses inhabituellement élevée indique une masse totale de plusieurs milliers de masses solaires de matière cachée.

***Les étoiles de l'amas ont été isolées du fond galactique sur l'image de droite.
(CFHT/UNIONS/S.Gwyn/S. Smith)***



Trou noir à croissance rapide

Basé sur un communiqué NASA/Chandra

Un trou noir a été découvert, qui connaît l'une des croissances les plus rapides jamais enregistrées. Cette découverte, faite par l'observatoire à rayons X Chandra de la NASA, pourrait expliquer que certains trous noirs atteignent rapidement des masses énormes après le Big Bang.

Le trou noir en question pèse un milliard de soleils et est vu tel qu'il était il y a 12,8 milliards d'années, soit seulement 920 millions d'années après la naissance de l'Univers. Il produit plus de rayons X que tout autre trou noir observé au cours du premier milliard d'années de l'Univers.

Bien que cette découverte ait été faite il y a deux ans*, il a fallu attendre les observations en rayons X de Chandra en 2023 pour découvrir que le trou noir du quasar RACS J0320-35 semble croître à un rythme qui dépasse la limite normale pour ces objets.

Lorsque la matière est attirée vers un trou noir, elle est chauffée et produit un rayonnement intense sur un large spectre, y compris

les rayons X et la lumière visible. Lorsque le taux de matière tombante atteint une valeur critique, la pression du rayonnement équilibre la gravité du trou noir et la matière ne peut normalement plus tomber. Ce maximum est appelé la limite d'Eddington.

Les trous noirs qui se développent plus lentement que la limite d'Eddington devraient naître avec une masse d'au moins 10 000 soleils pour pouvoir atteindre un milliard de masses solaires dans le milliard d'années qui suit le Big Bang, comme cela a été observé dans RACS J0320-35. Un trou noir avec une masse initiale aussi élevée pourrait résulter directement de l'effondrement d'un énorme nuage de gaz dense contenant des quantités inhabituellement faibles d'éléments plus lourds que l'hélium, des conditions qui peuvent être extrêmement rares.

Si RACS J0320-35 croît effectivement à un rythme élevé – estimé à 2,4 fois la limite d'Eddington – et ce depuis longtemps, son trou noir pourrait avoir vu le jour de manière plus conventionnelle, avec une masse inférieure à cent soleils, à la suite de l'implosion d'une étoile massive.

Pour déterminer la vitesse de croissance de ce trou noir (entre 300 et 3 000 soleils par an), les chercheurs ont comparé des modèles théoriques avec le spectre X de Chandra. La correspondance est parfaite avec des modèles d'un trou noir croissant plus rapidement que la limite d'Eddington. Les données provenant de la lumière optique et infrarouge corroborent également cette interprétation.

Cet objet pourrait aider à comprendre la formation de la première génération de trous noirs. La croissance rapide pourrait aussi contribuer à expliquer les jets relativistes de certains quasars.

* Le quasar avait été découvert précédemment dans le cadre d'une étude radiotélescopique utilisant l'Australian Square Kilometer Array Pathfinder, combinée à des données optiques provenant de la Dark Energy Camera, un instrument monté sur le télescope Victor M. Blanco de 4 mètres à l'observatoire interaméricain du Cerro Tololo au Chili. Le télescope Gemini-South situé à Cerro Pachon, au Chili, a été utilisé pour obtenir la distance exacte de RACS J0320-35.

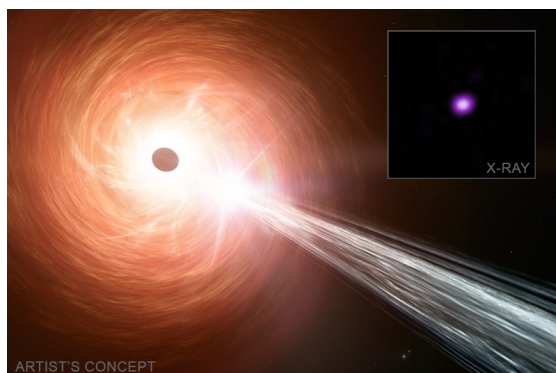


Image X du quasar et vue d'artiste.
(NASA/CXC/INAF-Brera/L. Ighina et al.; SAO/M. Weiss; SAO/N. Wolk)

