



COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS | 1^{er} DECEMBRE 2014

Planck : nouvelles révélations sur la matière noire et les neutrinos fossiles

La collaboration Planck, qui implique notamment le CNRS, le CEA, le CNES et plusieurs universités françaises, dévoile à partir d'aujourd'hui à la conférence de Ferrara (Italie) les résultats des quatre années d'observation du satellite *Planck* de l'Agence spatiale européenne (ESA), dédié à l'étude du « rayonnement fossile », la plus vieille lumière de l'univers. Pour la première fois, la plus ancienne image de notre univers est mesurée précisément selon deux paramètres de la lumière (en intensité et en polarisation¹), sur l'ensemble de la voûte céleste. Cette lumière primordiale nous permet de « voir » les particules les plus insaisissables : la matière noire et les neutrinos fossiles.

De 2009 à 2013, le satellite *Planck* a observé le rayonnement fossile, la plus ancienne image de l'univers, encore appelé fonds diffus cosmologique. Aujourd'hui, avec l'analyse complète des données, la qualité de la carte obtenue est telle que les empreintes laissées par la matière noire et les neutrinos primordiaux, entre autres, sont clairement visibles.

Déjà, en 2013 la carte des variations d'intensité lumineuse avait été dévoilée, nous renseignant sur les lieux où se trouvait la matière 380 000 ans après le Big-Bang. Grâce à la mesure de la polarisation de cette lumière (pour le moment dans 4 des 7 canaux²), *Planck* est capable de voir comment cette matière bougeait. Notre vision de l'univers primordial devient alors dynamique. Cette nouvelle dimension et la qualité des données permettent de tester de nombreux paramètres du modèle standard de la cosmologie. En particulier, elles éclairent aujourd'hui ce qu'il y a de plus insaisissable dans l'univers : la matière noire et les neutrinos.

De nouvelles contraintes sur la matière noire

Les résultats de la collaboration Planck permettent à présent d'écarter toute une classe de modèles de matière noire, dans lesquels l'annihilation matière noire - antimatière noire serait importante. L'annihilation entre une particule et son antiparticule³ désigne la disparition conjointe de l'une et de l'autre, qui s'accompagne d'une libération d'énergie.

L'idée de matière noire commence à être largement admise mais la nature des particules qui la composent reste inconnue. Les modèles sont nombreux en physique des particules et l'un des buts aujourd'hui est de réduire le champ des possibles en multipliant les voies d'exploration, par exemple en recherchant des effets de cette matière mystérieuse sur la matière ordinaire et la lumière. Les observations de *Planck* montrent qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à l'existence d'une forte annihilation matière noire - antimatière noire pour expliquer la dynamique des débuts de l'univers. En effet, un tel mécanisme



www.cnrs.fr



produirait une quantité d'énergie qui influencerait sur l'évolution du fluide lumière-matière, en particulier aux périodes proches de l'émission du rayonnement fossile. Or, les observations les plus récentes n'en portent pas la trace.

Ces nouveaux résultats sont encore plus intéressants lorsqu'ils sont confrontés aux mesures réalisées par d'autres instruments. Les satellites *Fermi* et *Pamela*, tout comme l'expérience AMS-02 à bord de la station spatiale internationale, ont observé un excès de rayonnement cosmique, pouvant être interprété comme une conséquence de l'annihilation de matière noire. Compte tenu des résultats de Planck, il va falloir préférer une explication alternative à ces mesures d'AMS-02 ou de *Fermi* (par exemple l'émission de pulsars non détectés) si l'on fait l'hypothèse – raisonnable – que les propriétés de la particule de matière noire sont stables au cours du temps.

Par ailleurs, la collaboration *Planck* confirme que la matière noire occupe un peu plus de 26 % de l'univers actuel (valeur issue de son analyse en 2013), et précise la carte de la densité de matière quelques milliards d'années après le Big-Bang grâce aux mesures en température et en polarisation en modes B.

Les neutrinos des premiers instants décelés

Les nouveaux résultats de la collaboration Planck portent aussi sur un autre type de particules très élusives : les neutrinos. Ces particules élémentaires « fantômes », produites en abondance dans le Soleil par exemple, traversent notre planète pratiquement sans interaction, ce qui rend leur détection extrêmement difficile. Il n'est donc pas envisageable de détecter directement les premiers neutrinos, produits moins d'une seconde après le Big-Bang, qui sont extrêmement peu énergétiques. Pourtant, pour la première fois, *Planck* a détecté sans ambiguïté l'effet de ces neutrinos primordiaux sur la carte du rayonnement fossile.

