



# Astronomie dans le monde

## **Gros trou noir stellaire**

*Basé sur un communiqué ESO*

Les astronomes ont identifié un trou noir stellaire record dans la Voie lactée, avec une masse de 33 fois celle du Soleil.

Les trous noirs stellaires sont formés par l'effondrement d'étoiles massives. Ceux qui ont été identifiés jusqu'ici dans la Voie lactée sont en moyenne 10 fois plus massifs que le Soleil. Cygnus X-1, le deuxième trou noir stellaire le plus massif, n'atteint que 21 masses solaires.

Distant de 2 000 années-lumière dans la constellation de l'Aigle, le nouveau trou noir est le deuxième plus proche de nous. Baptisé Gaia BH3, il a été découvert en examinant les observations de Gaia. Pour confirmer cette

*Vue d'artiste d'une étoile massive en orbite autour d'un trou noir stellaire. La trajectoire orbitale de l'étoile est elliptique. Le trou noir n'est visible que sous la forme d'un contour circulaire rouge vers le bas de l'ellipse.  
(ESO/L. Calçada)*

découverte, la collaboration Gaia a utilisé des données provenant d'observatoires au sol, notamment du spectrographe UVES (Ultraviolet and Visual Echelle Spectrograph) du VLT de l'ESO, du spectrographe HERMES du télescope Mercator à La Palma et du spectrographe SOPHIE de l'observatoire de Haute-Provence.

Ces observations ont révélé des propriétés essentielles de l'étoile compagne qui, associées aux données de Gaia, ont permis aux

astronomes de mesurer avec précision la masse de BH3.

Les astronomes ont découvert des trous noirs de masse similaire en dehors de notre galaxie (en utilisant une méthode de détection différente) et ont émis la théorie qu'ils pourraient se former à partir de l'effondrement d'étoiles ne contenant que très peu d'éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium. On pense que ces étoiles pauvres en métaux perdent moins de masse au cours de leur vie et qu'il leur reste donc plus de matière pour produire des trous noirs de grande masse après leur mort. Mais jusqu'à présent, il n'existait pas de preuves établissant un lien direct entre les étoiles pauvres en métaux et les trous noirs de grande masse.

Les paires d'étoiles ont tendance à avoir des compositions similaires, ce qui signifie que le compagnon de BH3 contient des indices importants sur l'étoile qui s'est effondrée pour former ce trou noir exceptionnel. Les données UVES ont montré que le compagnon était une étoile très pauvre en métaux, ce qui indique que l'étoile qui s'est effondrée pour former BH3 était également pauvre en métaux, comme prévu.

*Cette vue d'artiste compare côte à côte trois trous noirs stellaires de notre galaxie : Gaia BH1, Cygnus X-1 et Gaia BH3, dont les masses sont respectivement de 10, 21 et 33 fois celle du Soleil. Gaia BH3 est le trou noir stellaire le plus massif découvert à ce jour dans la Voie lactée. Les rayons des trous noirs sont directement proportionnels à leur masse, mais il convient de préciser que les trous noirs eux-mêmes n'ont pas fait l'objet d'une imagerie directe. (ESO/M. Kornmesser)*



## ***Be et cannibalisme***

*Basé sur un communiqué GSU*

Les télescopes du réseau optique CHARA (Center for High Angular Resolution Astronomy) ont permis de détecter des étoiles ayant été cannibalisées par leurs compagnes. Les astronomes ont ainsi pu établir les orbites d'étoiles « sous-naines dénudées » tournant autour d'étoiles massives à rotation rapide, conduisant à une nouvelle compréhension de l'évolution des étoiles binaires serrées.

Les objets visés dans l'étude sont des étoiles B à raie d'émission, des « Be », relativement proches. Ce sont des étoiles à rotation rapide que l'on soupçonne abriter d'étranges compagnes en orbite.

On pense que les étoiles Be se forment en raison d'interactions intenses dans des binaires serrées. Les binaires sont très nombreuses, particulièrement parmi les étoiles plus massives que le Soleil. En vieillissant, les étoiles grossissent. Elles peuvent parfois atteindre un rayon comparable à leur séparation si celle-ci est petite.

Lorsque cela se produit, le gaz de l'étoile en croissance peut être happé par l'autre. Ce processus de cannibalisation finit par priver l'étoile donneuse de presque toute sa matière et il ne reste d'elle que le minuscule noyau chaud de son ancien centre de combustion nucléaire.

Les astronomes ont prédit que le flux de transfert de masse ferait tourner l'étoile compagne et la transformerait en un rotateur très rapide. Certaines des étoiles à la rotation la plus rapide sont ces étoiles Be. Elles tournent si rapidement qu'une partie de leur gaz est projetée hors de leurs zones équatoriales pour former un anneau en orbite.

Jusqu'à présent, cette étape prévue dans la vie de paires binaires proches a échappé à l'observation parce que les séparations entre les étoiles sont trop petites pour être vues avec des télescopes conventionnels et parce que les cadavres stellaires dépouillés sont masqués par l'éclat de leurs brillants compagnons. Cependant, les télescopes du réseau CHARA ont offert aux chercheurs les moyens de trouver les étoiles dénudées.

CHARA utilise six télescopes soigneusement répartis au sommet du mont Wilson pour agir comme un énorme télescope unique de 330 mètres de diamètre. Cela donne aux astronomes la possibilité de séparer la lumière de paires d'étoiles même avec de très petites séparations angulaires.

