

# LE SATELLITE PLANCK

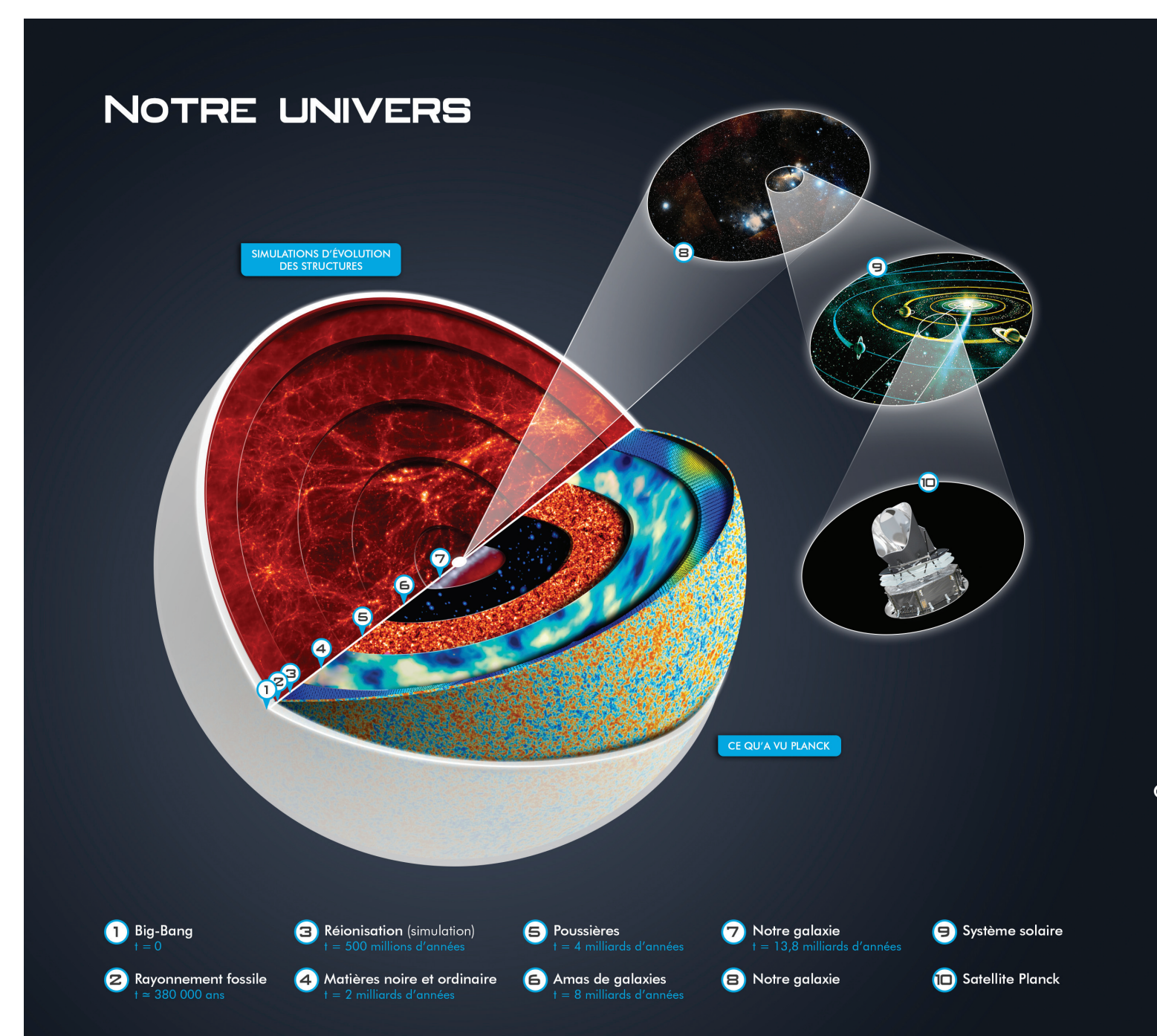
## LE RAYONNEMENT FOSSILE

**Le projet Planck a pour objectif de mesurer avec grande précision un certain rayonnement présent dans l'Univers : le rayonnement fossile.**

Comme son nom le suggère, il s'agit du rayonnement le plus ancien qui ait été émis dans l'Univers. Son observation joue un rôle crucial en astrophysique car elle permet de reconstituer avec précision le contenu ainsi qu'une grande partie de l'histoire de l'Univers.

Ce projet doit permettre de mieux répondre à de nombreuses questions :

- Quels sont l'âge et la forme de l'Univers ?
- Quel sera le futur de l'Univers, expansion infinie, implosion ou autre ?
- Quand l'Univers est-il devenu transparent ?
- Quand les premières étoiles et les premières galaxies se sont-elles formées ?
- Quelles sont les formes de matières et d'énergie qui emplissent l'Univers ?
- Quels mécanismes ont initié la formation des galaxies ?