Les neutrinos primordiaux décelés par *Planck* ont été libérés une seconde environ après le Big-Bang, lorsque l'univers était encore opaque à la lumière mais déjà transparent à ces particules qui peuvent s'échapper librement d'un milieu opaque aux photons, tel que le cœur du Soleil. 380 000 ans plus tard, lorsque la lumière du rayonnement fossile a été libérée, elle portait l'empreinte des neutrinos car les photons ont interagi gravitationnellement⁴ avec ces particules. Ainsi, observer les plus anciens photons a permis de vérifier les propriétés des neutrinos.

Les observations de *Planck* sont conformes au modèle standard de la physique des particules. Elles excluent quasiment l'existence d'une quatrième famille de neutrinos⁵ auparavant envisagée d'après les données finales du satellite *WMAP*, le prédécesseur américain de *Planck*. Enfin, *Planck* permet de fixer une limite supérieure à la somme des masses des neutrinos, qui est à présent établie à 0.23 eV (électronvolt)⁶.

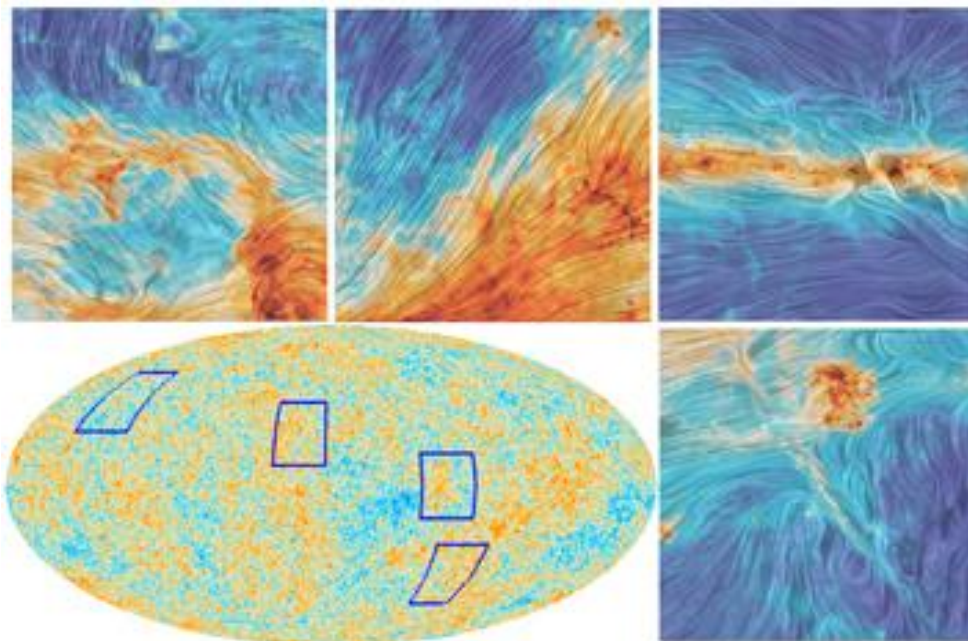
Les données de la mission complète et les articles associés qui seront soumis à la revue *Astronomy & Astrophysics* (A&A) seront disponibles dès le 22 décembre 2014 sur le [site de l'ESA](#). Ces résultats sont notamment issus des mesures faites avec l'instrument haute fréquence HFI conçu et assemblé sous la direction de l'Institut d'astrophysique spatiale (CNRS/Université Paris-Sud) et exploité sous la direction de



www.cnrs.fr



l'Institut d'astrophysique de Paris (CNRS/UPMC) par différents laboratoires impliquant le CEA, le CNRS et les universités, avec des financements du CNES et du CNRS.



La carte de température du rayonnement fossile (en bas à gauche) et des zooms montrant en relief la polarisation de la lumière dans le canal 353 GHz (les couleurs correspondent à l'intensité de l'émission thermique des poussières de notre Galaxie).
© ESA – collaboration Planck

¹ La polarisation est une propriété de la lumière au même titre que la couleur ou que la direction de propagation. Cette propriété est invisible pour l'œil humain mais elle nous est familière (lunettes de soleil aux verres polarisés, lunettes 3D au cinéma, par exemple). Un photon qui se propage est associé à un champ électrique (E) et à un champ magnétique (B) tous deux orthogonaux entre eux et à la direction de propagation. Si le champ électrique reste dans un même plan, on dit que le photon est polarisé linéairement. C'est le cas pour le rayonnement fossile.