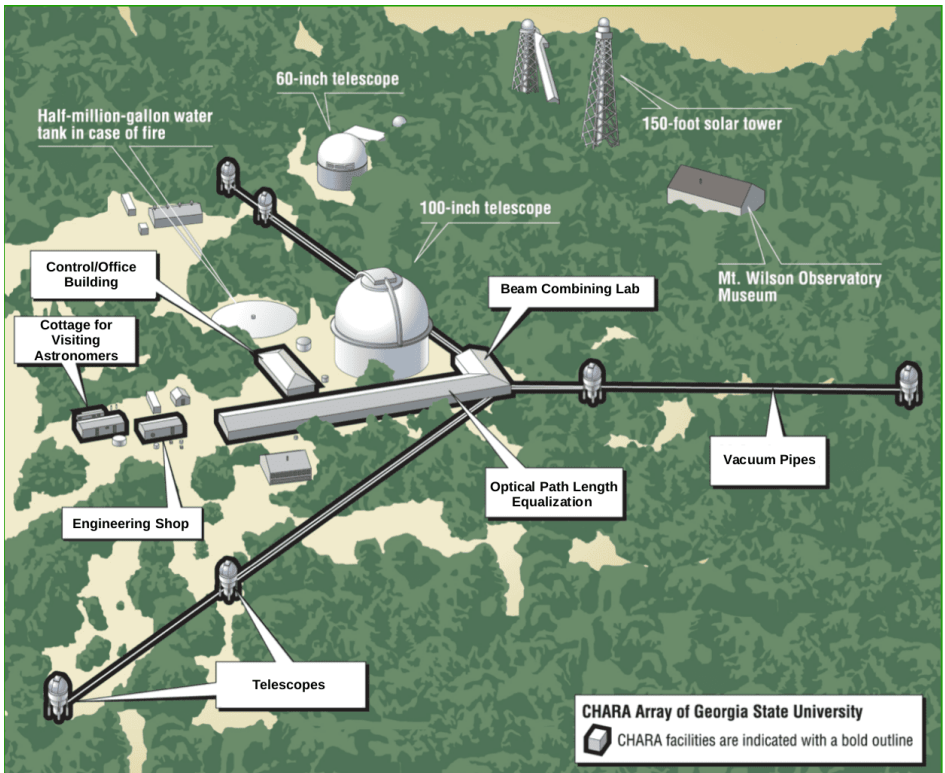
Les chercheurs voulaient déterminer si les étoiles Be avaient été mises en rotation par transfert de masse et si des compagnes en

orbite avaient été cannibalisées. Ce travail a rapidement porté ses fruits et ils ont découvert la faible lumière de compagnons dépouillés dans neuf des 37 étoiles Be surveillées. En se concentrant sur sept de ces cibles ils ont pu déterminer le mouvement orbital autour de l'étoile Be.

Connaître les orbites est important car cela permet de déterminer la masses des paires d'étoiles. Les mesures indiquent que les étoiles dénudées ont presque tout perdu. Dans le cas de l'étoile HR2142, l'étoile dénudée est probablement passée d'une masse de 10 fois celle du Soleil à environ une masse solaire.

Des étoiles dénudées n'ont pas été détectées autour de chaque étoile Be, et les chercheurs pensent que dans certains de ces cas, le cadavre s'est transformé en une minuscule naine blanche, trop faible pour être détectée,

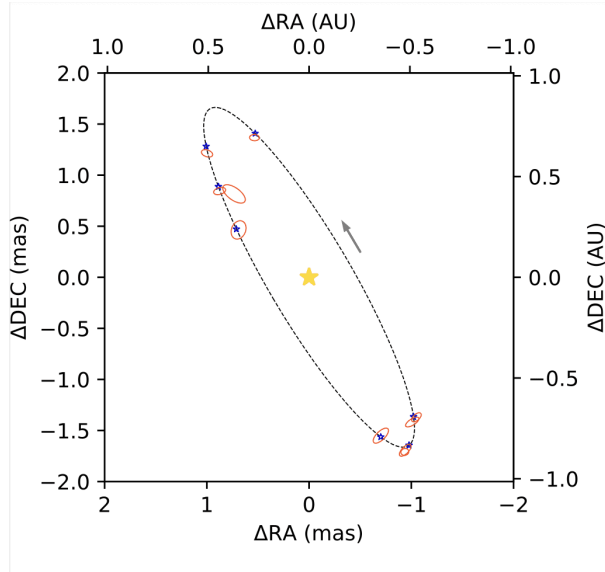
*Les six télescopes CHARA sont disposés en forme de Y offrant 15 lignes de base allant de 34 à 331 mètres de longueur et jusqu'à 10 triangles de phase de fermeture possibles.  
(GSU)*



même avec CHARA. Dans d'autres cas, il se peut que l'interaction ait été si intense que les étoiles ont fusionné pour devenir une seule étoile à rotation rapide.

L'utilisation de la résolution angulaire exceptionnelle et de la plage dynamique élevée du réseau a ainsi permis de répondre à des questions sur la formation et l'évolution des étoiles auxquelles il n'avait jamais été possible de répondre.

Les astronomes poursuivent la recherche d'étoiles dénudées autour d'étoiles Be dans le ciel austral en utilisant l'interféromètre du VLT de l'ESO. Ils travaillent également avec le télescope spatial Hubble. Parce que ces cadavres sont chauds, ils sont relativement plus brillants dans les longueurs d'onde ultraviolettes qui ne peuvent être observées qu'avec le télescope spatial Hubble.



▲ Mesures par le réseau CHARA (ellipses rouges) du mouvement de l'étoile dénudée qui orbite autour de l'étoile Be HR2142 (en jaune) tous les 81 jours. L'ellipse en pointillés donne les positions calculées du compagnon dépouillé au moment des observations. L'orbite est circulaire, mais apparaît elliptique car elle est inclinée par rapport au plan du ciel. Les axes montrent la séparation apparente en unités astronomiques (AU, la distance moyenne Terre-Soleil), ainsi qu'en milliarcsecondes (mas). À titre de comparaison, la pleine Lune dans le ciel a un diamètre angulaire d'environ 2 millions de milliarcsecondes. (R. Klement et al)



◀ La lumière des télescope passe dans des tubes vidés d'air pour rejoindre le laboratoire avec les détecteurs. (GSU)

## ***Futurs trous noirs supermassifs***

*Basé sur un communiqué ISTA*

L'identification d'une série de petits points rouges découverts par le télescope spatial James Webb pourrait constituer une avancée aussi importante qu'inattendue. Ces objets étaient impossibles à distinguer de galaxies normales pour les yeux de l'ancien télescope spatial Hubble.

Le JWST a permis de déterminer que ces objets très lointains sont des versions miniatures de trous noirs extrêmement massifs, une découverte qui pourrait nous rapprocher de la réponse à l'une des plus grandes énigmes de l'astronomie : certains trous noirs supermassifs de l'Univers primitif semblent s'être développés bien trop vite. Comment se sont-ils formés ?