M87**Basé sur un communiqué EHT*

La collaboration Event Horizon Telescope (EHT) a dévoilé de nouvelles images détaillées du trou noir supermassif au centre de la galaxie M87 – connu sous le nom de M87* – révélant un environnement dynamique avec des schémas de polarisation changeants à proximité du trou noir. De plus, les scientifiques ont découvert les premières signatures de l'émission du jet étendu près de la base du jet qui relie l'anneau autour de M87* dans les données EHT. Ces nouvelles observations apportent un nouvel éclairage sur le comportement de la matière et de l'énergie dans les environnements extrêmes qui entourent les trous noirs.

Situé à environ 55 millions d'années-lumière de la Terre, M87 abrite un trou noir supermassif dont la masse est plus de six milliards de fois supérieure à celle du Soleil. L'EHT, un réseau mondial de radiotélescopes faisant office d'observatoire terrestre, a capturé pour la première fois l'image emblématique de l'ombre du trou noir de M87 en 2019. Aujourd'hui, en comparant les observations de 2017, 2018 et 2021, les scientifiques franchissent une nouvelle étape dans la compréhension de l'évolution des champs magnétiques à proximité du trou noir.

Alors que la taille de l'anneau est restée constante au fil des ans – confirmant l'ombre

du trou noir prédite par la théorie d'Einstein –, le schéma de polarisation change significativement. Cela signifie que le plasma magnétisé, près de l'horizon des événements, est loin d'être statique ; il est dynamique et complexe, ce qui repousse les limites de nos modèles théoriques.

Entre 2017 et 2021, le schéma de polarisation a changé de direction. En 2017, les champs magnétiques semblaient spiraler dans un sens ; en 2018, ils se sont stabilisés et en 2021, ils se sont inversés. Certains de ces changements apparents dans le sens de rotation de la polarisation pourraient être influencés par une combinaison de la structure magnétique interne et d'effets externes, comme un écran de Faraday. Les effets cumulatifs de l'évolution de cette polarisation au fil du temps suggèrent un environnement évolutif et turbulent où les champs magnétiques jouent un rôle essentiel dans la régulation de la chute de matière dans

M87* vu par EHT en 2017, 2018 et 2021. Comme le montrent ces images, alors que les champs magnétiques de M87* semblaient spiraler dans une direction en 2017, ils se sont stabilisés en 2018 et ont inversé leur direction en 2021. Les effets cumulés de ce changement de polarisation au fil du temps suggèrent que M87* et son environnement sont en constante évolution. (Collaboration EHT)

2017 April 11

2018 April 21

2021 April 18

le trou noir et de la libération d'énergie vers l'extérieur.

Les jets comme celui de M87 jouent un rôle crucial dans l'évolution des galaxies en régulant la formation des étoiles et en distribuant l'énergie à de vastes échelles. Émettant sur l'ensemble du spectre électromagnétique – y compris les rayons gamma et les neutrinos – le puissant jet de M87 constitue un laboratoire unique pour étudier la formation et le lancement de ces phénomènes cosmiques. Cette nouvelle détection apporte une pièce essentielle du puzzle.