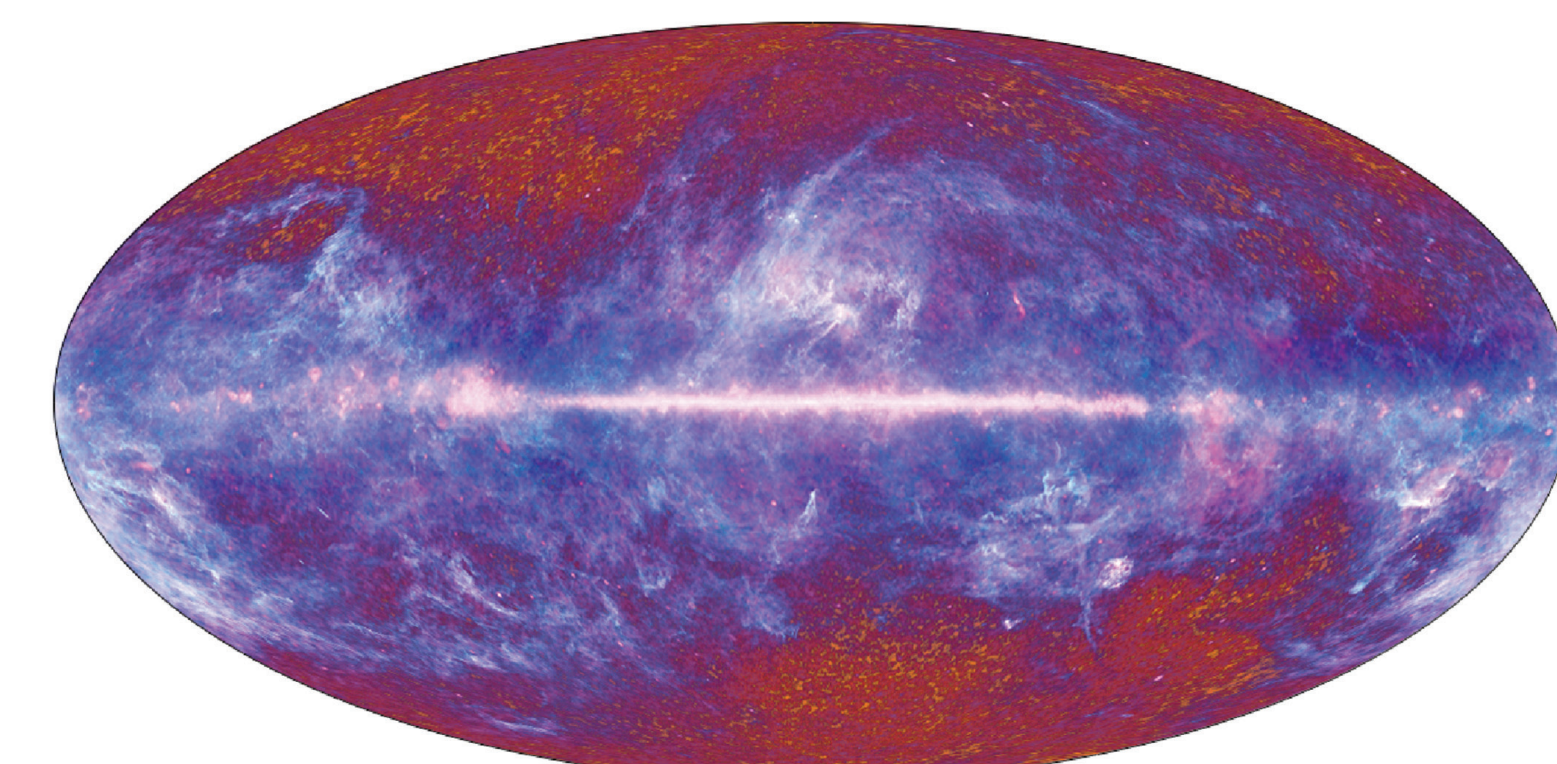


*Vue d'artiste de la position de Planck dans l'Univers. La lumière collectée, émise très tôt après le Big-Bang (il y a 13,8 milliards d'années), apporte aussi un témoignage unique sur l'évolution de l'Univers telle qu'elle s'est produite durant son voyage jusqu'à nous (comme la formation des grandes structures de l'Univers) ainsi que sur notre propre galaxie et notre système solaire.*

## LE SATELLITE PLANCK

Sélectionné en 1996 par l'Agence Spatiale Européenne (ESA), le satellite Planck a décollé le 14 mai 2009 de Kourou en Guyane à bord d'une fusée Ariane 5, pour se mettre en orbite à 1 million et demi de km de la Terre. Il avait à son bord les instruments LFI (basse fréquence, 30 à 70GHz) et HFI (haute fréquence, 100 à 857GHz) et a observé la totalité du ciel durant plus de 2 ans et demi. Son télescope lui permet de distinguer des détails de 5 minutes d'angle (soit 1/6 du diamètre apparent de la Lune).

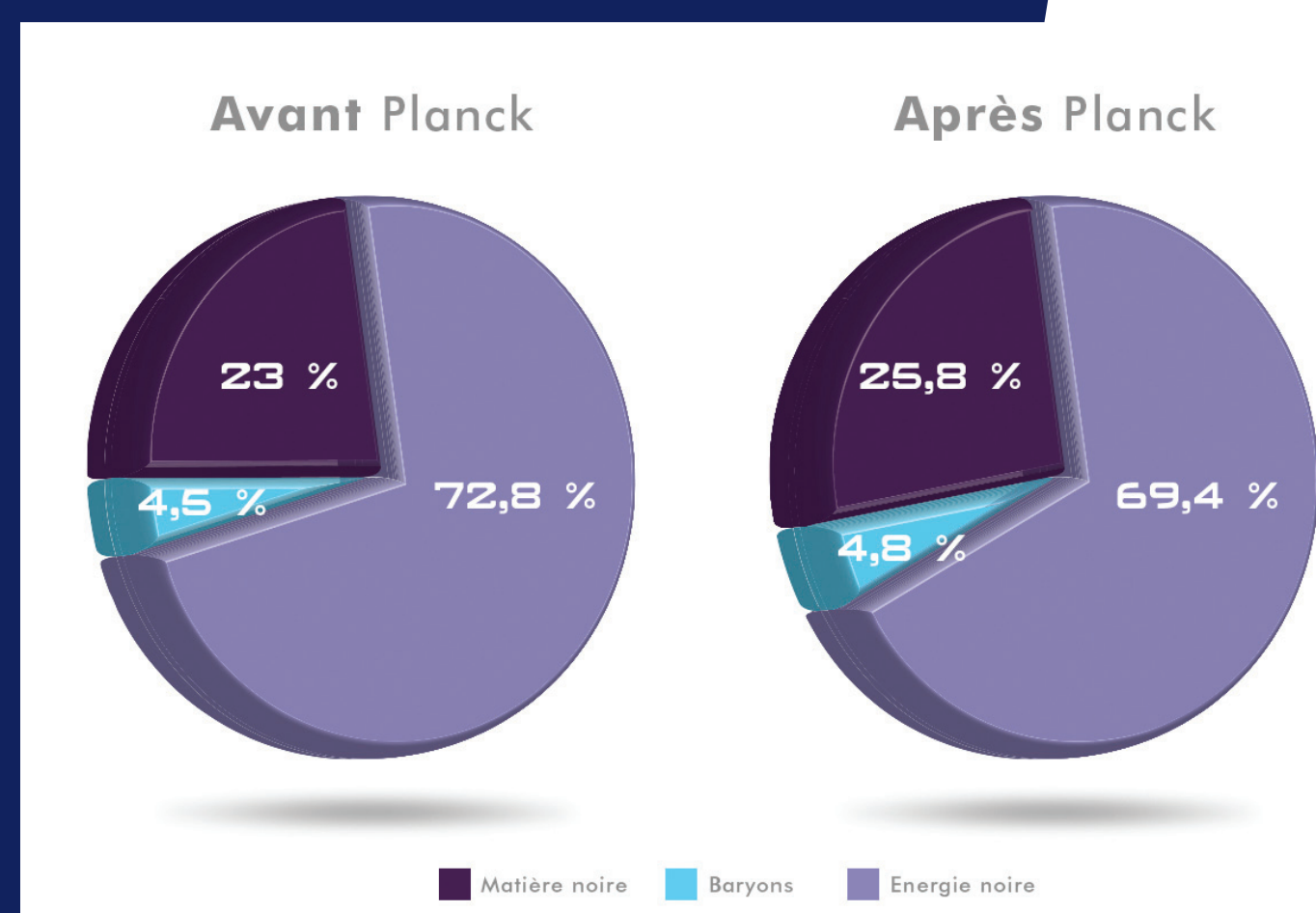
Après des résultats préliminaires en 2010 et 2011, une première moisson de résultats cosmologiques basés sur l'analyse de la moitié des observations a eu lieu en mars 2013. De nouveaux résultats sont attendus en 2014 et 2015.