Les scientifiques ont longtemps considéré les trous noirs comme une curiosité mathématique jusqu'à ce que leur existence devienne

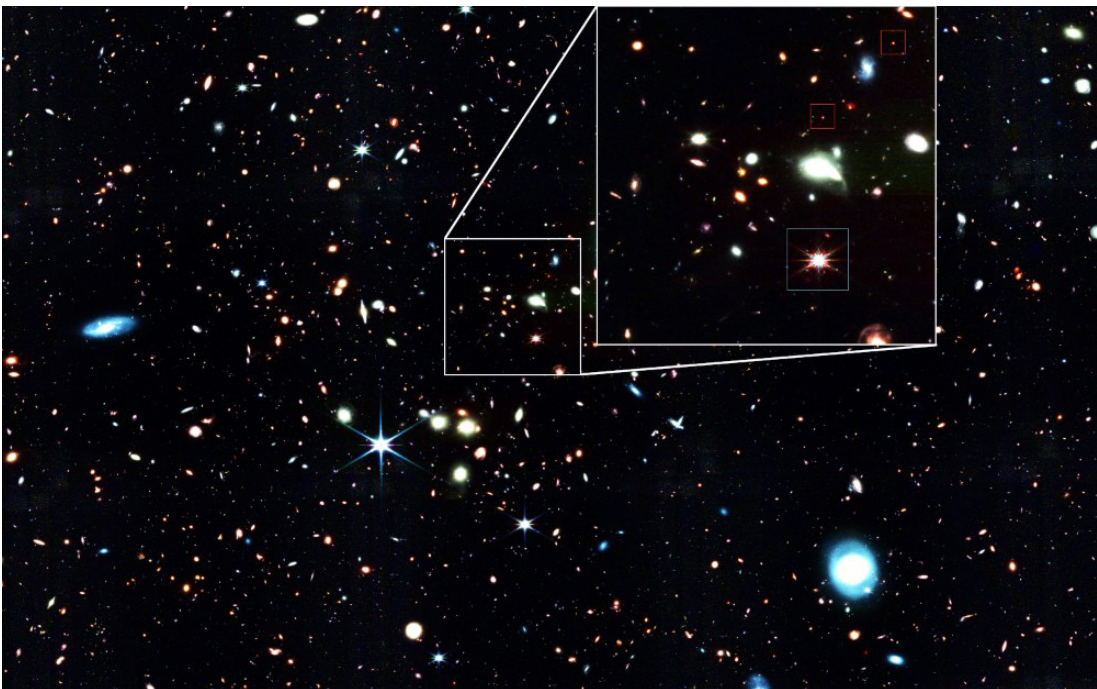
***Quasar géant et « petits points rouges ».***

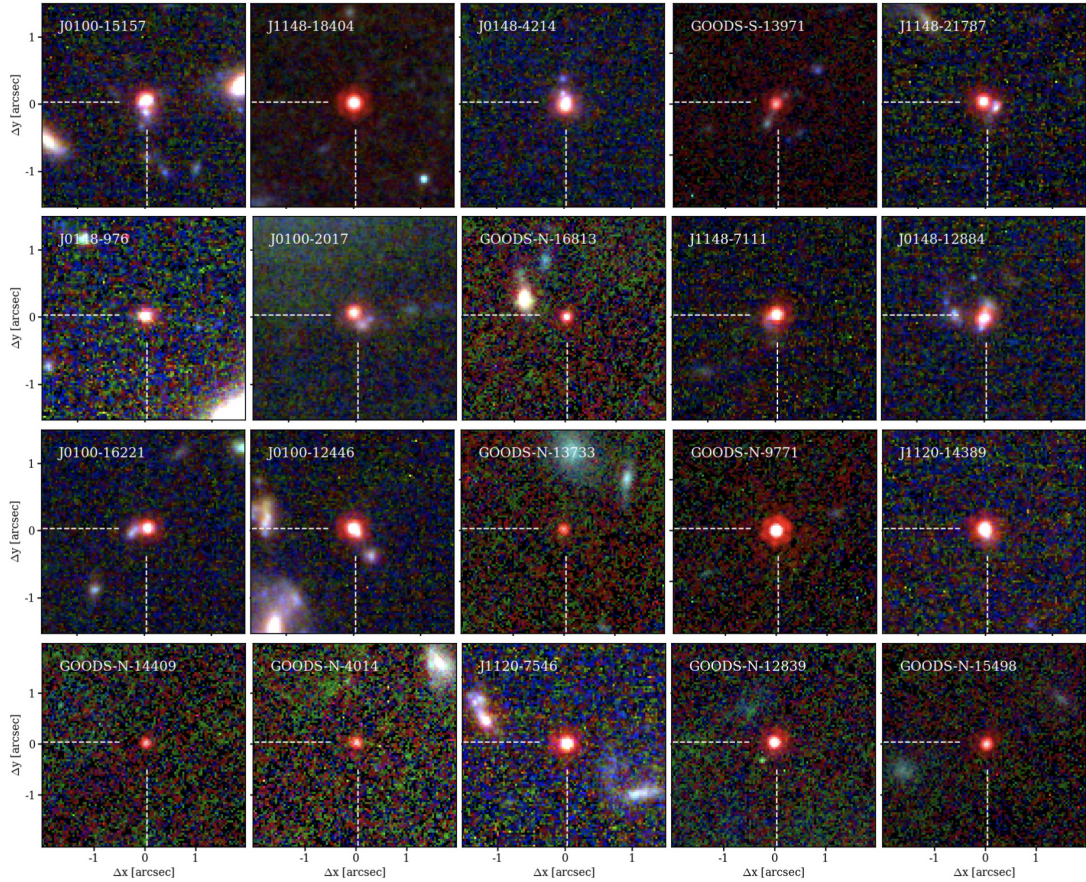
***On peut voir dans le carré central :***

***- Une image du quasar lumineux J1148+5251, un trou noir supermassif actif extrêmement rare de 10 milliards de masses solaires (boîte bleue).***

***- Deux « bébés quasars » (encadrés rouges) apparaissant comme des points rouges.***

***L'image a été obtenue avec le télescope spatial JWST dans le cadre du projet EIGER (Emission-line galaxies and Intergalactic Gas in the Epoch of Reionization), conçu pour étudier spécifiquement les rares quasars supermassifs bleus et leur environnement. (NASA, ESA, CSA, J. Matthee/ISTA), R. Mackenzie/ETH Zurich) D. Kashino/ (National Observatory of Japan, S. Lilly/ETH Zurich)***





de plus en plus évidente. Ces oubliettes cosmiques ont une gravité si intense que rien ne peut en échapper : ils aspirent tout, gaz, poussières, planètes, étoiles, et déforment l'espace et le temps de telle sorte que même la lumière y reste prisonnière. La théorie de la relativité générale prédit que les trous noirs peuvent avoir n'importe quelle masse. Les trous noirs supermassifs (SMBH), peuvent atteindre des milliards de fois la masse du Soleil. Les astrophysiciens s'accordent sur le fait qu'il existe un SMBH au centre de presque toutes les grandes galaxies. La nôtre en contient un, Sagittarius A\*, de plus de quatre millions de masses solaires.