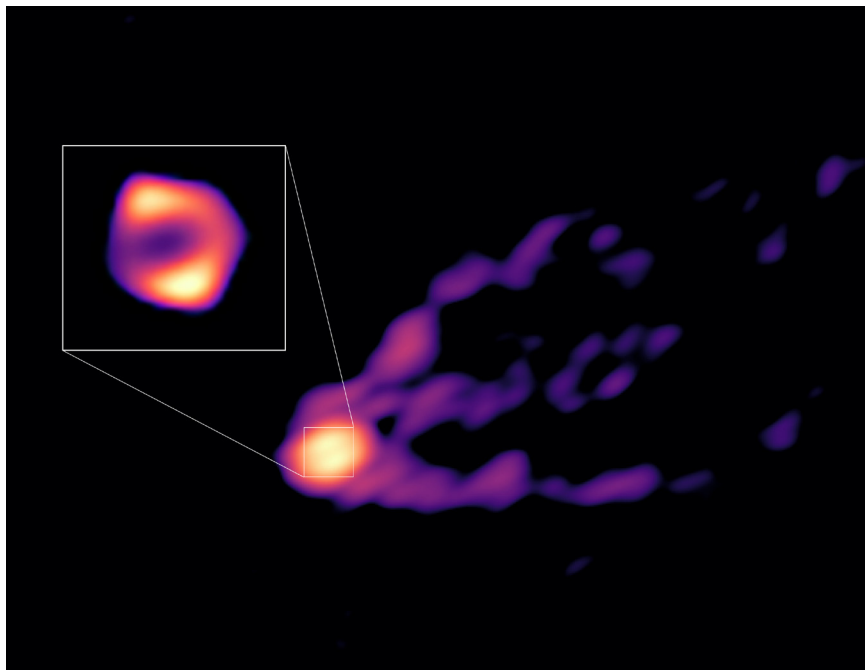
Le changement de polarisation était inattendu. Cela remet en question les modèles et montre que l'on ignore encore beaucoup de choses à proximité de l'horizon des événements.

Les observations de l'EHT de 2021 ont notamment bénéficié de deux nouveaux télescopes – Kitt Peak en Arizona et NOEMA en France – qui ont amélioré la sensibilité et la clarté des images du réseau. Cela a permis aux

scientifiques de contraindre, pour la première fois avec l'EHT, la direction d'émission de la base du jet relativiste de M87 – un faisceau étroit de particules énergétiques jaillissant du trou noir à une vitesse proche de celle de la lumière. Les améliorations apportées au télescope du Groenland et au télescope James Clerk Maxwell ont encore amélioré la qualité des données en 2021.

Première image montrant le jet et l'ombre du trou noir situé au centre de la galaxie M87. Les observations avaient été réalisées à l'aide des télescopes du réseau mondial VLBI millimétrique (GMVA), du réseau ALMA et du télescope du Groenland. Ces observations ont révélé que l'anneau du trou noir, visible ici dans l'encart, est 50 % plus grand que l'anneau observé à des longueurs d'onde radio plus courtes par l'EHT.

(ESO, Lu/SHAO), E. Ros/MPIfR, S. Dagnello/NRAO/AUI/NSF)



Planètes en formation autour de HD 135344B et V960 Mon

Basé sur un communiqué ESO

Le VLT de l'ESO a permis de découvrir les signes de la présence d'une planète en formation, en train de sculpter un motif complexe dans le disque protoplanétaire entourant l'étoile jeune HD 135344B.

La planète semble deux fois plus grosse que Jupiter et elle est aussi éloignée de son étoile que Neptune l'est du Soleil.

Les disques protoplanétaires présentent souvent des motifs complexes, tels que des anneaux, des lacunes ou des spirales. Les astronomes ont longtemps prédit que ces structures étaient causées par les « bébés » planètes, qui balaient de la matière lorsqu'ils orbitent autour de l'étoile. Jusqu'à présent, ils n'avaient pas encore pris l'un d'eux en flagrant délit.