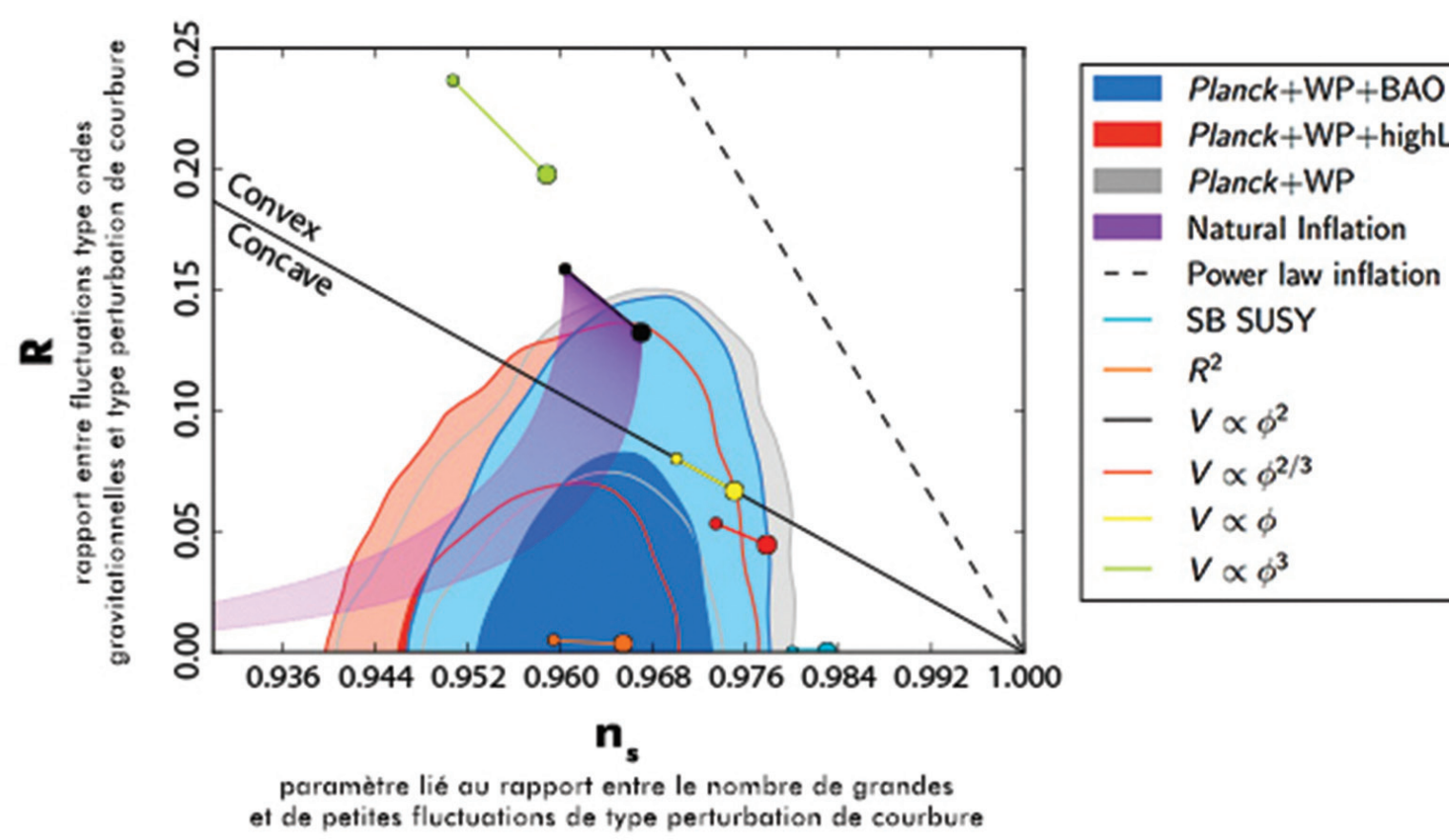
*Image composite superposant l'ensemble des observations faites par Planck durant les 9 premiers mois de la mission. On y voit entre autres le disque Galactique vu sur la tranche (barre blanc-rose au centre), les nuages de poussière Galactique (filaments blanc-bleu) et le signal extra-Galactique et cosmologique (arrière plan jaune-rouge).*

