



## Une “aurore cosmique” éclaire la connexion entre deux amas de galaxies

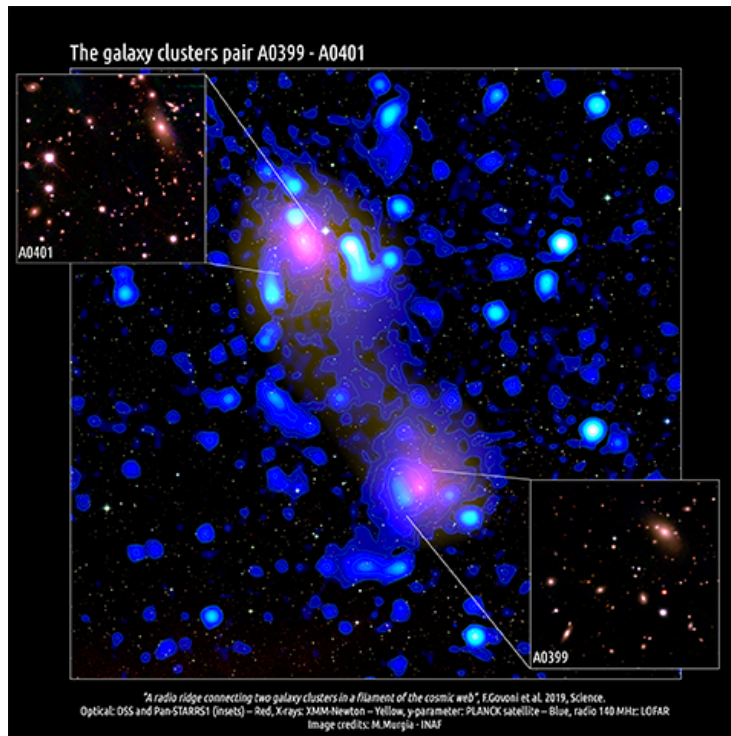
Une étude importante a été publiée aujourd'hui dans la revue [Science](#), identifiant un «*flot*» de champs magnétiques et d'électrons relativistes le long d'un filament qui relie les amas de galaxies Abell 0399 et Abell 0401. Grâce aux données recueillies par le radiotélescope [LOFAR](#) (LOW-Frequency ARray), il a été possible de mesurer ce phénomène dans les ondes radio pour la première fois.

Cette étude, coordonnée par Federica Govoni de l'[Institut National d'Astrophysique](#) (INAF) de Cagliari, a réuni des collègues de différents instituts européens (en Italie, aux Pays-Bas, en Allemagne, en France, en Suisse, en Suède et en Angleterre), dont l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) et le [Centre National de la Recherche Scientifique](#) (CNRS).

Dans l'Univers, la matière est répartie le long d'un «*réseau cosmique*» constitué de structures filamenteuses, à l'intersection desquelles nous observons des énormes concentrations de milliers de galaxies, appelées «*amas*». Les amas de galaxies peuvent être considérés comme les plus grandes structures gravitationnellement liées de l'univers. Jusqu'ici, les observations avec les radiotélescopes ont montré un «*halo*» d'émission radio dans les zones centrales de certains amas, confirmant l'existence d'un champ magnétique qui semble avoir été amplifié par les processus de coalescence entre amas et d'accrétion de structures de taille inférieures.

Cependant, aucun champ magnétique n'avait été observé jusqu'à présent dans les filaments reliant les amas. Malgré leur taille immense, les filaments de la toile cosmique sont extrêmement raréfiés et donc difficiles à détecter, comme l'explique la coordinatrice de l'étude:

*«Dans ce contexte, le système double constitué par les amas Abell 0399 et Abell 0401 est vraiment exceptionnel», déclare Federica Govoni. «Il y a quelques années, notre groupe a découvert que les deux amas hébergent un halo d'émission radio. Plus récemment, le satellite Planck a montré que les deux systèmes sont reliés par un filament ténu de matière. La présence de ce filament a stimulé notre curiosité et nous a amenés à essayer de comprendre si le champ magnétique pouvait s'étendre au-delà des régions centrales des amas, se répandant ainsi dans le filament de matière qui les relie. Avec une grande satisfaction, l'image obtenue avec le radiotélescope LOFAR confirme notre intuition et révèle ce que l'on peut définir comme une “aurore” sur des échelles cosmiques.»*



*Image composite du couple d'amas de galaxies, Abell 0399 et Abell 0401. Le système se situe à environ 1 milliard d'années-lumière de la Terre, tandis que les deux amas de galaxies sont séparés d'environ 10 millions d'années-lumière. Un plasma à haute température qui émet dans les rayons X (tons rouges) occupe l'espace entre les galaxies dans les parties centrales des deux amas. De plus, les observations dans les micro-ondes montrent un filament ténu de matière reliant les deux groupes (tons jaunes). L'image radio basse-fréquence (tons bleus) révèle plusieurs sources discrètes brillantes associées à des galaxies individuelles et deux halos radio diffus aux centres des deux amas de galaxies. Le long du filament reliant Abell 0399 et Abell 0401, l'émission radio révèle la présence d'un vaste champ magnétique illuminé par une population d'électrons de haute énergie.*

*Crédits: DSS et Pan-STARRS1 (optique), XMM-Newton (rayons X), satellite PLANCK (paramètre y), F. Govoni et al. 2019, Science (radio). Image de M. Murgia, INAF.*

