

A propos de la science de Planck

Pourquoi étudier le rayonnement fossile?

Le rayonnement fossile est la plus ancienne image de notre univers : on ne peut donc voir plus loin ni dans l'espace ni dans le temps. Emise environ 380 000 ans après le Big-Bang, cette image a conservé l'empreinte de ce qui s'est passé avant. Au cours de son voyage de près de 14 milliards d'années jusqu'à nous, cette lumière contient aussi des traces de ce qu'elle a traversé.

Qu'est que la polarisation ?

La polarisation est une propriété de la lumière, au même titre que la couleur (ou fréquence) 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). Elle nous renseigne, en général, sur les processus physiques qui ont produit cette polarisation, souvent la dernière interaction entre la lumière et la matière.

La carte Planck ainsi que les données du projet seront-elles rendus publiques ?

Oui, bien sûr. Simultanément à la mise en ligne des articles scientifiques, les données de la mission complète deviendront disponibles. C'est prévu pour le 22 décembre 2014.

Parmi ces données, plus de 1000 cartes seront accessibles. L'utilisateur pourra choisir la fréquence, la période temporelle, les détecteurs, le type d'analyse etc.

Confirmez-vous les résultats Planck publiés en mars 2013 ?

Les valeurs des paramètres cosmologiques sont très stables : la répartition en termes d'énergie dans l'univers aujourd'hui est de 4.9% de matière ordinaire (dite aussi baryonique), 26.4 % de matière noire froide et 68.7% de constante cosmologique (énergie sombre). Quant à la courbure de l'espace, elle est de mesure nulle avec une précision encore améliorée : $\Omega_k=0.000 \pm 0.005$ à 95% de niveau de confiance (Ω_k correspond à un espace euclidien).

L'inflation est contrainte par deux paramètres eux aussi très stables. Nous reviendrons bientôt sur ce sujet à l'occasion des résultats de l'étude conjointe Planck-BICEP2.

Les anomalies sont toujours présentes sur la carte en température, bien sûr. La sensibilité actuelle ne permet pas de tester ces particularités aux plus grandes échelles en polarisation.

Quelles sont les nouveautés ?

Les résultats actuels sont nouveaux et impressionnants en ce qui concerne la matière noire et les neutrinos. Le rayonnement fossile est sensible aux propriétés des particules massivement présentes dans l'univers primordial et ces propriétés désignent sans ambiguïté le neutrino, en plus du photon naturellement.

De plus, la quantité maximale d'énergie produite par de l'annihilation de matière noire qui peut être injectée dans le milieu est fortement limitée. Les résultats de la collaboration excluent (à 95 %) une interprétation « matière noire » de l'excès de rayonnement cosmique d'AMS-02, Fermi et Pamela (le signal vu par Fermi autour du centre galactique reste acceptable). Un résultat lié à la polarisation mérite également l'attention : il s'agit de la détection sans ambiguïté et de la caractérisation précise du signal en modes B. Ce n'est pas un signal lié aux ondes gravitationnelles produites lors de l'inflation mais un signal secondaire produit par effet de lentille gravitationnelle, visible aux échelles angulaires de 0.1 à 10 degrés environ. Il participe à une meilleure connaissance des paramètres cosmologiques et à la validation du modèle.

Enfin, on peut signaler la réalisation de la carte sur tout le ciel de l'interaction entre le rayonnement fossile et les électrons chauds qui peuplent les amas et super-amas de galaxies. Cette information nous renseigne directement sur la densité et la température de ces électrons chauds rencontrés par le rayonnement fossile, et donc indirectement sur la masse des amas de galaxie traversés. C'est un nouvel outil pour la cosmologie observationnelle et la physique des amas de galaxie.

Plus de détails sur www.planck.fr/resultats.

A propos de la mission Planck

Le satellite et ses instruments

Un miroir de 1,5 mètre de diamètre focalise la lumière vers deux instruments. L'instrument basse fréquence LFI cartographie le ciel avec vingt-deux radiomètres dans le domaine des ondes radio millimétriques. L'instrument haute fréquence HFI scrute le ciel avec cinquante-deux bolomètres, du domaine des ondes radio submillimétriques jusqu'à l'infrarouge lointain. Planck n'est pas un observatoire : il cartographie simplement tout le ciel. Le satellite tourne sur lui-même à un tour par minute et suit le mouvement de la Terre autour du Soleil : il peut ainsi observer la quasi-totalité du ciel en six mois.

Bref historique de la mission

Après plus de 15 ans de conception et de réalisation, le satellite Planck a été lancé le 14 mai 2009, conjointement avec le satellite infrarouge Herschel, par une fusée Ariane 5 depuis le port spatial de Kourou en Guyane française.