## PREMIERS RÉSULTATS COSMOLOGIQUES

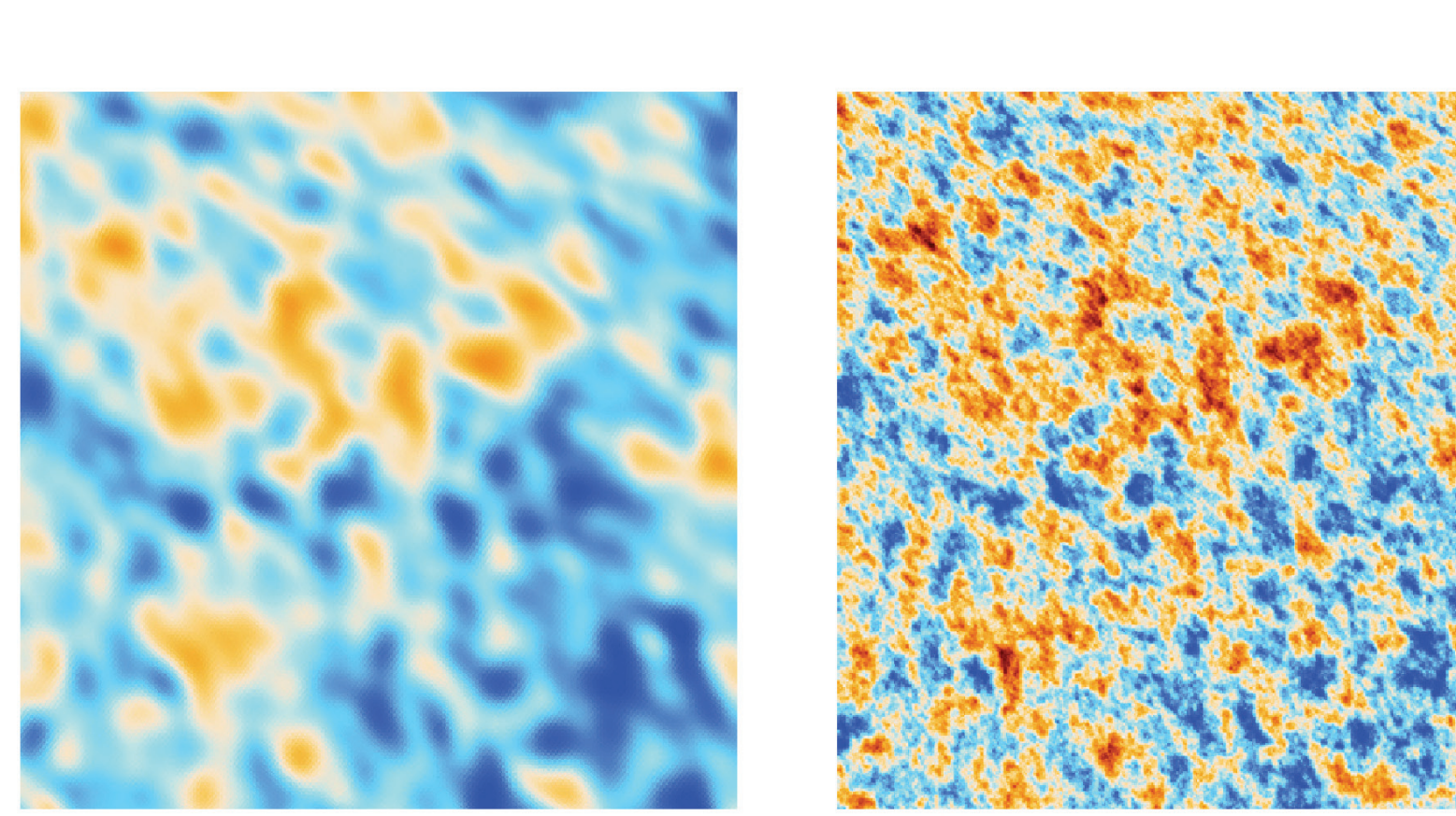
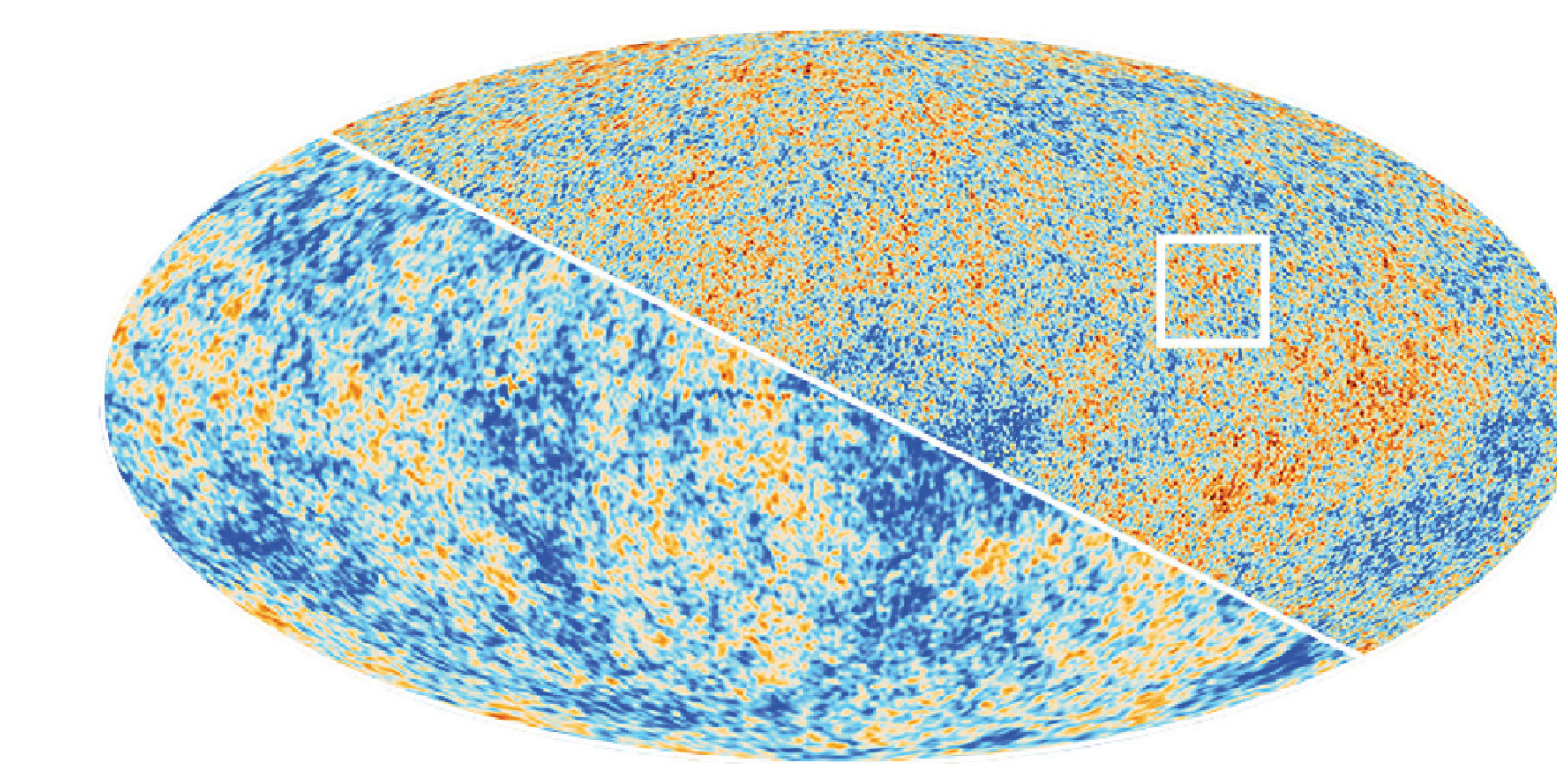
Planck n'est pas le premier satellite dédié à l'observation du fond diffus cosmologique (les satellites américains COBE et WMAP l'ont précédé en 1989 et 2001 respectivement), mais sa plus grande sensibilité instrumentale, sa meilleure résolution angulaire, et sa plus grande couverture spectrale (9 fréquences différentes) lui permettent de produire une carte beaucoup plus détaillée de l'Univers primordial, ce qui permet, entre autres, de mieux connaître la composition de notre Univers actuel, mais aussi de mieux comprendre la phase d'inflation qui s'est produite il y a 13,8 milliards d'années.