*Images JWST de « petits points rouges » situés à des redshifts de 4,2 à 5,5. Des galaxies hôtes bleues peuvent être distinguées dans quelques cas, (J. Matthee et al, 2024)*

Tous les SMBH ne sont pas identiques. Alors que Sagittaire A\* pourrait être comparé à un volcan endormi, certains SMBH, les « quasars », se développent extrêmement rapidement en engloutissant des quantités astronomiques de matière. Ainsi, ils deviennent si lumineux qu'ils peuvent être observés jusqu'aux confins de l'Univers. Ces SMBH comptent parmi les objets les plus brillants de l'Univers. Les chercheurs ont constaté que

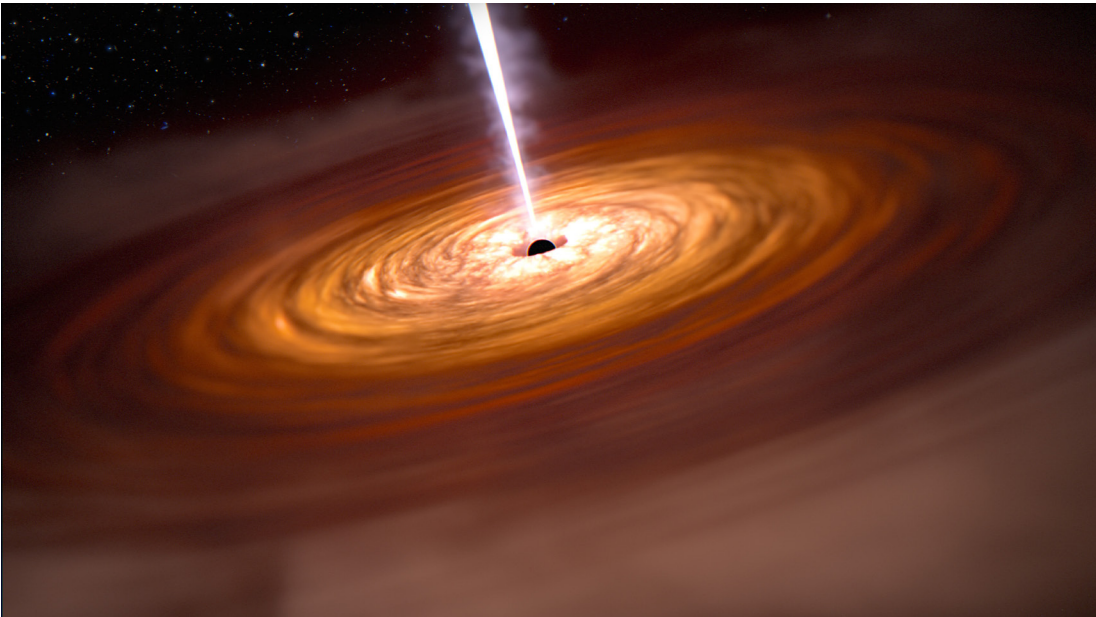
certains d'entre eux – les quasars « problématiques » – semblent trop massifs compte tenu de l'âge cosmique auquel ils sont observés. S'ils proviennent de l'explosion d'étoiles massives, leur taux de croissance maximal prédit par les lois générales de la physique ne permet pas d'atteindre aussi vite des masses extrêmes. Pourraient-ils croître plus vite que nous le pensons, ou se sont-ils formés différemment ?

La découverte par le JWST de SMBH pas trop massifs est ainsi d'un grand intérêt. La détection de raies d'émission spectrales  $H\alpha$  avec des profils larges a été essentielle pour déterminer que ces objets sont des SMBH. La largeur des raies traduit les mouvements des atomes. Plus elle est grande et plus la vitesse du gaz est élevée. Dans le cas des « petits points rouges », les spectres indiquent des mouvements rapides d'un petit nuage autour d'un objet de grande masse, comme un SMBH. Il ne s'agit pas cependant des énormes SMBH comme ceux qui posent un problème d'évolution. Ces derniers sont bleus, extrêmement brillants et atteignent des milliards de fois la masse du Soleil, les petits points rouges

ressemblent davantage à des « bébés quasars » avec des masses comprises entre dix et cent millions de masses solaires. Ils apparaissent rouges parce qu'ils sont poussiéreux. À terme le cocon de poussière sera percé et des géants évolueront à partir de ces petits points rouges. Ainsi, les astronomes suggèrent que les petits points rouges deviendront des SMBH bleus géants préfigurant les quasars problématiques. L'étude détaillée des versions miniatures devrait permettre de mieux comprendre comment se développent les quasars problématiques.

Ce travail est basé sur les données acquises par les collaborations EIGER (Emission-line galaxies and Intergalactic Gas in the Epoch of Reionization) et FRESCO (First Reionization Epoch Spectroscopically Complete Observations).

*Vue d'artiste d'un trou noir supermassif lointain.  
(NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted/STScI)*



## *LyC leakers*

*Basé sur un communiqué IUGA*

La grande sensibilité dans l’ultraviolet du télescope UVIT embarqué sur le satellite AstroSat a permis de détecter des photons ionisants provenant de dix galaxies dites « Lyman Continuum Leakers », ou LyC leakers.

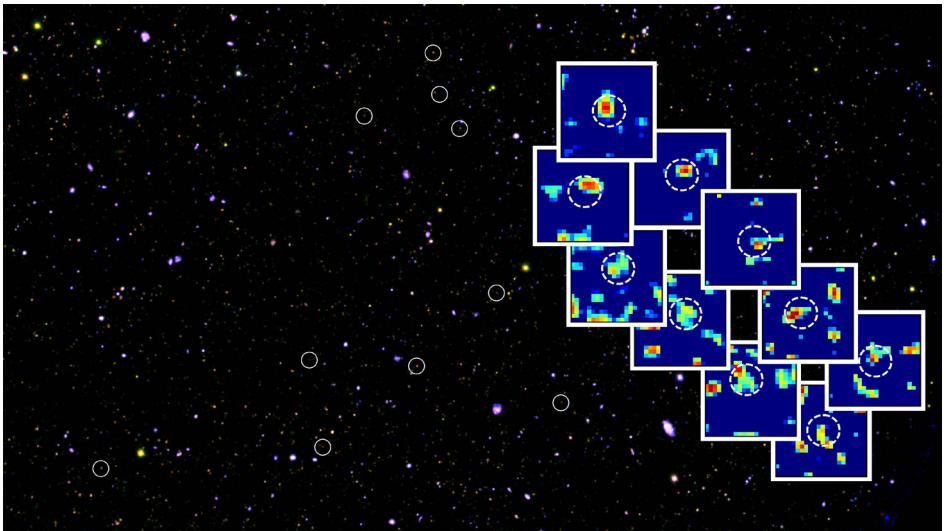
Pendant le premier milliard d’années suivant le Big Bang, l’Univers a connu une transition majeure – la réionisation – durant laquelle les atomes d’hydrogène ont été dissociés en protons et en électrons. Ils étaient soumis à un rayonnement UV de longueur d’onde inférieure à 911 Å, c’est-à-dire d’énergie supérieure à 13,6 eV, la limite d’ionisation de l’hydrogène. Ce rayonnement est connu sous le nom d’émission du continu de Lyman. Comprendre la réionisation cosmique et identifier les sources responsables de ce processus sont des problèmes majeurs en astronomie.