Un mois et demi plus tard, le satellite a rejoint le point Lagrange 2 à 1,5 million de kilomètres de la Terre et les observations scientifiques ont pu commencer. L'instrument HFI a été opérationnel pour des observations du ciel jusqu'à l'épuisement de ses réserves d'hélium 3. Le satellite a été définitivement éteint quelques jours après la fin des opérations pour l'instrument LFI depuis le Centre des opérations de l'ESA le 23 octobre 2013.

En janvier 2011, une série d'articles scientifiques a accompagné les premiers catalogues de sources compactes et d'amas de galaxies vus par l'effet Sunyaev-Zeldovich. En mars 2013, les premiers résultats cosmologiques ont accompagné les cartes en température du rayonnement fossile de la mission nominale (du 14 août 2009 au 27 novembre 2010). En 2014, de nouveaux résultats cosmologiques incluant les données de la mission complète, polarisation incluse, sont présentés.

Qui finance la mission Planck ?

Planck est un projet financé, en grande partie, par l'ESA, Agence spatiale européenne. La France est leader de l'instrument HFI (High-Frequency Instrument), essentiel pour les résultats cosmologiques, dont la construction a coûté 140 millions d'euros et a mobilisé 80 chercheurs de dix laboratoires du CNRS, du CEA et d'Universités. La France a assuré

plus de 50% du financement de cette construction ainsi que celui du traitement des données : ce financement provient pour moitié du CNES, pour moitié du CNRS et des Universités. La France participe également à hauteur de 15% au coût de la mission elle-même via sa contribution financière obligatoire au programme scientifique de l'ESA.

Qui sont les responsables de la mission ?

Une équipe de dix personnes partagent les responsabilités de la collaboration Planck au sein du *Science Team* :

- le responsable du projet Planck pour l'ESA basé à l'ESTEC (European Space Research and Technology Center) aux Pays-Bas,
- le responsable du télescope,
- pour chacun des instruments : le responsable scientifique, le responsable de l'exploitation scientifique, le responsable de l'instrument, l'expert scientifique des cartes du ciel.

Les responsables de HFI sont majoritairement français, ceux de LFI majoritairement italiens.

Le rôle du *Science Team* est de coordonner les groupes de travail, d'assurer le bon avancement du projet et la qualité des résultats scientifiques.

Pourquoi la mission porte-t-elle le nom de Planck ?

La mission porte le nom de Planck selon le scientifique allemand Max Planck qui a, en 1899, expliqué la façon dont un corps à l'équilibre thermique émet un rayonnement et a ainsi jeté les bases de la mécanique quantique.

Combien de collaborateurs participent à la mission et quel est le nombre de pays impliqués dans le projet?

Environ 600 chercheurs, ingénieurs et administratifs dans près de 15 pays à travers le monde participent à la mission Planck. En savoir plus : <http://public.planck.fr/les-planckiens/organisation-collaboration> .

Existe-t-il des projets concurrents ?

Planck est la troisième génération de satellite dédié à l'étude du rayonnement fossile. L'ensemble de ses caractéristiques (couverture de tout ciel, neuf fréquences

d'observation, sensibilité "ultime" des détecteurs bolométriques refroidis à 0,1 kelvin) font qu'aucun projet en cours n'est globalement compétitif en termes de retombées scientifiques.

Cependant des projets au sol ou en ballon se sont spécialisés sur certains aspects du rayonnement fossile et ont des capacités équivalentes ou supérieures à celle de Planck pour ces points précis. Par exemple :

- les projets ACT et SPT ont une meilleure résolution angulaire avec des miroirs primaires de 6 ou 10 mètres de diamètre,
- les projets BICEP, KECK, POLARBEAR, ou EBEX ont une meilleure sensibilité au signal très faible des ondes gravitationnelles primordiales avec des matrices de milliers de détecteurs.

Ces projets sont complémentaires et leurs données sont ou seront combinées pour obtenir les meilleures contraintes observationnelles.

Quelle est la prochaine étape de la mission Planck ?

La collaboration Planck sortira d'autres résultats au fur et à mesure du travail qu'elle est encore amenée à faire. La polarisation est une information précieuse mais très délicate à exploiter : le signal qui intéresse les scientifiques est faible, voire très faible, et de surcroît mélangé à des rayonnements d'avant-plan. De plus, l'instrument doit être parfaitement maîtrisé afin de s'assurer que la polarisation mesurée ne soit pas polluée par la partie non polarisée du signal, souvent plusieurs millions de fois plus intense. En 2015, la collaboration devrait officiellement s'achever avec la publication de résultats cosmologiques encore affinés et ultime analyse des données. Mais les scientifiques continueront encore longtemps à travailler sur les données de notre satellite !

Comment peut-on avoir plus d'information sur le projet, ses résultats ?

Le site www.planck.fr est fait pour ça !