

Des galaxies mystérieuses à grand redshift découvertes par Planck et Herschel : un chaînon manquant de la cosmologie ?

Une équipe internationale, dirigée par des astrophysiciens de l'Institut d'astrophysique spatiale à Orsay (CNRS/Université Paris-Sud) et de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie à Toulouse (CNRS/Université Paul Sabatier), ont découvert à l'aide des satellites Planck et Herschel de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) de nouvelles et énigmatiques galaxies lointaines formant d'impressionnantes quantités d'étoiles. La plupart de ces galaxies présentent la propriété de se regrouper fortement et pourraient être des amas de galaxies en en train de se former tant recherchés. Les scientifiques cherchent depuis longtemps à observer de telles formations qui peuvent aider à répondre à une problématique centrale de la cosmologie concernant la manière dont se forment les grandes structures dans l'Univers. Les premiers résultats sont publiés dans un article scientifique dans la revue *Astronomy & Astrophysics* signé par la collaboration Planck.

Étudier les époques où la formation d'étoiles dans les galaxies était très intense, est un bon moyen de connaître la dynamique et l'évolution des galaxies des grands amas, ainsi que les gaz intra-amas. Par de telles études, il est possible d'apporter de nombreuses contraintes observationnelles. Ces amas anciens sont aussi une source d'informations cosmologiques précieuse ; par exemple sur le contenu baryonique de l'Univers, l'agrégation de la masse à grande échelle et la formation des grandes structures, et, pour les temps les plus reculés, l'identification d'éventuelles d'inhomogénéités primordiales (1). Pour toutes ces raisons, la quête d'amas de galaxies lointains ou de galaxies lointaines amplifiés par effet de lentille gravitationnelle est un sujet brûlant de la cosmologie observationnelle. À cette fin, le satellite Planck de l'ESA a le potentiel découvrir ces objets rares sur l'ensemble du ciel et l'observatoire spatial Herschel de l'ESA peut quant à lui parfaitement les examiner en détail.

Le satellite Planck fournit la première image de la totalité du ciel dans les ondes submillimétriques avec la sensibilité requise pour identifier systématiquement les sources à grand redshift (2) les plus lumineuses. Ces sources peuvent être soit des galaxies gravitationnellement amplifiées, soit le cumul de l'émission d'un ensemble de galaxies également sièges d'intenses et rapides formations d'étoiles appelées flambées (plus de 500 fois le taux de formation de notre Galaxie). Dans cette étude, les astrophysiciens ont découvert que la plupart des candidats Planck à grand redshift sont de telles concentrations de galaxies.

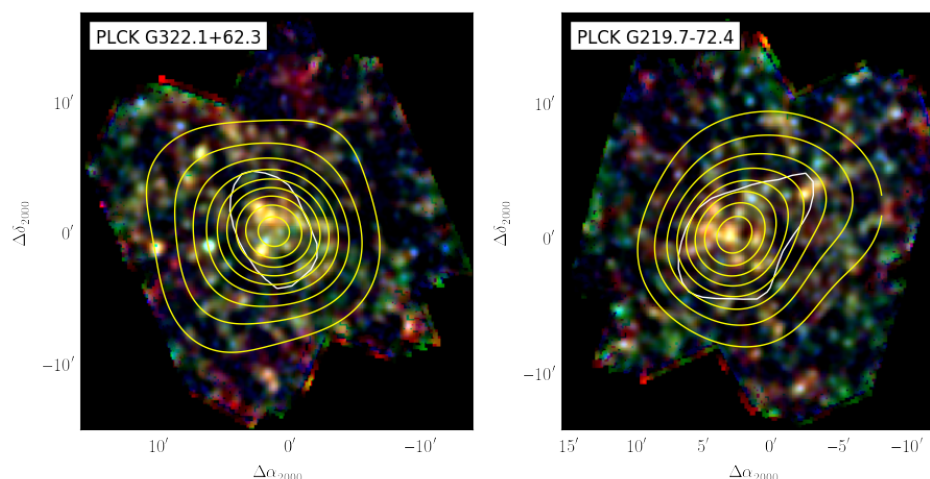


Figure 1. Images de Herschel-SPIRE de deux candidats amas à grand redshift. Ces composites en trois couleurs représentent en bleu l'image à 250 microns de longueur d'onde, en vert 350 microns, et en rouge 500 microns. Les contours jaunes représentent l'excès de densité de galaxies, mettant en évidence d'impressionnantes surdensités de galaxies. Le contour blanc représente la zone de détection dans Planck.