*Répartition de l'énergie dans l'univers aujourd'hui en utilisant uniquement les données du rayonnement fossile, Planck inclus ou non.*



*Contraintes sur les modèles d'inflation issues des observations de Planck. Les zones colorées sont*

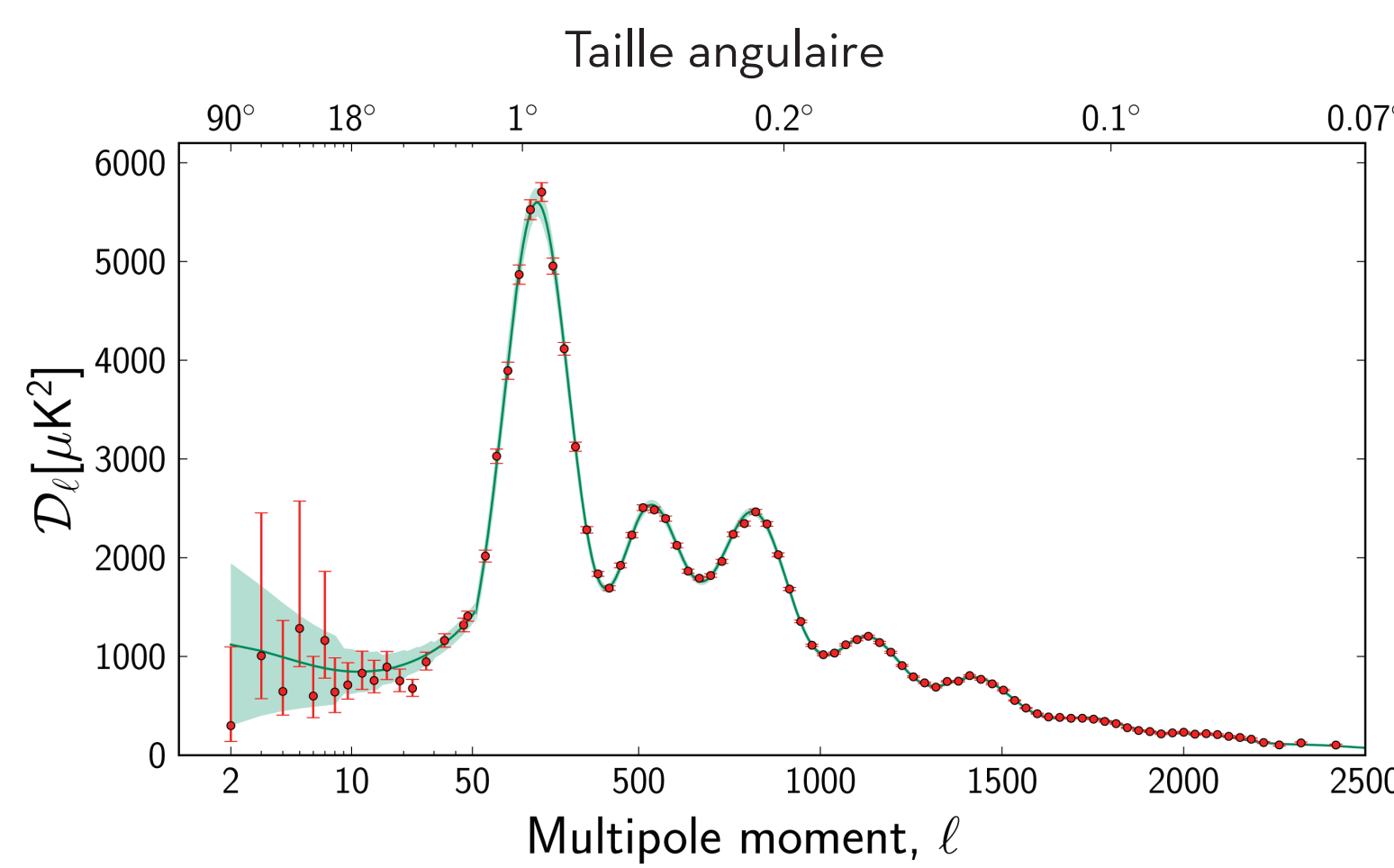


*Comparaison entre le rayonnement fossile vu par le satellite européen Planck et par le satellite américain WMAP 10 ans plus tôt. Les détails sont enfin accessibles sur toute la voûte céleste.*

## CONFIRMATION DU MODÈLE STANDARD...

Dans leur ensemble les données de Planck confirment et affinent le modèle standard de la cosmologie :

- Big-Bang chaud suivi d'une phase d'inflation il y a 13,8 milliards d'années,
- Univers dominé par l'énergie sombre et la matière noire « froide » (dont on ignore la nature exacte),
- Univers Euclidien (« plat »),
- Expansion accélérée de l'Univers
- les grandes structures de l'Univers contemporains (amas de galaxies, galaxies, ...) sont nées de minuscules anisotropies Gaussiennes de densité apparues durant la phase d'inflation primordiale.