L’émission du continu de Lyman est facilement absorbée ou dispersée par le gaz inter- ou circumstellaire, ou inter- ou circumgalactique. Découvrir les photons qui réussissent à franchir ce filtre est un événement significatif en astrophysique. Grâce à la résolution et à la sensibilité d’UVIT, les

chercheurs ont pu créer une image ultraviolette profonde d’un champ bien connu, le GOODS-North field (Great Observatories Origins Deep Survey-North). Ce champ, centré sur le « Hubble Deep Field North » (12h36 m55 s, +62°14’15”) a été observé en profondeur dans de nombreuses gammes de rayonnement par les plus puissants télescopes dans l’espace comme au sol. Les observations d’UVIT viennent combler une lacune dans le spectre ultraviolet.

Les astronomes ont détecté 10 galaxies LyC leakers, le premier échantillon cohérent appartenant à l’époque où la formation stellaire était la plus intense. Avec des redshifts de 1,1 à 1,6, ces photons LyC ont des longueurs d’onde tombant dans le régime ultraviolet extrême – les plus courtes longueurs d’onde ultraviolettes avec laquelle une galaxie a été imagée jusqu’à présent. Ces galaxies lointaines, situées à environ 8 à 9 milliards d’années-lumière de la Terre, présentent des taux de formation d’étoiles intenses, certaines d’entre elles formant des étoiles massives à un rythme 100 fois supérieur à celui de la Voie lactée.

*Les dix galaxies LyC leakers découvertes en ultraviolet par AstroSat.  
(IUGA, S. Dhiwar et al, 2024)*



## ***Des métaux déposés sur WD 0816-310***

*Basé sur un communiqué ESO*

Les astronomes ont déjà observé de nombreuses naines blanches polluées par des métaux dispersés à leur surface. Ces métaux proviennent de planètes ou d'astéroïdes disloqués qui s'approchent trop près de l'étoile, en suivant des orbites semblables à celles des comètes du Système solaire. Ainsi, lorsqu'une étoile comme le Soleil arrive en fin de vie, elle peut absorber les planètes et les astéroïdes qui l'entourent et qui sont nés avec elle.

Grâce au VLT de l'ESO, les chercheurs ont découvert pour la première fois une signature unique de ce processus à la surface de la naine blanche WD 0816-310, vestige compact d'une étoile qui était un peu plus grande que le Soleil avant de s'effondrer.

Les astronomes ont remarqué que la signature spectrale des métaux changeait au fur et à mesure que l'étoile tournait, ce qui suggère que les métaux sont concentrés en une zone spécifique de la surface de la naine blanche, plutôt qu'uniformément répartis sur celle-ci. Ils ont également constaté que ces changements étaient synchronisés avec les

variations du champ magnétique de l'étoile, ce qui indique que la concentration est située sur un pôle magnétique. Ces indices indiquent que c'est le champ magnétique qui a capturé des métaux en les concentrant en un endroit.

Ces métaux proviennent d'un fragment planétaire aussi grand, voire plus grand, que Vesta qui, avec 500 kilomètres de diamètre, est le deuxième plus grand astéroïde du Système solaire. Les chercheurs pensent que la matière volatilisée a été ionisée et guidée vers les pôles magnétiques par le champ magnétique de la naine blanche. Ce processus présente des similitudes avec la formation des aurores sur Terre et sur Jupiter.

Pour parvenir à ces conclusions, l'équipe a utilisé le spectrographe FORS2 du VLT, qui a permis de détecter les métaux et de les relier au champ magnétique de l'étoile. Elle s'est également appuyée sur les données d'archives de l'instrument X-shooter du VLT pour confirmer les résultats.

En exploitant la puissance de ce type d'observations, les astronomes peuvent révéler la composition des exoplanètes, L'étude montre également que les systèmes planétaires peuvent rester dynamiques, même après leur mort.



*Vue d'artiste de la naine blanche magnétique WD 0816-310, à la surface de laquelle les astronomes ont découvert une cicatrice due à l'ingestion de débris planétaires. Lorsque des objets tels que des planètes ou des astéroïdes s'approchent de la naine blanche, ils sont disloqués et forment un disque de débris autour de l'étoile morte. Une partie de ces débris peut être dévorée par la naine, laissant des traces de certains éléments chimiques à sa surface. (ESO/L. Calçada)*

## ***La galaxie lointaine Gz9p3***

*Basé sur un communiqué University of Melbourne*

Les images détaillées de l'une des premières galaxies, Gz9p3, montrent que la croissance de ces objets au début de l'Univers a été beaucoup plus rapide qu'on ne le pensait.

Son nom vient de la collaboration Glass (le nom de l'équipe de chercheurs) et du fait que la galaxie se trouve à un redshift de  $z=9,3$ .

Il y a quelques années à peine, Gz9p3 n'était qu'un point pour le télescope spatial Hubble. Mais en utilisant son successeur, le JWST, les astronomes ont pu résoudre cet objet et le voir tel qu'il était 510 millions d'années après le Big Bang, soit il y a environ 13 milliards d'années. Il est de loin l'objet le plus massif confirmé de cette époque. On estime que sa masse est dix fois supérieure à celle de toute autre galaxie trouvée dans l'Univers de cette époque.

Ces résultats suggèrent que, pour que la galaxie atteigne cette taille, les étoiles doivent s'être développées beaucoup plus rapidement et efficacement qu'on ne le pensait généralement. Non seulement Gz9p3 est massive, mais sa forme complexe l'identifie immédiatement comme l'une des premières fusions de galaxies jamais observées.

L'image JWST montre une morphologie généralement associée à deux galaxies en interaction. Et la fusion n'est pas terminée car nous voyons encore deux composantes.