© Dole, Guéry, ESA, Planck Collab., HFI consortium, IAS, CNES, univ. Paris-Sud, CNRS

Ces groupes de galaxies sont prédits par les modèles, et devraient se trouver dans les halos de matière noire les plus massifs qui croissent et se contractent rapidement avec en leur sein du gaz et des galaxies. Ils constituent précisément les premiers amas de galaxies tant recherchés (parfois appelés proto-amas) qui sont une étape intermédiaire, un chaînon manquant, entre les inhomogénéités quantiques de l'Univers primordial et les grandes structures qui forment l'Univers contemporain. En effet, l'Univers actuel n'est pas homogène, la matière se concentre dans de grandes structures et les scientifiques pensent que ces irrégularités sont la conséquence des fluctuations quantiques de la matière dans les premiers instants après le Big Bang.

Peu d'informations sont disponibles sur ces groupes de galaxies, et avec cette étude, les scientifiques de Planck ont commencé une recherche dédiée et systématique dans les données de la collaboration et beaucoup de candidats ont été découverts. Les scientifiques ont ensuite fait appel à Herschel qui a observé plus de 200 de ces objets. La résolution angulaire de Herschel et sa haute sensibilité a alors permis de dévoiler la nature des candidats à grand redshift identifiés Planck. En plus de galaxies gravitationnellement amplifiées, les chercheurs ont pu identifier et caractériser des concentrations de galaxies rouges (haut redshift) potentiellement en train de constituer des amas. En effet, certaines d'entre elles montrent des signes concourants et non équivoques d'agrégation en amas.

→ Herschel and Planck proto-cluster candidates

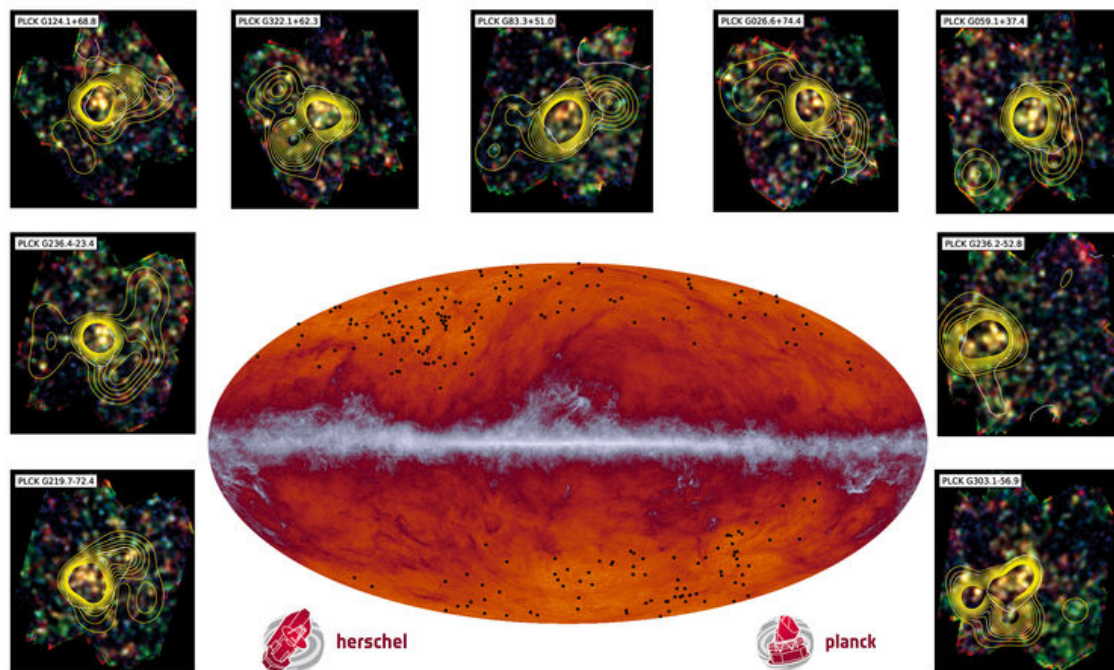


Figure 2. En bas au milieu: la totalité du ciel observé par Planck à 545 GHz, avec en points rouges les candidats identifiés, puis observés par Herschel. Tout autour: quelques images de Herschel, avec les contours de densité de galaxies.
© Dole, Guéry, Hurier, ESA, Planck Collab., HFI consortium, IAS, CNES, univ. Paris-Sud, CNRS

Les chercheurs ont été surpris tantôt par le flux élevé de certaines galaxies, tantôt par la forte concentration angulaire d'autres galaxies. La découverte de tant de galaxies à flambée de formation stellaire si concentrées dans de petites régions ciel est frappante. Nous pourrions-là être témoins d'un épisode mystérieux et manquant dans notre compréhension de la formation des grandes structures cosmologiques : la phase où des galaxies ont formé intensément des étoiles à grand redshift en même temps qu'elles se regroupaient en amas, précurseurs des grands amas actuels.