*Spectre de puissance angulaire, amplitude des taches sur la carte du rayonnement fossile en fonction de leur taille angulaire, comparant les mesures de Planck (points rouges) au meilleur modèle théorique basé sur ces données (courbe verte). Aux grandes échelles (à gauche du graphique) les points expérimentaux sont légèrement en dessous des prédictions théoriques.*

## ... AVEC QUELQUES ANOMALIES :

- pas assez de "grosses taches" sur la carte du rayonnement fossile,
- différences statistiques entre les 2 hémisphères Galactiques,
- tache froide dans l'hémisphère Galactique sud

**Il est encore trop tôt pour savoir si ces anomalies sont réelles et remettent en cause le modèle standard, ou si elles sont de simples accidents statistiques.**

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://planck.fr>



# LA CONTRIBUTION

# DE L'IAP À LA MISSION PLANCK

## INFRASTRUCTURE DU TRAITEMENT DES DONNÉES

**L'IAP constitue l'un des centres de traitement de données officiels de l'instrument haute fréquence HFI du satellite Planck et à ce titre, a un rôle à la fois technique et scientifique.**

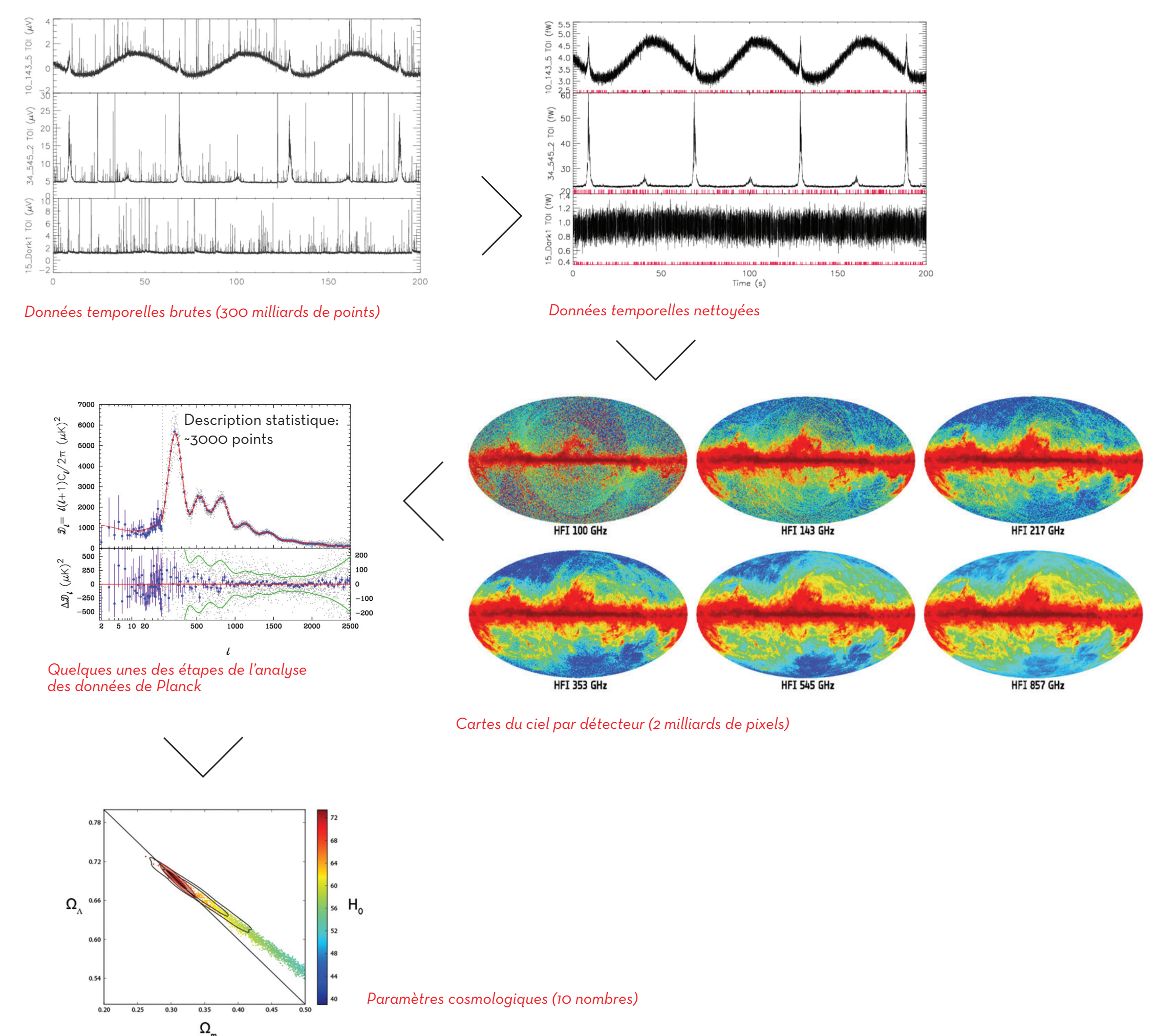
Les instruments de Planck-HFI ont fourni plus de 300 milliards de mesures (soit 3000 GigaOctets) qui doivent être soigneusement analysées, combinées et distillées pour en extraire des cartes du ciel contenant quelques millions de pixels, puis une poignée de nombres décrivant l'Univers primordial.

Afin de comprendre, quantifier et corriger des effets subtils dus à l'instrument, aux conditions d'observation ou à l'analyse elle-même, le même processus doit être répété des centaines de fois avec des données simulées.