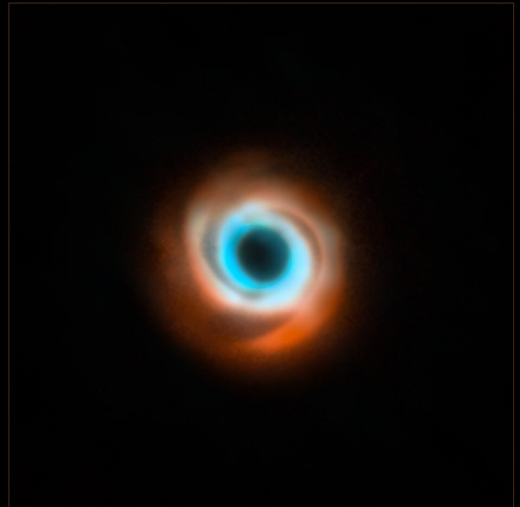
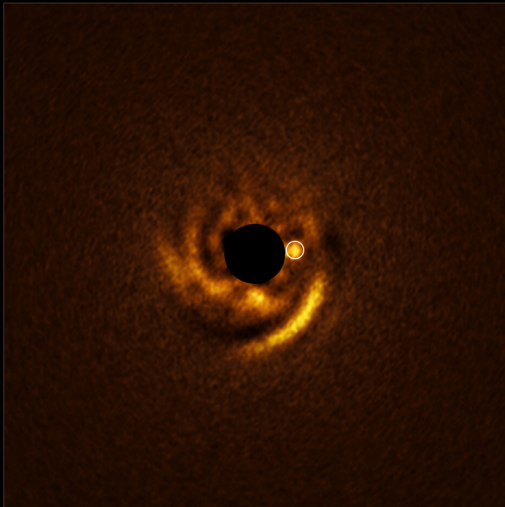
Dans le cas du disque de HD 135344B, des bras spiraux avaient été détectés par une autre équipe avec l'instrument SPHERE du VLT, mais rien ne permettait de prouver la formation d'une planète à l'intérieur du disque.

Les observations du nouvel instrument ERIS du VLT l'ont peut-être révélée. L'équipe a repéré la candidate à la base de l'un des bras spiraux du disque, exactement à l'endroit où la théorie avait prédit qu'ils trouveraient la planète responsable de la création d'un tel motif.

Une autre équipe a récemment utilisé l'instrument ERIS pour observer une autre étoile très jeune, V960 Mon, et elle pense lui avoir trouvé un compagnon. La nature exacte

L'image de gauche, prise avec le VLT montrerait une planète en train de naître autour de HD 135344B. L'image a été prise avec le nouvel instrument, ERIS. Le cercle noir central correspond à un coronographe – un dispositif qui bloque la lumière de l'étoile pour révéler des détails faibles autour d'elle. Le cercle blanc indique l'emplacement de la planète.

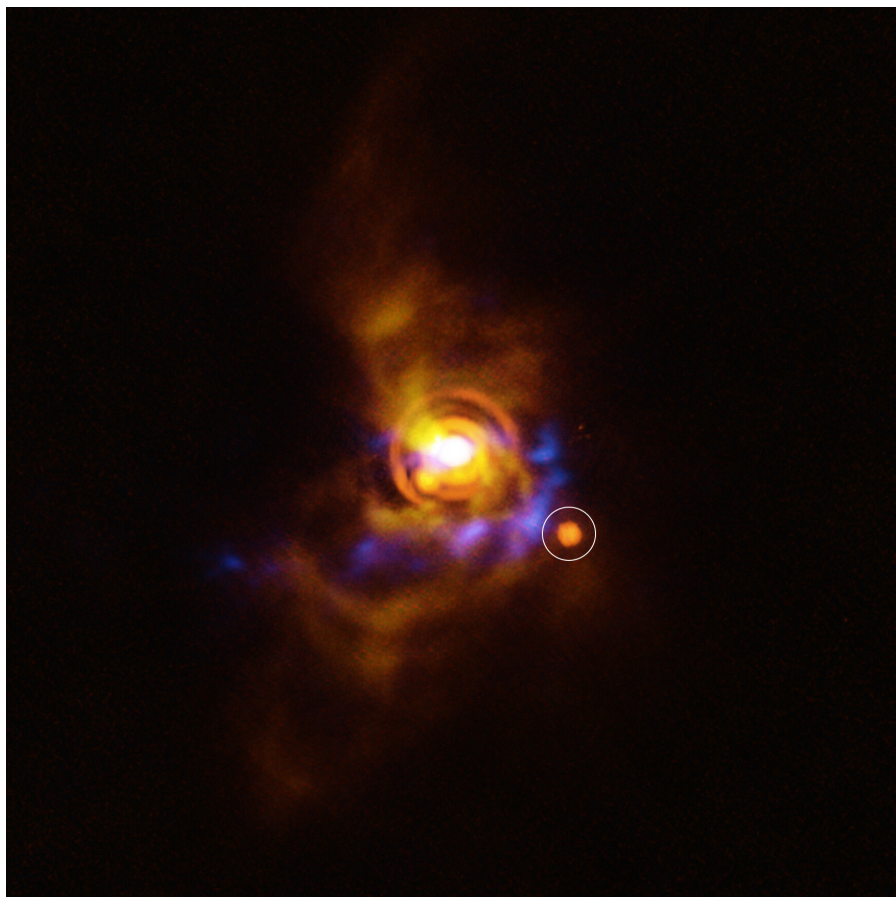
L'image de droite est une combinaison d'observations antérieures réalisées avec SPHERE et ALMA (orange et bleu). Ces études et d'autres études antérieures n'avaient pas trouvé de compagnon. (ESO/F. Maio et al./T. Stolker et al./ALMA; ESO/NAOJ/NRAO/N. van der Marel et al.)