Les images d'objets aussi éloignés ne montrent que des étoiles très jeunes, car ce sont les plus brillantes. Par exemple, la population issue de la fusion galactique, âgée de moins de quelques millions d'années, éclipse une population plus ancienne, déjà âgée de plus de 100 millions d'années.

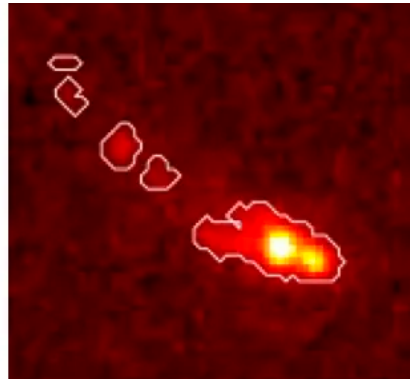
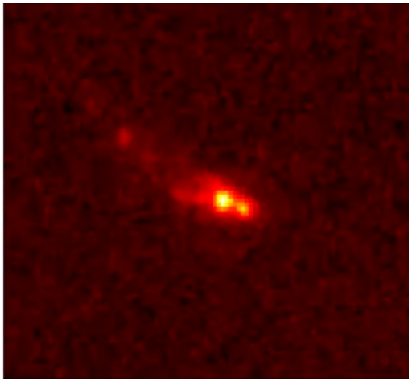
L'analyse spectroscopique détaillée permet de distinguer les deux populations. La détection d'éléments spécifiques (notamment le silicium, le carbone et le fer) révèle la présence d'une population qui a pu enrichir le milieu galactique.

Ces observations fournissent la preuve d'une accumulation rapide et efficace d'étoiles et de métaux immédiatement après le Big Bang, liée aux fusions de galaxies, démontrant que des galaxies de plusieurs milliards d'étoiles ont existé très tôt.

Les galaxies isolées construisent leur population d'étoiles in situ à partir de leurs réservoirs de gaz limités, mais c'est un processus lent. Les interactions entre les galaxies peuvent attirer de nouveaux afflux de gaz, fournissant le carburant nécessaire à la formation rapide d'étoiles.

***Image JWST de Gz9p3, la plus brillante collision de galaxies connue au cours des 500 premiers millions d'années de l'Univers. On distingue le noyau double et la structure grumeleuse allongée produite par la fusion de galaxies.***

*(K. Boyett et al.)*



## ***Une étoile très vieille dans le Grand Nuage de Magellan***

*Basé sur un communiqué University of Chicago*

Le Big Bang n'a formé directement que de l'hydrogène, de l'hélium et un tout petit peu de lithium. L'éventail d'éléments présents actuellement dans l'Univers est le résultat des transformations opérées par les générations successives d'étoiles. La première génération d'étoiles – que les astronomes appellent population III – a commencé à fusionner l'hydrogène et l'hélium en noyaux plus lourds. On pense que ces étoiles étaient très massives et qu'elles explosaient en mourant. Elles disséminaient ainsi ces nouveaux éléments à travers l'Univers. La plupart des étoiles de l'Univers, y compris le Soleil, sont le résultat de dizaines, voire de milliers de générations, accumulant à chaque fois de plus en plus d'éléments lourds.

La composition chimique des étoiles témoigne de celle du nuage de gaz où elles sont nées. Trouver une très vieille étoile et obtenir sa composition chimique, permet ainsi de comprendre à quoi ressemblait la composition chimique de l'Univers là où cette étoile s'est formée, il y a des milliards d'années.

On n'a pas encore observé d'étoile de première génération, Même la deuxième génération d'étoiles est très ancienne et rare. Peut-être que moins d'une étoile sur 100 000 dans la Voie lactée fait partie de la deuxième génération. Les astronomes ont annoncé la découverte d'une de ces très rares étoiles dans le Grand Nuage de Magellan. Elle offre une fenêtre unique sur le tout premier processus de formation d'éléments dans des galaxies autres que la nôtre. Le Grand Nuage de Magellan est probablement une galaxie capturée par la gravité de la Voie lactée il y a quelques milliards d'années seulement. Cela le rend particu-

lièrement intéressant car ses vieilles étoiles se sont formées loin de la Voie lactée, ce qui donne aux astronomes l'occasion de savoir si les conditions dans l'Univers primitif étaient partout identiques.

La recherche d'étoiles particulièrement anciennes dans le Grand Nuage de Magellan a été effectuée avec le satellite Gaia puis avec le télescope Magellan au Chili. Les scientifiques en ont retenu dix, et l'une d'elles est immédiatement apparue comme une bizarrerie. Elle contenait beaucoup moins d'éléments lourds que toute autre étoile déjà vue dans le Grand Nuage de Magellan. Cela signifie qu'elle s'est probablement formée dans le sillage de la première génération d'étoiles – elle n'avait pas encore accumulé d'éléments lourds après de multiples générations stellaires.

Les scientifiques ont été surpris de constater qu'elle contenait relativement très peu de carbone par rapport au fer, comparé à ce que nous voyons dans les étoiles de la Voie lactée.

Cela suggère que l'augmentation du carbone par la première génération n'est pas comparable dans le Grand Nuage et dans la Voie lactée. Il existerait donc des différences d'enrichissement d'un endroit à l'autre de l'Univers.

En outre, les observations ont corroboré d'autres études suggérant que le Grand Nuage de Magellan produisait beaucoup moins d'étoiles au début que la Voie lactée.

***Les télescopes Magellan et le Grand Nuage du même nom.  
(Carnegie Institution for Science)***



## HD 148937

Basé sur un communiqué ESO

Le système, HD 148937, distant de 3 800 années-lumière dans la constellation de Norma, est composé de deux étoiles beaucoup plus massives que le Soleil et entourées d'une magnifique nébuleuse – une rareté pour des étoiles massives.

L'étoile la plus massive semble plus jeune d'un million et demi d'années que sa compagne, ce qui n'est pas logique puisqu'elles auraient dû se former en même temps. Quelque chose a dû la rajeunir.

Un indice est fourni par la nébuleuse (NGC 6164/6165). Elle est âgée de 7 500 ans, soit des centaines de fois plus jeune que les deux étoiles. La nébuleuse présente de très grandes quantités d'azote, de carbone et d'oxygène, ce qui est surprenant, car ces éléments sont normalement attendus à l'intérieur d'une étoile, et non à l'extérieur ; c'est comme si un événement violent les avait libérés.

Pour élucider ce mystère, les chercheurs ont rassemblé neuf années de données provenant des instruments PIONIER et GRAVITY, tous deux installés sur l'interféromètre VLTI de l'ESO. Ils ont également utilisé des données d'archives de l'instrument FEROS de l'observatoire de La Silla de l'ESO.