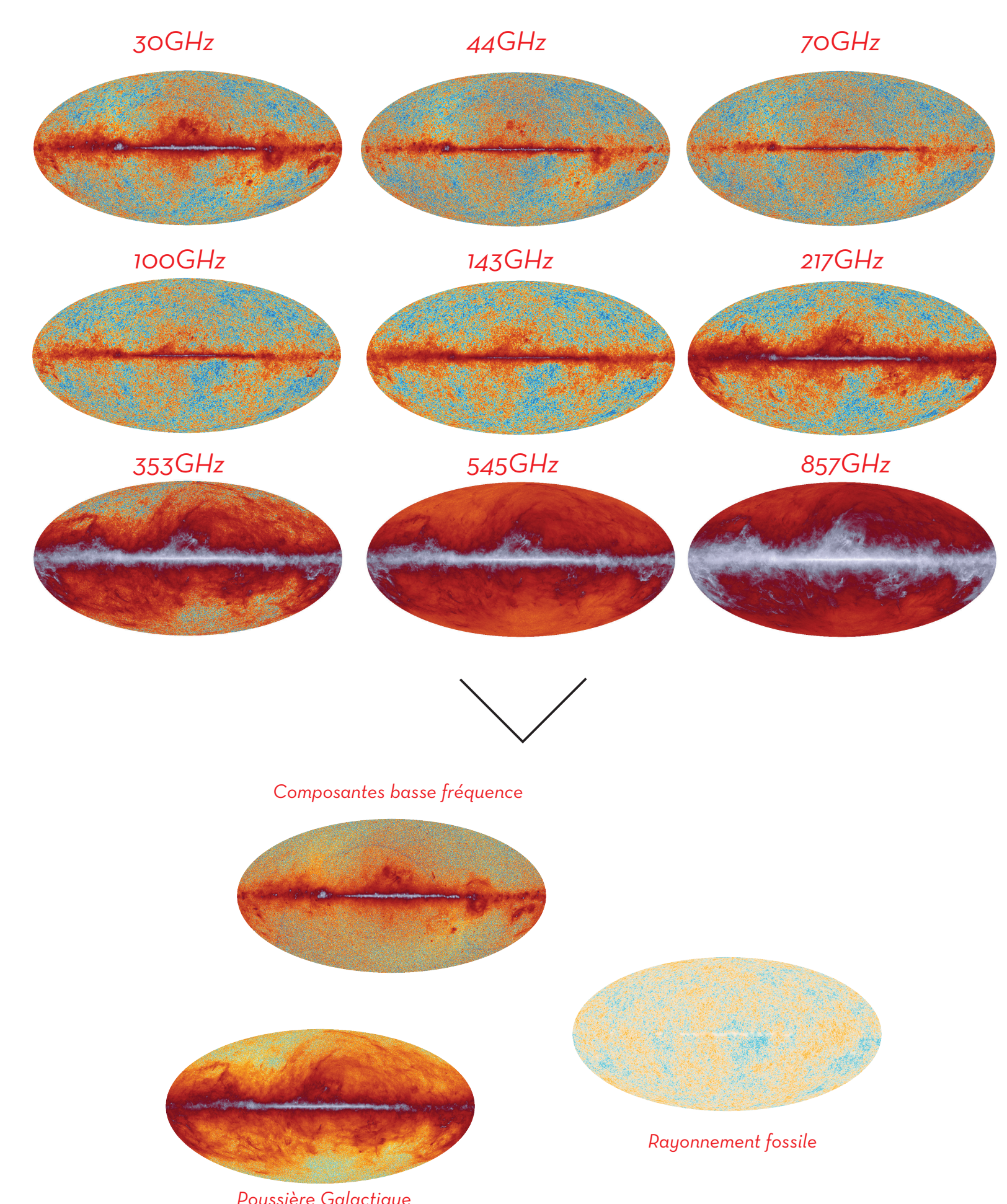
Pour faire face aux défis liés au volume et à la complexité de l'analyse, les chercheurs et les ingénieurs de Planck-HFI de l'IAP développent, mettent en place et maintiennent une infrastructure informatique et logicielle hors du commun :

- centre de calcul Magique3 (hébergé par l'IAP)
- 1200 CPUs,
- espace disque: 300 000 GigaOctets,
- vitesse de calcul théorique: 13 000 milliards d'opérations/seconde
- plus de 200 utilisateurs du monde entier

Ces nouvelles solutions logicielles assurent l'exploitation optimale des ressources informatiques, la facilité d'accès des équipes d'analyses depuis le monde entier et la flexibilité du processus d'analyse, tout en assurant la traçabilité des multiples étapes effectuées. Il est ainsi possible de savoir quand, comment, par qui et avec quels ingrédients chaque produit de la chaîne d'analyse a été obtenu.



Vues du centre de calcul magique3 dans les sous-sol de l'IAP



Séparation des composantes astrophysiques en exploitant les différences entre les cartes observées par Planck à 9 fréquences, il est possible de reconstruire chacune des contributions astrophysiques aux observations, qu'elles soient d'origine Galactique ou cosmologique.

## CONTRIBUTION DE L'IAP À L'EXPLOITATION SCIENTIFIQUE DES DONNÉES DE PLANCK

- Reconstruction du pointage et de l'attitude du satellite, nécessaires à la projection des données temporelles sur des cartes
- Modélisation de la réponse instrumentale et en particulier modélisation et correction de la complexité (non-linéarité) de la réponse électronique
- Caractérisation du faisceau optique de chaque détecteur

L'IAP a fortement contribué à l'un des problèmes les plus ardues de l'analyse des données de Planck: la séparation du signal reçu en ses différentes composantes, d'origine cosmologique (rayonnement fossile) extra-galactique, galactique, interstellaire, zodiacale et même planétaire

### Etude des contributions d'avant plan :

- Effet de lentille gravitationnelle sur le fond diffus des grandes structures de l'Univers

