

<https://www.observatoiredeparis.psl.eu/l-univers-profond-devoile-aux.html>



L'Univers profond dévoilé aux basses fréquences radio

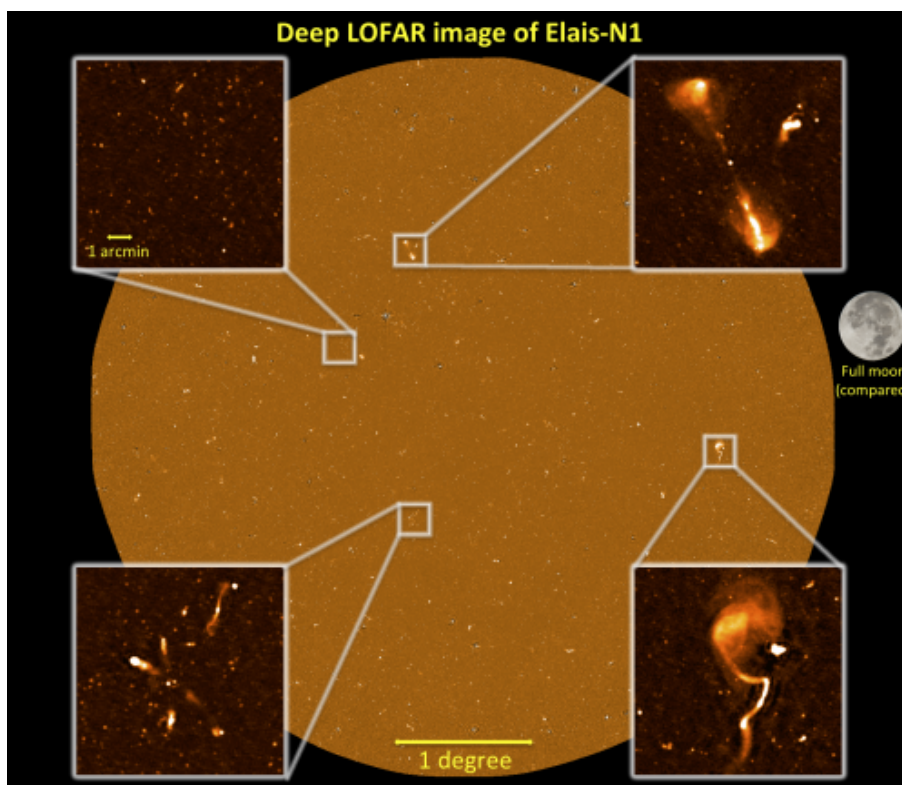
Date de mise en ligne : mercredi 7 avril 2021

Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et
astrophysique

En utilisant le radiotélescope européen LOFAR, une équipe internationale d'astronomes impliquant des astronomes de l'Observatoire de Paris - PSL, du CNRS et de l'Université d'Orléans obtiennent des images de l'Univers profond, les plus sensibles jamais réalisées à basses fréquences. La description de ces images et les premiers résultats scientifiques font l'objet d'une série de quatorze articles publiés dans un numéro spécial de la revue scientifique *Astronomy & Astrophysics*, le 7 avril 2021.

Par l'observation des mêmes régions du ciel de manière répétée et la combinaison des données, des images correspondant à une exposition très longue ont été créées.

L'équipe scientifique internationale a ainsi pu détecter la faible lueur de la lumière résultant d'étoiles ayant explosé en supernovæ et ce, dans des dizaines de milliers de galaxies présentes dans l'Univers lointain.



L'image LOFAR la plus profonde jamais réalisée, dans la région du ciel connue sous le nom d'Elais-N1, qui est l'un des trois champs étudiés dans le cadre de cette étude. L'image provient d'un seul pointé LOFAR observé à plusieurs reprises pendant une durée totale de 164 heures. Plus de 80 000 sources y sont détectées ; incluant des émissions spectaculaires à grande échelle provenant de trous noirs massifs, mais la plupart des sources sont des galaxies éloignées (voir encadrés). © Philip Best, Jose Sabater et LOFAR Surveys Key Science Project.

Le radiotélescope LOFAR

LOFAR est un radiotélescope géant réparti sur toute l'Europe, observant la lumière très faible des astres et de très basse énergie, invisible à l'oeil humain. Celle-ci est créée par des particules ultra énergétiques dont la vitesse est proche de celle de la lumière.

Ainsi LOFAR permet aux astrophysiciens d'étudier des explosions d'étoiles (supernovæ), des collisions d'amas de galaxies et des trous noirs actifs, qui accélèrent ces particules dans des chocs ou des jets.

