

Une vue exhaustive de notre ciel en rayons X

Le télescope eROSITA a fourni une image inédite et très détaillée des processus chauds et énergétiques dans l'univers.

Le télescope en rayons X eROSITA à bord du satellite SRG a complété en 182 jours un premier balayage du ciel entier. Cette carte inédite de l'univers chaud et énergétique contient plus d'un million d'objets, multipliant par deux le nombre total de sources de rayons X découvertes lors des soixante dernières années. L'essentiel des nouvelles sources sont des noyaux actifs de galaxies situés à des distances cosmologiques qui signent la croissance de gigantesques trous noirs au cours de l'histoire de l'univers. Les amas de galaxies dans cette nouvelle carte seront utilisés pour mesurer la croissance de la structure à grande échelle dans l'univers et afin de contraindre les paramètres des modèles cosmologiques. Plus proches de nous, des étoiles à couronne chaude, des binaires et des reliques de supernovas parsèment notre Galaxie. Nous disposons désormais d'une carte complète de la matière ordinaire, dite « baryonique », chaude dans la Voie Lactée. Ceci est possible uniquement grâce à la vue à 360 degrés d'eROSITA.

Un million de sources émettrices de rayons X révélant la nature de l'univers chaud – c'est l'impressionnante moisson permise par le premier balayage du ciel par le télescope eROSITA à bord de SRG. « Cette image du ciel entier change complètement la façon dont nous allons considérer l'univers énergétique », selon Peter Predehl, Principal Investigator d'eROSITA à l'Institut Max-Planck pour la Physique Extraterrestre (MPE). « Nous voyons une telle richesse de détails – la beauté des images est renversante. »

La première image complète du ciel par eROSITA est environ quatre fois plus profonde que le précédent relevé du télescope ROSAT, 30 ans auparavant, et a délivré environ 10 fois plus de sources : pratiquement autant ont été découvertes par tous les précédents télescopes en rayons X pris ensemble. La plupart des objets astronomiques émettent des rayons X, cependant l'univers chaud et énergétique ne ressemble pas à celui vu dans nos télescopes optiques (domaine visible) ou par nos antennes radio. En-dehors de notre Galaxie, la plus grande partie des sources sont des noyaux actifs de galaxies, en fait des trous noirs supermassifs situés à des distances cosmologiques et accréant de la matière. Les amas de galaxies distribués çà et là apparaissent comme des halos étendus, révélés par le gaz chaud brillant en longueurs d'ondes X et confiné dans leurs énormes concentrations de matière sombre. L'image du ciel montre dans tous ses détails la structure du gaz chaud dans la Voie Lactée elle-même, ainsi que le milieu circum-galactique qui l'entoure, dont les propriétés sont une clé pour comprendre l'histoire de formation de la galaxie qui nous héberge. La carte en rayons X d'eROSITA révèle également les étoiles avec des couronnes à forte activité magnétique, les systèmes binaires contenant étoiles à neutrons, trous noirs ou naines blanches et de spectaculaires restes de supernovas situés aussi bien dans notre galaxie que dans nos voisines, tels les nuages de Magellan.

« Nous attendions tous avec impatience la première image du ciel complet vu par eROSITA », s'enthousiasme Mara Salvato, chercheuse au MPE responsable de la combinaison des observations eROSITA avec les autres télescopes observant le ciel dans d'autres régions du spectre électromagnétique. « De grandes régions du ciel ont déjà été imagées dans beaucoup d'autres gammes de longueurs d'ondes. Nous pouvons désormais corrélérer avec les données en

rayons X. Tous ces relevés sont nécessaires pour identifier les sources émettrices en rayons X et pour comprendre leur nature. » Le relevé est une mine d'or pour débusquer des phénomènes rares et exotiques, parmi eux les nombreux types de sources transitoires et variables que sont les sursauts en provenance d'objets compacts, les collisions d'étoiles à neutrons et les étoiles en phase d'être « avalées » par les trous noirs. Souvent eROSITA voit des bouffées inattendues de rayons X en provenance du ciel », poursuit Mara Salvato. « Nous alertons alors les télescopes au sol immédiatement afin de comprendre ce qui est à leur origine. »

L'assemblage de cette image représente un travail titanesque. Jusqu'aujourd'hui, l'équipe d'opérations a reçu et analysé environ 165 Gigaoctets de données collectés par les sept caméras d'eROSITA. Si ce chiffre apparaît relativement faible en comparaison des gros volumes de données en usage sur Terre, les opérations de cet instrument spatial complexe ont posé des défis tout à fait originaux. « Nous vérifions et contrôlons la santé de l'instrument quotidiennement, en coopération avec nos collègues à Moscou manoeuvrant le satellite SRG », explique Miria Ramos-Ceja, membre de l'équipe d'opérations au MPE. « Cela signifie que nous pouvons réagir rapidement à une quelconque anomalie. Ainsi nous avons été capable de réagir immédiatement quand celles-ci se sont présentées, afin de conserver l'instrument dans un état de bonne santé, et nous avons atteint une efficacité d'environ 97 % lors de la récupération des données. Communiquer en temps réel avec un instrument situé à 1,5 millions de kilomètres est une expérience fantastique ! » Le transfert de données est quotidien. « Dès leur réception, nous vérifions la qualité des données », continue Miriam, « puis celles-ci sont analysées par les équipes en Allemagne et en Russie. »