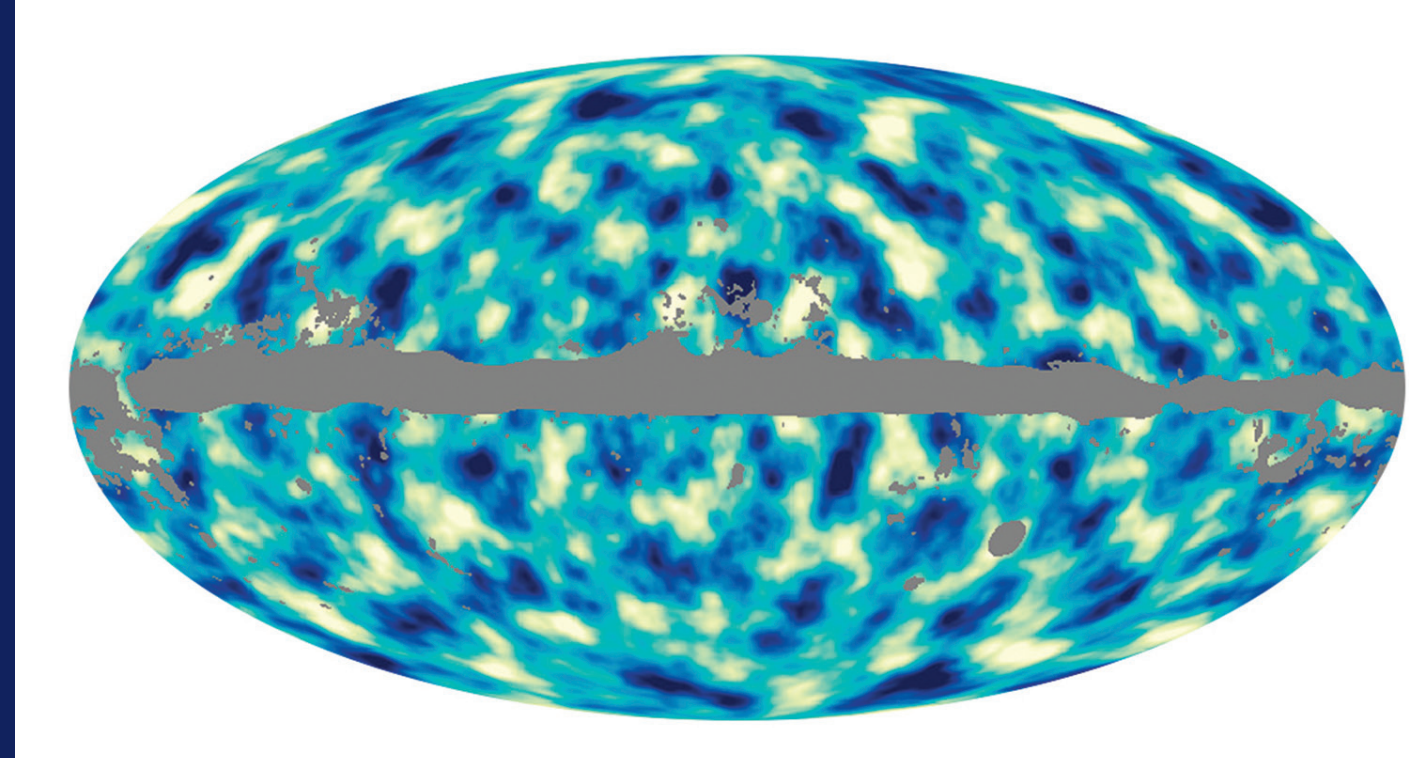
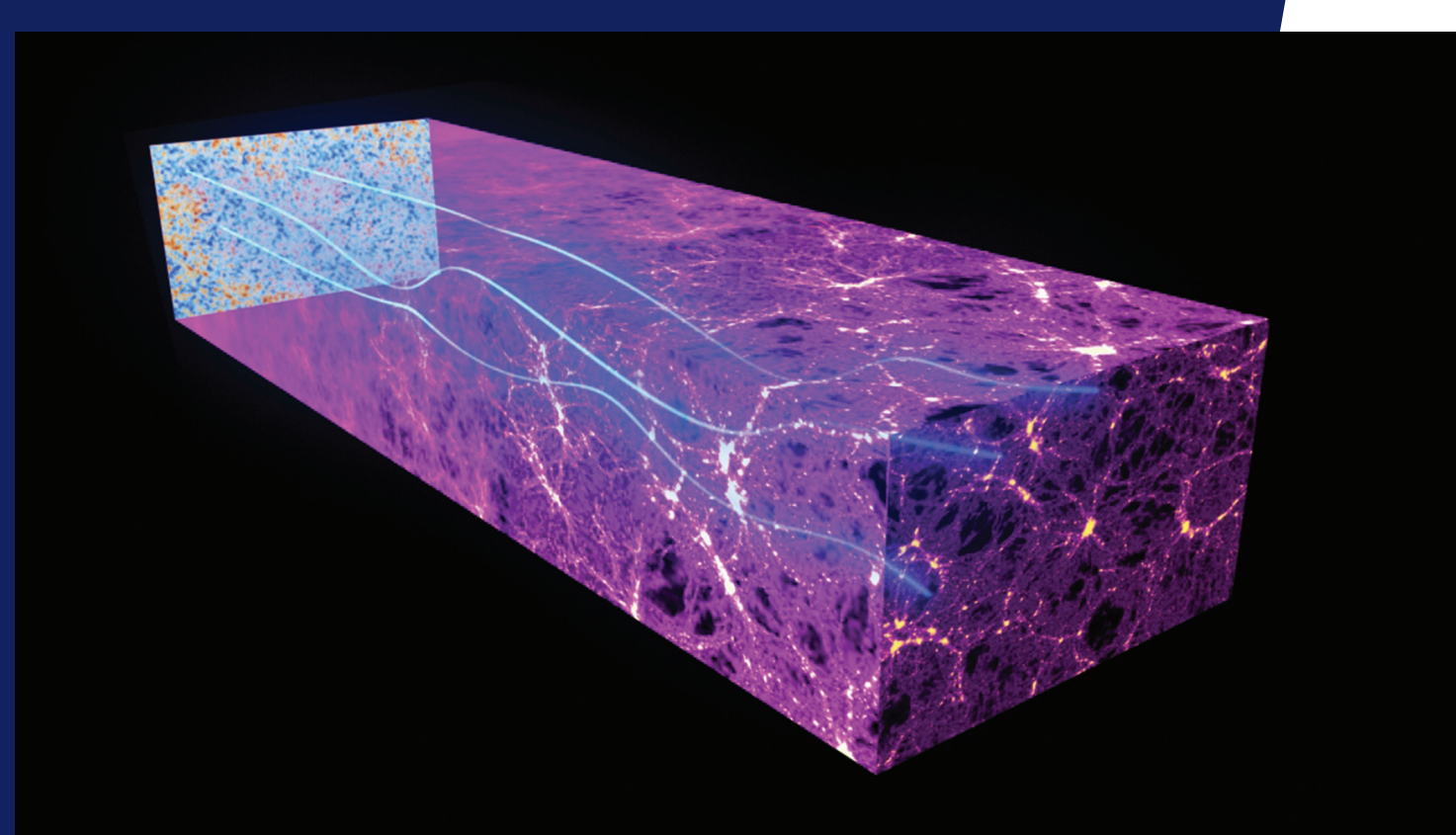
### Statistique du rayonnement fossile :

- Amplitude respective des anisotropies (taches) en fonction de leur taille angulaire
- Interprétation cosmologique des observations

### Préparation des données de l'instrument HFI :

rendues publiques par l'ESA et publication d'outils d'analyse cosmologique

**En participant à l'étude de la statistique des fluctuations du rayonnement fossile, l'IAP a pu confirmer une des prédictions du modèle standard de formation de l'Univers, conforter l'existence d'une phase d'inflation primordiale et écarter certains modèles alternatifs de formation de l'Univers.**



Effet de lentille gravitationnelle: la trajectoire de la lumière provenant du rayonnement fossile est déviée par la gravitation des grandes structures de l'Univers; Planck a permis de reconstruire la première carte de la masse des grandes structures

Membres de l'équipe Planck à l'IAP (au 1<sup>er</sup> août 2013) : Karim Benabed, François R. Bouchet, Jean-François Cardoso, Stéphane Colombi, Jean-Marc Delouis, Franz Elsner, Silvia Galli, Eric Hivon, Hugo Jiménez-Pérez, Andrea Moneti, Sylvain Mottet, François Orioux, Asja Prohic-Doric, Simon Prunet, Alain Riazuelo, Stéphane Rouberol, Jean-François Sygnet, Sybille Téchené, Benjamin Wandelt

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://planck.fr>