En résumé, les astrophysiciens ont découvert que la plupart des candidats Planck à grand redshift sont des concentrations de galaxies formant intensément des étoiles. Plus important encore, de nombreux indices montrent qu'elles pourraient être des amas en train de se former. Cette importante découverte révèle les grandes structures dans leur phase de formation jamais observée auparavant avec autant de détails et sur un si large échantillon. En outre, quelques joyaux sont également détectés dans le reste des données : des galaxies ultra brillantes à haut redshift, amplifiées par effet de lentille gravitationnelle, permettant une étude physique aussi détaillée de la composition du gaz et de la dynamique que dans les galaxies proches.

Notes :

¹ Elles sont appelées non-gaussianités primordiales et sont les fluctuations quantiques de l'Univers naissant prédites par certains modèles cosmologiques

² Le redshift (ou décalage vers le rouge cosmologique) est une mesure liée à la distance cosmologique de l'objet. Ainsi, un objet qui émet dans l'infrarouge peut être vu dans le submillimétrique. Plus une source lumineuse est éloignée plus elle sera observée avec un décalage important vers le rouge. Les sources à grand redshift correspondent ainsi à des objets

éloignés et anciens, et donc de l'Univers jeune.

En savoir plus :

Ce travail a fait l'objet d'un soutien du CNES, du CNRS, de la région Île-de-France et de l'ANR.

À propos de Planck

Lancé en 2009, Planck a été conçu pour cartographier le ciel dans neuf fréquences en utilisant deux instruments à la pointe de la technologie : l'instrument à basse fréquence LFI, qui comprend les bandes de fréquences 30-70 GHz, et l'instrument à haute fréquence HFI, qui couvre les fréquences 100-857 GHz. HFI a terminé son enquête en Janvier 2012, LFI a continué à faire des observations scientifiques jusqu'au 3 octobre 2013, avant d'être éteint le 19 octobre 2013.

La première image du ciel complet de Planck a été publiée en 2010, et les premières données scientifiques ont été publiées en 2011. La première image du fond cosmologique a été publiée en mars 2013, et les données polarisées en 2015.

La collaboration scientifique Planck se compose de tous les scientifiques qui ont contribué au développement de la mission, et qui participent à l'exploitation scientifique des données au cours de la période de propriété. Ces scientifiques sont membres de l'une ou plusieurs des quatre consortia : le Consortium LFI, Consortium HFI, le Consortium DK-Planck, et Bureau des sciences Planck de l'ESA. Les deux centres de traitement des données de Planck sont situés à Paris, en France et Trieste, en Italie. Le consortium du LFI est dirigé par N. Mandolesi, Agence Spaziale Italiana ASI, Italie (vice-PI: M. Bersanelli, Università degli Studi di Milano, Italie), et a été responsable du développement et de l'exploitation de LFI. Le consortium HFI est dirigé par J-L. Puget, Institut d'Astrophysique Spatiale à Orsay, France (vice-PI: F. Bouchet, Institut d'Astrophysique de Paris, France), et a été responsable du développement et de l'exploitation de HFI. Le CNES a soutenu le développement de HFI, de son centre de traitement (DPC), et de l'exploitation.

Plus d'informations sur <http://www.planck.fr>

À propos de Herschel

Herschel, l'observatoire spatial de pointe de l'ESA, est constitué du plus grand et du plus puissant télescope infrarouge jamais envoyé dans l'espace. Le premier observatoire couvrant toute la gamme de l'infrarouge lointain au submillimétrique, Herschel est sensible à l'infrarouge lointain bien au delà de toutes les missions précédentes. Il permet d'étudier les régions invisibles de l'Univers proche et lointain, froides et obscurcies par la poussière interstellaire.

L'observatoire dispose de trois instruments scientifiques de pointe : deux caméras et un spectromètre à très haute résolution.

Plus d'informations sur <http://www.herschel.fr>

Références :

High-redshift infrared galaxy overdensity candidates and lensed sources discovered by Planck and confirmed by Herschel-SPIRE, Planck Collaboration, *Astronomy & Astrophysics*, sous presse et disponible sur le site A&A et arXiv.

Contact :

- **Hervé Dole** (Université Paris Sud – IAS) : +33 1 69 85 85 72 - Herve.Dole@ias.u-psud.fr
- **Ludovic Montier** (CNRS – IRAP) : +33 5 61 55 65 51 - ludovic.montier@irap.omp.eu