Ces sources sont si distantes que leur lumière a parfois voyagé pendant des milliards d'années pour nous atteindre, témoignant ainsi de la vie de notre Univers lorsqu'il était encore jeune.

Formation d'étoiles cosmique

Les images radio profondes produites par LOFAR totalisent des centaines d'heures d'observations, et sont si sensibles qu'elles sont dominées en nombre par des galaxies comme notre propre Voie Lactée.

Celles-ci émettent une faible lumière à basses fréquences (domaine radio) produite par des étoiles qui ont explosé en supernovæ.

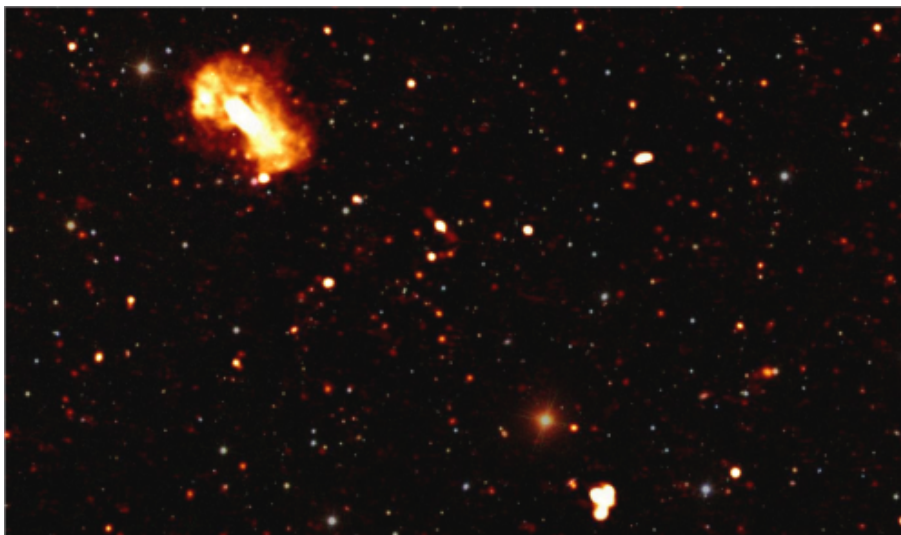
La combinaison de la sensibilité sans précédent de cette image et son grand champ de vue - environ 300 fois la taille de la pleine lune - a permis de détecter des dizaines de milliers de galaxies, à l'époque de l'Univers lointain, quand elles étaient toujours en formation.

Les supernovæ résultant de la formation active d'étoiles sont généralement enveloppées d'un voile de poussière. Dans le domaine radio, il est possible de voir à travers la poussière et de construire une compréhension non biaisée de la formation d'étoiles.

Les images LOFAR profondes ont permis d'établir des mesures plus précises du nombre de nouvelles étoiles en formation dans cette période ancienne et lointaine de l'Univers.

Objets exotiques

Ce jeu de données remarquable a permis un large éventail de recherches scientifiques supplémentaires, en étudiant par exemple l'émission radio provenant de trous noirs massifs ou des collisions d'amas de galaxies.



Les images profondes produites par la collaboration sont si sensibles que la majorité des objets détectés en radio (en orangé) sont des galaxies distantes formant des étoiles (objets ponctuels et faibles). On peut néanmoins observer des trous noirs en activité comme dans la partie supérieure gauche de l'image. © LOFAR Surveys Key Science Project.

Des résultats inattendus ont par ailleurs été obtenus. En particulier, les observations répétées ont permis la détection de sources dont la luminosité varie.

L'étoile naine rouge CR Draconis a montré des sursauts d'émission radio qui ressemblent fortement à ceux qui proviennent de Jupiter, pouvant être provoqués par une interaction étoile-planète ou encore par la rotation rapide de l'étoile.

Énorme défi numérique

LOFAR ne produit pas directement des cartes du ciel.

Les signaux de ses 70 000 antennes doivent être combinés pour produire ces images profondes. Plus de 4 pétaoctets de données brutes - équivalant à environ un million de DVD - ont été acquis et traités.

Les images basse fréquence de notre Univers sont cachées de manière diffuse, à l'intérieur de la grande quantité de données que LOFAR a observée.