L'émission de ces ondes radio est due au mécanisme synchrotron, engendré lorsque des électrons hautement énergétiques se déplacent dans un champ magnétique. «*Nous observons généralement de la radiation liée à ce mécanisme dans des galaxies individuelles et même dans des amas de galaxies, mais de l'émission radio connectant des amas n'avait jamais été observée auparavant*», ajoute Matteo Murgia, directeur de recherche à l'INAF. *cComprendre la nature de cette source radio est un véritable défi: au cours de leur durée de vie radiative, les électrons couvrent une distance beaucoup plus petite que la taille couverte par l'émission. Un mécanisme responsable de l'accélération des électrons le long du filament doit donc exister.*»

Le travail publié sur Science est le résultat d'une collaboration qui «*a combiné les techniques d'observation radio les plus avancées avec l'état de l'art des simulations magnétohydrodynamiques*», souligne Annalisa Bonafede, professeure à l'Université de Bologne. «*Explorer l'existence de tels champs magnétiques et connaître leur intensité et leur structure sont des questions cruciales pour l'étude de l'origine et de l'évolution des structures à grande échelle dans l'univers. En comparant les observations radio et les simulations numériques, nous*

*estimons que l'intensité du champ magnétique dans le filament qui relie Abell 0399 et Abell 0401 est de l'ordre de centaines de nanoGauss.»*

LOFAR est un télescope conçu pour explorer l'univers aux basses fréquences radio (10 - 240 MHz). Composé de plus de 25 000 antennes regroupées en 51 stations, son cœur est situé aux Pays-Bas, avec des stations localisées dans différents pays européens. C'est un instrument totalement numérique sans parties mobiles. En pratique, tous les signaux sont acquis à partir des antennes, numérisés et, via des systèmes dédiés, le pointage se fait en agissant sur le déphasage entre les antennes. La France est rentrée dans le projet LOFAR en 2012. Une station d'observation a été construite et est exploitée à Nançay, où les astronomes français construisent également une Super-Station de LOFAR, qui en augmentera considérablement la sensibilité en particulier, entre autres, pour la détection de filaments cosmiques. Nommé

enuFAR (New Extension in Nançay Upgrading LOFAR), ce radiotélescope à basse fréquence sera l'un des plus puissants au monde dans sa gamme de fréquences, comprise entre 10 MHz et 85 MHz. Il fonctionnera donc également de façon autonome du reste de LOFAR (mode "stand-alone").



*Le LOw-FREquency ARray, ou LOFAR, est aujourd'hui le plus grand radiotélescope constitué par un réseau d'antennes au monde. Cette vue aérienne montre l'une de ses nombreuses stations. Crédits: ASTRON.*

LOFAR et NenuFAR sont également des éclaireurs scientifiques et technologiques du Square Kilometre Array (SKA), qui sera le futur instrument phare aux basses et moyennes fréquences radio. «Grâce à la sensibilité de SKA», ajoute Chiara Ferrari, co-auteur du papier, astronome à l'OCA et directrice de la Maison SKA-France, «les scientifiques seront en mesure d'atteindre des sources radio faibles sur de vastes zones du ciel, ouvrant ainsi de nouvelles fenêtres dans l'espace de découverte». Dans ce cadre, la communauté scientifique envisage d'étudier des échantillons d'amas de galaxies avec SKA afin de comprendre en détail l'origine, les propriétés et l'évolution de leurs champs magnétiques, et de déterminer si l'émission détectée dans le filament reliant Abell 0399 et Abell 0401 est un phénomène courant dans la toile cosmique.



Cette vidéo présente l'environnement époustouflant d'Abell 0399 et d'Abell 0401, une paire d'amas de galaxies distants d'environ 1 milliard d'années-lumière. Les deux amas de galaxies sont espacés d'environ 10 millions d'années-lumière, soit cent fois la taille de notre propre galaxie, la Voie Lactée.

La vidéo commence par explorer le vaste espace entre les deux groupes, mais ce n'est que le début de l'histoire. Les observations dans les rayons X, dans les micro-ondes et aux basses fréquences radio révèlent une vision complètement nouvelle de cette partie du ciel. *Crédits: DSS et Pan-STARRS1 (optique), XMM-Newton (rayons X), satellite PLANCK (paramètre  $y$ ), F.Govoni et al. 2019, Science (radio). Montage vidéo par M.Murgia, INAF. Musique de Cjbeards. Image de fond LOFAR par ASTRON.*

## Référence

L'étude a été publiée dans la revue Science, dans l'article « *A radio ridge connecting two galaxy clusters in a filament of the cosmic web* » par F. Govoni, E. Orrù, A. Bonafede, M. Iacobelli, R. Paladino, F. Vazza, M. Murgia, V. Vacca, G. Giovannini, L. Feretti, F. Loi, G. Bernardi, C. Ferrari, R. F. Pizzo, C. Gheller, S. Manti, M. Brüggen, G. Brunetti, R. Cassano, F. de Gasperin, T. A. Enßlin, M. Hoeft, C. Horellou, H. Junklewitz, H. J. A. Röttgering, A. M. M. Scaife, T. W. Shimwell, R. J. van Weeren, M. Wise

## Contact

Chiara Ferrari (Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange),  
[chiara.ferrari@oca.eu](mailto:chiara.ferrari@oca.eu) - 07 8329 7010