*Trois vues d'artiste illustrant l'événement violent qui a changé le destin du système stellaire HD 148937. Le dernier panneau présente une vraie image prise au VLTS de l'ESO (voir couverture), le système avait au moins trois étoiles (panneau en haut à gauche). Deux d'entre elles ont fusionné (en haut à droite). Cet événement violent a créé une nouvelle étoile, plus grosse et magnétique, désormais en couple avec la plus éloignée (en bas à gauche). La fusion a également permis de libérer les matériaux qui ont créé la spectaculaire nébuleuse qui entoure désormais les étoiles (en bas à droite).*  
(ESO/L. Calçada, VPHAS+ team ; CASU)

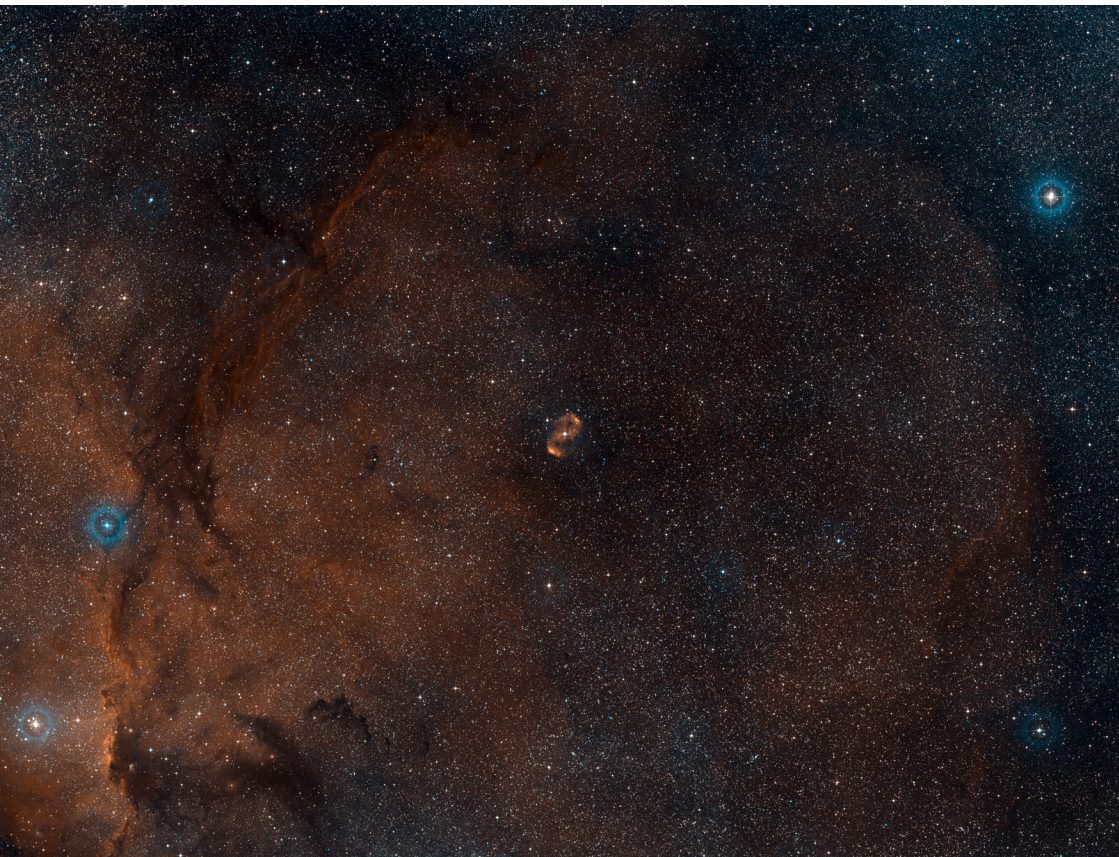


Il semble que le système comptait initialement trois étoiles, voire plus. Deux d'entre elles, très proches, ont fusionné de manière violente, créant une étoile magnétique et rejetant de la matière, ce qui a donné naissance à la nébuleuse. Ce scénario explique pourquoi l'une des étoiles du système est magnétique alors que l'autre ne l'est pas. En même temps, il contribue à résoudre un mystère de longue date en astronomie : comment les étoiles massives obtiennent leurs champs magnétiques.

Si les champs magnétiques sont une caractéristique commune des étoiles de faible masse comme le Soleil, les étoiles plus massives ne peuvent pas maintenir des champs magnétiques de la même manière. Pourtant,

certaines étoiles massives sont bel et bien magnétiques. Les astronomes soupçonnaient depuis un certain temps qu'elles pouvaient acquérir des champs magnétiques lors de la fusion de deux étoiles, mais c'est la première fois que l'on a une preuve directe de ce phénomène. Dans le cas de HD 148937, la fusion a dû se produire récemment. Le magnétisme dans les étoiles massives ne devrait pas durer très longtemps par rapport à la durée de vie de l'étoile, il semble donc que cet événement rare a été observé très peu de temps après qu'il se soit produit.

*Champ de NGC 6164/6165. Composite d'images du Digitized Sky Survey 2, (ESO/DDSS 2 ; D. De Martin)*



## **DESI**

*Basé sur un communiqué Berkeley Lab*

Comprendre l'évolution du cosmos est lié à l'un des plus grands mystères de la physique : l'énergie noire, l'ingrédient qui fait que l'Univers s'étend de plus en plus vite.