Tandis que l'équipe est à l'oeuvre pour analyser cette première image complète du ciel et ses catalogues, afin d'approfondir notre compréhension de la cosmologie et des processus astrophysiques de haute énergie, le télescope continue son observation du ciel. « L'observatoire SRG commence maintenant son deuxième relevé du ciel, il sera terminé à la fin de l'année », prédit Rashid Sunyaev, directeur des recherches dans l'équipe SRG russe. « Au cours des 3 années et demi qui arrivent, nous prévoyons l'obtention de sept cartes similaires à celle que nous voyons aujourd'hui dans cette magnifique image. Une fois combinées, leur sensibilité la dépassera d'un facteur 5 et pourra être utilisée par les astrophysiciens et cosmologistes durant des décennies. »

Kirpal Nandra, directeur du groupe hautes-énergies au MPE, renchérit : « en délivrant un million de sources en tout juste six mois, eROSITA a déjà révolutionné l'astronomie en rayons X, mais c'est seulement un avant-goût du futur. La conjugaison de la couverture et de la profondeur est un immense pas en avant. Nous sondons déjà un volume cosmologique dans l'univers chaud bien plus grand que ce qu'il a jamais été permis d'entrevoir. Durant les prochaines années, nous aurons la possibilité d'aller encore plus loin, remontant jusque aux époques où les premières grandes structures et les trous noirs supermassifs étaient en train de se former. »

Plus d'informations :

eROSITA a terminé son premier relevé du ciel complet en rayons X le 11 juin 2020. Lancé le 13 juillet 2019 à bord de la plateforme SRG et désormais en orbite autour du second point de Lagrange du système Terre-Soleil, le télescope est placé en mode de balayage continu. Pendant ce premier relevé, chaque point du ciel a été exposé au télescope eROSITA pendant une durée moyenne de 150-200 secondes. Les régions proches des pôles écliptiques, là où les grands cercles « tracés » sur le ciel par le télescope s'intersectent, ont été visités à plusieurs

reprises, accumulant des expositions atteignant plusieurs heures. SRG va continuer à scanner le ciel durant trois ans et demi, permettant à eROSITA d'établir sept relevés supplémentaires de tout le ciel.

eROSITA est l'instrument principal à bord de SRG, une mission scientifique germano-russe financée par l'agence spatiale russe (Roskosmos), servant les intérêts et l'académie des sciences russes via son institut de recherche spatiale (IKI) et par le centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR). Le satellite SRG a été construit par l'association Lavochkin (NPOL) et ses sous-traitants et est mis en opération par NPOL avec le concours de l'institut Max-Planck pour la physique extraterrestre (MPE).

Le développement et la construction de l'instrument en rayons X eROSITA ont été dirigés par l'institut Max-Planck pour la physique extraterrestre (MPE) avec le concours de l'observatoire Dr. Karl Remeis à Bamberg, l'observatoire de l'université de Hambourg, l'institut Leibniz pour l'Astrophysique à Potsdam (AIP) et l'institut d'astronomie et d'astrophysique de l'université de Tübingen avec le soutien de DLR et de la société Max-Planck. L'institut Argelander pour l'astronomie à l'université de Bonn et l'université Ludwig-Maximilien à Munich ont aussi participé à la préparation scientifique de la mission eROSITA.

Les données d'eROSITA montrées ici ont été analysées avec la suite logicielle eSASS développée par le consortium allemand eROSITA.

Contacts

Dr. Andrea Merloni
Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics
Tel: +49 (0)89 30000-3893
Email: am@mpe.mpg.de

Dr. Peter Predehl
Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics
Tel: +49 (0)89 30000-3505
Mobile +4915112113639
Email: ppredehl@mpe.mpg.de

Prof. Dr. Kirpal Nandra
Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics
Tel: +49 (0)89 30000-3401
Email: knandra@mpe.mpg.de

Pour les images et légendes, merci de visiter les pages internet du MPE :
<http://www.mpe.mpg.de/7461761/news20200619>