² Dans les trois bandes de fréquence de l'instrument basse fréquence et dans le canal à 353 GHz de l'instrument haute fréquence.

³ Dans certains modèles, la particule de matière noire est sa propre anti-particule.

⁴ Rappelons que dans le cadre de la relativité générale, même s'ils n'ont pas de masse, les photons sont sensibles à la gravitation qui courbe l'espace-temps.

⁵ On dénombre dans le modèle standard de la physique des particules trois familles de neutrinos.

⁶ L'électronvolt, noté eV, est une unité d'énergie utilisée en physique des particules pour exprimer les masses, l'égalité $E=mc^2$ reliant l'énergie et la masse (c désigne la vitesse de la lumière). La particule connue la plus légère après le photon et le neutrino pèse 511 keV, soit plus de 2 millions de fois plus que la somme des masses des trois neutrinos.



Les principaux laboratoires français impliqués dans la mission *Planck*

Les laboratoires français suivants ont été impliqués dans la construction puis dans l'analyse des données de l'instrument HFI (des mesures brutes aux cartes par fréquence), ainsi que dans l'interprétation astrophysique et cosmologique de l'ensemble des données de la mission *Planck* :

- APC, AstroParticule et cosmologie (Université Paris Diderot/CNRS/CEA/Observatoire de Paris), à Paris.
- IAP, Institut d'astrophysique de Paris (CNRS/UPMC), à Paris.
- IAS, Institut d'astrophysique spatiale (Université Paris-Sud/CNRS), à Orsay.
- Institut Néel (CNRS), à Grenoble.
- IPAG, Institut de planétologie et d'astrophysique de l'Observatoire des sciences de l'Univers de Grenoble (CNRS/Université Joseph Fourier), à Grenoble.
- IRAP, Institut de recherche en astrophysique et planétologie de l'Observatoire Midi-Pyrénées (Université Paul Sabatier/CNRS), à Toulouse.
- CEA-IRFU, Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers du CEA, à Saclay.
- LAL, Laboratoire de l'accélérateur linéaire (CNRS/Université Paris-Sud), à Orsay.
- LERMA, Laboratoire d'étude du rayonnement et de la matière en astrophysique (Observatoire de Paris/CNRS/ENS/Université Cergy-Pontoise/UPMC), à Paris.
- LPSC, Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie (Université Joseph-Fourier/CNRS/Grenoble-INP), à Grenoble.
- CC-IN2P3 du CNRS, Centre de calcul de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) du CNRS.

Pour aller plus loin

- Le site web grand public de la mission *Planck* : www.planck.fr
- Films « Mission Planck » : [2013, images de l'Univers en formation](#), [2014, de nouveaux résultats](#), et [Planck 2014, Voir l'invisible](#), réalisés par Véronique Kleiner, produits par CNRS Images. Ces vidéos sont disponibles auprès de la vidéothèque du CNRS, videotheque-diffusion@cnrs.fr.
- Une foire aux questions sur les résultats et la mission *Planck*, à télécharger.

Contacts

Chercheurs CNRS (mission) | Jean-Loup Puget | T 01 69 85 86 65 | jean-loup.puget@ias.u-psud.fr
François Bouchet | T 01 44 32 80 95 / 06 82 81 87 78 | skype : francois.bouchet | bouchet@iap.fr
Chercheuse (matière noire) | Silvia Galli | T 06 24 74 06 56 | skype : silvia.galli.cosmo | gallis@iap.fr
Chercheur CNRS (neutrinos) | Julien Lesgourgues | T +41 22 767 28 24 | julien.lesgourgues@lapth.cnrs.fr
Chercheuse CNRS (matière noire et neutrinos) | Cécile Renault | T 04 76 28 40 13 / 06 81 63 09 81 | cecile.renault@lpsc.in2p3.fr
Chercheur CNRS (polarisation) | Marc-Antoine Miville-Deschenes | T 01 69 85 85 79 / 06 61 85 67 23 | mamd@ias.u-psud.fr

Presse CNRS | Véronique Etienne | T 01 44 96 51 37 | veronique.etienne@cnrs-dir.fr