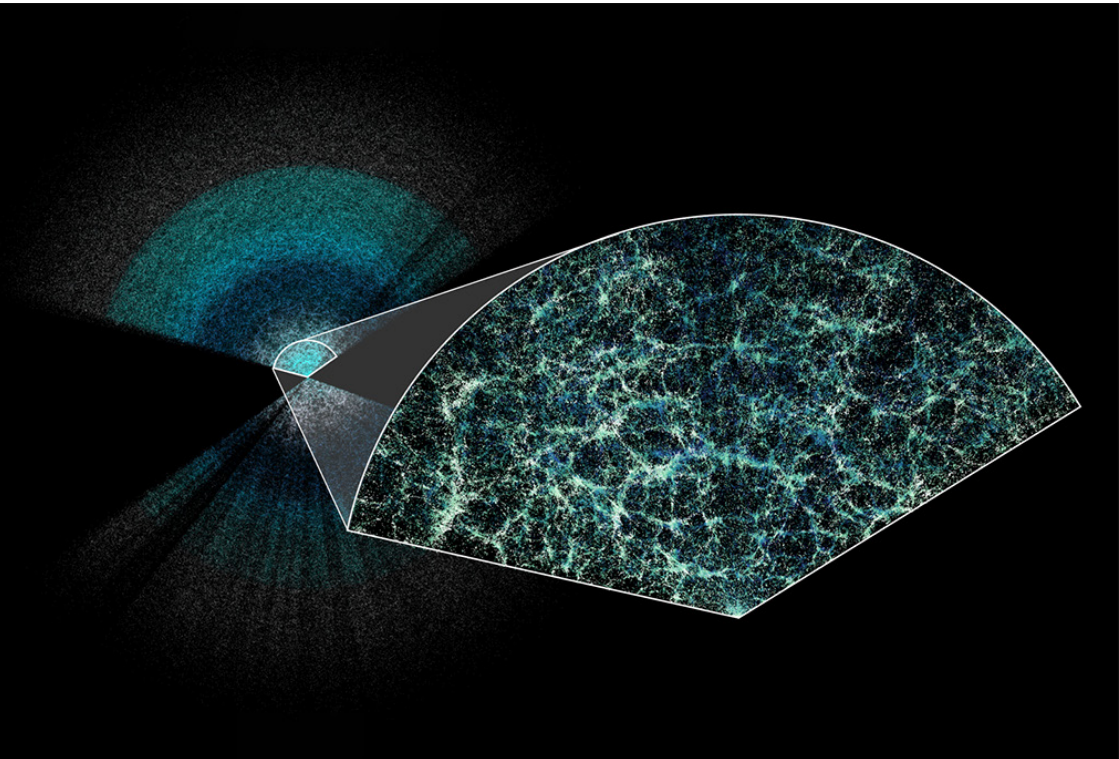
Pour étudier les effets de l'énergie noire au cours des 11 derniers milliards d'années, les chercheurs ont créé avec DESI la plus grande carte 3D du cosmos jamais construite, avec les mesures les plus précises à ce jour.

DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) est un instrument monté sur le télescope Mayall de 5 mètres de Kitt Peak et capable d'observer 5 000 cibles simultanément,

Les résultats obtenus sur la première année d'observation sont essentiellement en accord avec le meilleur modèle de l'Univers, mais ils montrent des différences potentiellement intéressantes qui pourraient indiquer que l'énergie sombre évolue avec le temps. Il est possible que ces différences disparaissent lorsque seront analysées les données portant sur une plus longue période. L'expérience continue en effet de recueillir des données sur plus d'un million de galaxies chaque mois.

***DESI a réalisé la plus grande carte 3D de notre Univers à ce jour. La Terre est au centre de cette mince tranche de la carte complète. La section agrandie montre la structure sous-jacente de la matière dans l'Univers.***

***(C. Lamman/DESI, cmastro)***



Le modèle phare de l'Univers est connu sous le nom de Lambda CDM. Il comprend à la fois un type de matière en interaction faible (matière noire froide, ou CDM) et de l'énergie sombre (Lambda). La matière et l'énergie noire dirigent l'expansion de l'Univers, mais de manières opposées. La matière normale et la matière noire ralentissent l'expansion, tandis que l'énergie noire l'accélère. Leur importance relative influence la façon dont l'Univers évolue. Ce modèle décrit bien les résultats d'expériences précédentes et l'apparence de l'Univers au cours du temps.

Cependant, lorsque les résultats de la première année de DESI sont combinés avec les données d'autres études, il existe des différences subtiles avec ce que Lambda CDM prédirait. Au fur et à mesure que DESI recueillera plus d'informations au cours de son enquête quinquennale, les résultats deviendront plus précis, ce qui permettra de déterminer s'il faut mettre à jour le modèle. D'autres données amélioreront également les autres résultats préliminaires de DESI, qui concernent la constante de Hubble (la vitesse d'expansion actuelle de l'Univers) et la masse des neutrinos.

Il est remarquable qu'avec seulement la première année de données, on puisse déjà mesurer l'histoire de l'expansion de l'Univers à sept époques. La précision globale de DESI sur l'évolution de l'expansion au cours des 11 milliards d'années est de 0,5 %, et l'époque la plus lointaine, couvrant 8 à 11 milliards d'années dans le passé, a une précision record de 0,82 %. Cette mesure de l'Univers jeune est incroyablement difficile à faire. Pourtant, en l'espace d'un an, DESI est devenu deux fois plus efficace pour mesurer l'histoire de l'expansion que son prédécesseur (le BOSS/eBOSS du Sloan Digital Sky Survey), qui a pris plus d'une décennie.

En regardant la carte de DESI, il est facile de voir la structure sous-jacente de l'Univers : des brins de galaxies regroupés, séparés

par des vides avec moins d'objets. Tout au début de l'Univers, bien avant ce qu'on observe DESI, le cosmos était très différent : une soupe chaude et dense de particules subatomiques se déplaçant trop vite pour former de la matière stable avec des atomes. Parmi ces particules se trouvaient des noyaux d'hydrogène et d'hélium.

De minuscules fluctuations dans ce plasma ionisé précoce ont provoqué des ondes de pression. Au fur et à mesure que l'Univers s'étendait et se refroidissait, des atomes neutres se sont formés et les ondes de pression se sont arrêtées, figeant les ondulations et accélérant l'agrégation des futures galaxies dans les zones denses. Des milliards d'années plus tard, nous pouvons encore deviner ces ondulations dans la séparation caractéristique des galaxies – les oscillations acoustiques baryoniques (BAO). En mesurant ces motifs proches et lointains, les chercheurs peuvent mesurer la vitesse d'expansion de l'Univers à chaque époque et modéliser comment l'énergie sombre affecte cette expansion.

L'utilisation des galaxies pour mesurer l'histoire de l'expansion et mieux comprendre l'énergie sombre est une technique mais, à un certain point la lumière des galaxies typiques est trop faible, de sorte que les chercheurs se tournent vers les quasars, des noyaux galactiques extrêmement lointains et brillants avec des trous noirs centraux actifs. La lumière des quasars est absorbée lorsqu'elle traverse des nuages de gaz intergalactiques, ce qui permet de cartographier les poches de matière dense et de les utiliser de la même manière qu'ils utilisent les galaxies – une technique connue sous le nom de « forêt de Lyman-alpha ».

Les chercheurs ont utilisé 450 000 quasars, le plus grand ensemble jamais collecté pour ces mesures de la forêt Lyman-alpha, pour étendre leurs mesures de BAO jusqu'à 11 milliards d'années dans le passé. D'ici la fin de l'étude, DESI prévoit de cartographier 3 millions de quasars et 37 millions de galaxies.