Images pour le Kit de Presse

1 Le ciel complet

L'univers énergétique vu par le télescope en rayons X eROSITA

Le premier relevé du ciel complet par eROSITA a été entrepris pendant six mois en faisant pivoter le télescope sur lui-même continuellement, assurant ainsi une exposition uniforme d'environ 150-200 secondes sur la plus grosse partie du ciel, les pôles écliptiques étant exposés plus longtemps. Lorsque eROSITA balaie le ciel, l'énergie des photons reçus est mesurée avec une précision allant de 2 à 6 pourcents. Cette image représente le ciel complet projeté sur une ellipse (selon la projection dite de Aitoff) avec le centre de la Voie Lactée au centre et le disque de la Galaxie parcourant l'image horizontalement. Pour générer cette image en fausses couleurs, les photons ont été colorés suivant leur énergie (rouge pour ceux entre 0,3 et 0,6 keV, vert entre 0,6 et 1 keV, bleu entre 1 et 2,3 keV). L'image originale, à la résolution de 10 arcsecondes a été lissée d'un facteur 60 (avec une fonction gaussienne de largeur à mi-hauteur 10 arcminutes) pour finalement conduire à l'image ci-dessus. Le halo diffus rouge à l'écart du plan galactique provient de l'émission du gaz chaud situé dans le voisinage du système solaire (la bulle locale). Le long du plan galactique, la poussière et le gaz absorbent les photons X de plus basse énergie, de manière à ce que seules les sources émettant à haute énergie peuvent percer et apparaissent ainsi bleutées sur l'image. Le gaz plus chaud, localisé proche du centre galactique et apparaissant en vert et en jaune, véhicule l'empreinte des événements les plus énergétiques ayant eu lieu au cours de la vie de la Voie Lactée, telles les explosions de supernovas faisant jaillir des fontaines de gaz en-dehors du plan galactique, et, peut-être, les résidus des violents sursauts du trou noir supermassif central de notre galaxie, aujourd'hui en sommeil. Vues à travers ce milieu diffus, chaud et turbulent, des centaines de milliers de sources émettant en rayons X apparaissent en blanc sur l'image et sont uniformément distribuées sur le ciel. Parmi elles figurent les noyaux actifs de galaxies (dont quelques-uns émettant leur lumière à un instant où l'univers n'avait qu'un dixième de son âge actuel), reconnaissables à leur apparence ponctuelle. Les amas de galaxies se repèrent eux comme de diffuses structures nébulaires. Au total, environ un million de sources X ont été détectées dans l'image du ciel d'eROSITA, une mine d'or qui occupera les équipes durant les prochaines années.

© Jeremy Sanders, Hermann Brunner and the eSASS team (MPE); Eugene Churazov, Marat Gilfanov (on behalf of IKI)

2 Reliques de supernovas Vela et Puppis

La « relique de supernova Vela » dans cette image est de par sa taille et sa proximité à la Terre l'un des objets les plus remarquables du ciel en rayons X. La supernova Vela a explosé il y a environ 12000 ans à une distance de 800 années-lumière et se situe non loin de deux autres restes de supernovas, Vela Junior (repérable par son anneau bleuté dans le coin en bas à gauche de l'image) et Puppis A (en haut à droite). Vela Junior a été découverte il y a seulement 20 ans, quand bien même cet objet est si proche de la Terre que des restes de son explosion ont été trouvés dans des forages de glaces polaires. Ces trois explosions de supernovas ont produit à la fois des reliques et des étoiles à neutrons, visibles comme d'intenses points brillants en rayons X proches du centre des reliques. La qualité des nouvelles données acquises sur ce « cimetière stellaire » par eROSITA donneront aux

astronomes de nombreuses pistes pour comprendre les processus physiques à l'oeuvre dans le plasma chaud des supernovas ainsi que pour l'exploration des si exotiques étoiles à neutrons.

© Peter Predehl, Werner Becker (MPE)

3 Grand nuage de Magellan

Image en fausses couleurs du grand nuage de Magellan, galaxie voisine de la nôtre. Grâce à une couverture du ciel plus grande d'un facteur cent en comparaison de la première image obtenue par eROSITA, les astronomes sont désormais en mesure d'explorer la galaxie dans sa totalité, en particulier sa population de binaires X ainsi que les riches structures observées au sein de l'émission diffuse provenant de la phase chaude du milieu interstellaire. Les binaires X sont parmi les plus brillantes des sources, elles ont été découvertes dès les débuts de l'astronomie en rayons X. Les reliques de supernova résolues par eROSITA sont aussi remarquablement brillantes.

© Frank Haberl, Chandreyee Maitra (MPE)

4 Le superamas de Shapley

Le superamas de galaxies de Shapley est l'une des plus massives concentrations de galaxies dans l'univers local, situé à une distance d'environ 650 millions d'années-lumière ($z \sim 0,05$). Chacune des structures étendues vues dans l'image est elle-même un amas de galaxies composé de plusieurs centaines à plusieurs milliers de galaxies individuelles. Ces amas sont situés à l'intersection des filaments composant la toile cosmique de l'univers. Cette image a une taille apparente de 22 degrés (plus de 40 fois la taille apparente de la lune). Cela correspond à une largeur d'environ 240 années-lumière à la distance du superamas Shapley. Les images sur la gauche sont des agrandissements, montrant les plus massifs des amas de galaxies composant le superamas.

© Esra Bulbul, Jeremy Sanders (MPE)