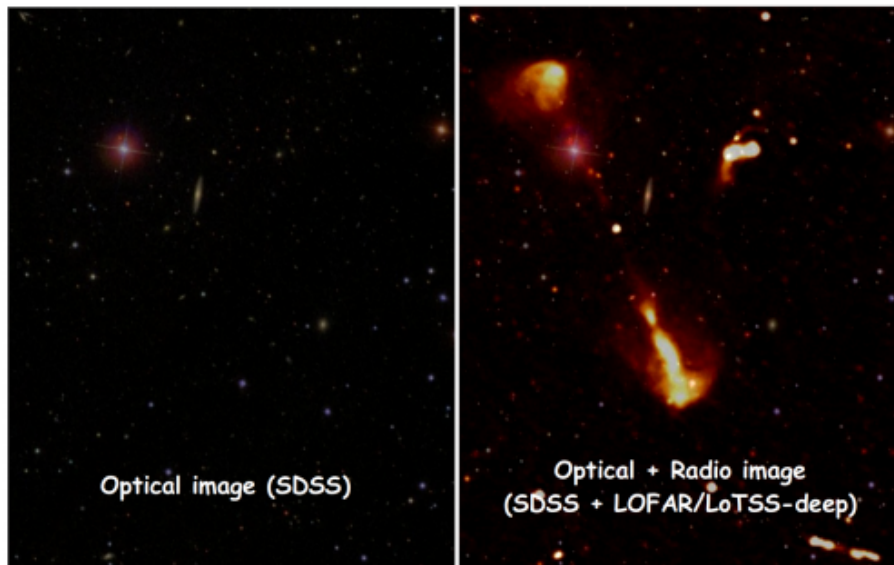
Ce faible signal a pu être extrait, grâce à des progrès mathématiques et algorithmiques récents et à l'utilisation de grands groupes d'ordinateurs.

Données multi-longueurs d'onde

Les champs cibles ont été choisis car ils étaient les mieux étudiés du ciel de l'hémisphère nord.

L'Univers profond dévoilé aux basses fréquences radio

L'équipe a ainsi pu rassembler des données optiques, infrarouges et submillimétriques pour les galaxies détectées à basses fréquences.



L'image de gauche montre une petite partie d'un des champs profonds observé dans le domaine optique (lumière visible). En superposant l'image radio de cette même partie du ciel (en orangé dans le cadre de droite), on peut observer de nouveaux phénomènes astrophysiques. Ici LOFAR permet de détecter la présence de particules ultra énergétiques accélérées par des trous noirs supermassifs dans d'immenses jets se propageant à l'extérieur des galaxies. © LOFAR Surveys Key Science Project.

La comparaison de ces images radio avec des données obtenues avec d'autres télescopes à d'autres longueurs d'onde a été vitale pour l'interprétation des images de LOFAR.

LOFAR

Le télescope international LOFAR est un réseau européen d'antennes radio ; il est le premier télescope de ce type au niveau mondial.

Avec son coeur situé à Exloo aux Pays-Bas, il est exploité par ASTRON, l'Institut néerlandais de radioastronomie, et coordonné par un partenariat de 9 pays européens : l'Allemagne, la France, l'Irlande, l'Italie, la Lettonie, les Pays-Bas, la Pologne, la Suède et le Royaume-Uni.

LOFAR fonctionne en combinant les signaux de plus de 70 000 dipôles d'antenne individuelles, à travers les Pays-Bas et dans les pays européens partenaires.

Elles sont reliées entre elles par un réseau de fibres optiques à haut débit. De puissants ordinateurs sont utilisés pour traiter leurs signaux, afin de synthétiser une antenne radio européenne qui s'étend sur 1 300 kilomètres.

La partie française de LOFAR

La partie française du réseau est implantée à Nançay, dans le Cher, au sein de la station de radioastronomie de l'Observatoire de Paris - PSL (Observatoire de Paris - PSL / CNRS / Université d'Orléans).

Dans sa configuration "bande haute", LOFAR observe à des fréquences d'environ 150 MHz - entre les bandes radio FM et DAB.



LOFAR a été conçu, construit et est actuellement exploité par ASTRON, l'Institut néerlandais de radioastronomie. L'Allemagne, la France, l'Irlande, l'Italie, la Lettonie, les Pays-Bas, la Pologne, la Suède et le Royaume-Uni sont les pays partenaires de ce télescope international.

LOFAR est unique compte tenu de sa sensibilité, de son large champ de vision et de sa résolution. Il l'est aussi dans sa capacité à produire des images du ciel de haute qualité à des longueurs d'onde de l'ordre du mètre.

L'archive des données LOFAR est déjà la plus grande collection de données astronomiques au monde.

Ses images en champ profond sont un témoignage de ses capacités et un trésor pour de futures découvertes.

Bibliographie

- Tous les articles de recherche sont disponibles dans le numéro spécial de la revue "Astronomy & astrophysics" paru le 7 avril 2021