de cet objet reste un mystère. Cette étude fait suite aux observations de V960 Mon réalisées il y a quelques années avec SPHERE et ALMA, observations qui avaient montré que la matière en orbite se présente sous la forme d'une série de bras spiraux complexes. Cette matière se fragmente par instabilité gravitationnelle, s'effondre et peut former des planètes ou des objets de plus grande taille comme des naines brunes.

Si cette hypothèse est confirmée, cet objet compagnon pourrait être la première détection claire d'une planète ou d'une naine brune se formant par instabilité gravitationnelle.

Image d'un probable compagnon en orbite autour de V960 Mon. L'étoile est entourée d'un disque aux caractéristiques complexes. Des analyses antérieures du disque ont montré qu'il contient des amas de matériaux instables qui pourraient s'effondrer pour former un objet compagnon. Le candidat découvert ici pourrait être soit une planète, soit une naine brune. L'objet candidat a été découvert avec ERIS. Les nouvelles données sont représentées ici en orange, superposées à des images plus anciennes du disque de poussière vues avec SPHERE (en jaune) et ALMA (en bleu). (ESO/A. Dasgupta/ALMA/ESO/NAOJ/NRAO/Weber et al).



Orbites inclinées

Basé sur un communiqué University of Texas

L'alignement de l'axe de rotation du Soleil avec celui des orbites planétaires laisse penser que, plus généralement, il en va de même pour les autres étoiles et leurs disques planétaires. C'est souvent le cas, mais il apparaît qu'un bon nombre d'étoiles semblables au Soleil naissent avec l'axe de rotation incliné par rapport au disque protoplanétaire.

La variété des orientations du « spin » des étoiles par rapport aux orbites de leurs planètes proches a longtemps laissé les astrophysiciens perplexes. Une explication communément admise de cette énigme était que les planètes et leurs soleils naissaient en alignement. Au fil du temps, les étoiles passagères ou compagnes tiraient sur les planètes du système

et déformaient leurs orbites. L'idée alternative était que ces orbites étaient héritées de leur processus de formation.

Les chercheurs ont utilisé des données provenant de l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), du Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) et de la mission Kepler (K2) pour mesurer l'obliquité étoile-disque dans un échantillon de 49 étoiles jeunes, isolées, accompagnées de leurs disques de formation.

Le résultat est qu'environ deux tiers des étoiles et des disques protoplanétaires se sont révélés alignés. La grande proportion de désalignements suggère un modèle simple pour l'origine des inclinaisons des systèmes planétaires : ils naissent comme cela.

Il n'est donc généralement plus nécessaire d'invoquer une multitude de dynamiques, d'interactions et d'événements de dispersion planétaire post-formation.

Cependant il existe des systèmes planétaires qui subissent des interactions importantes et ne peuvent être expliqués que par une dynamique complexe.

Le principe du rasoir d'Ockham, où le modèle le moins complexe finit par l'emporter, est bien vérifié pour le Système solaire qui s'intègre parfaitement dans l'éventail des obliquités stellaires primordiales.

*Illustration de disques diversement inclinés par rapport à un objet central.
(L. Biddle, UT Austin)*

