



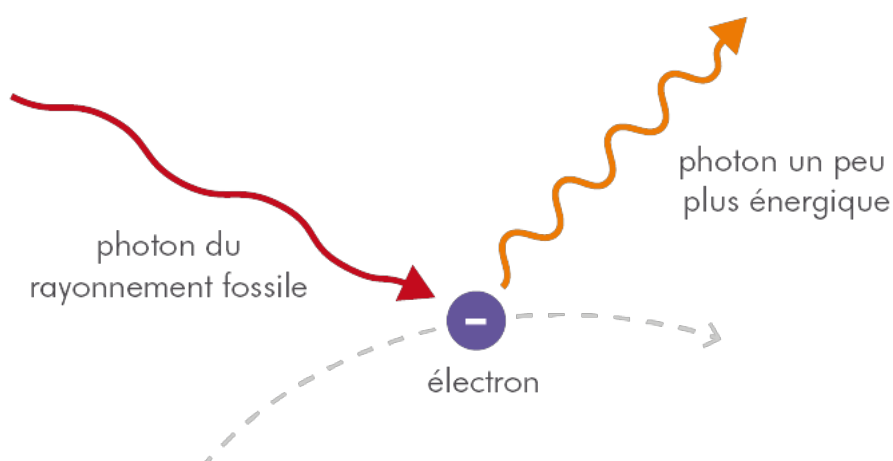
## Résultats

### Le catalogue d'amas de galaxies de Planck

L'objectif principal de la mission Planck est l'étude du **rayonnement** fossile, la première lumière émise dans l'**Univers**. Mais Planck a aussi permis d'autres avancées majeures, en particulier en constituant un catalogue unique de plus d'un millier d'amas de galaxies.

### Billard cosmique

Le **rayonnement fossile** a été émis environ 380 000 ans après le **Big-Bang**. Depuis, il se propage librement dans l'Univers et n'est que très peu modifié. Une de ces petites modifications a lieu quand il traverse les amas de galaxies. Les amas contiennent un gaz chaud, essentiellement constitué d'hydrogène ionisé (protons et électrons), chauffé à plusieurs millions de degrés sous l'effet de la gravitation. Lorsque les photons du rayonnement fossile pénètrent dans ce gaz, ils sont en partie diffusés : les photons peu énergétiques cognent sur les électrons du gaz chaud tels des billes sur des boules de billard. C'est l'effet Sunyaev-Zel'dovich, ou effet SZ, du nom des deux chercheurs qui l'ont prédit à la fin des années 1960. Grâce à l'effet SZ, les photons du rayonnement fossile (les billes !) gagnent de l'énergie (celle des boules de billard).

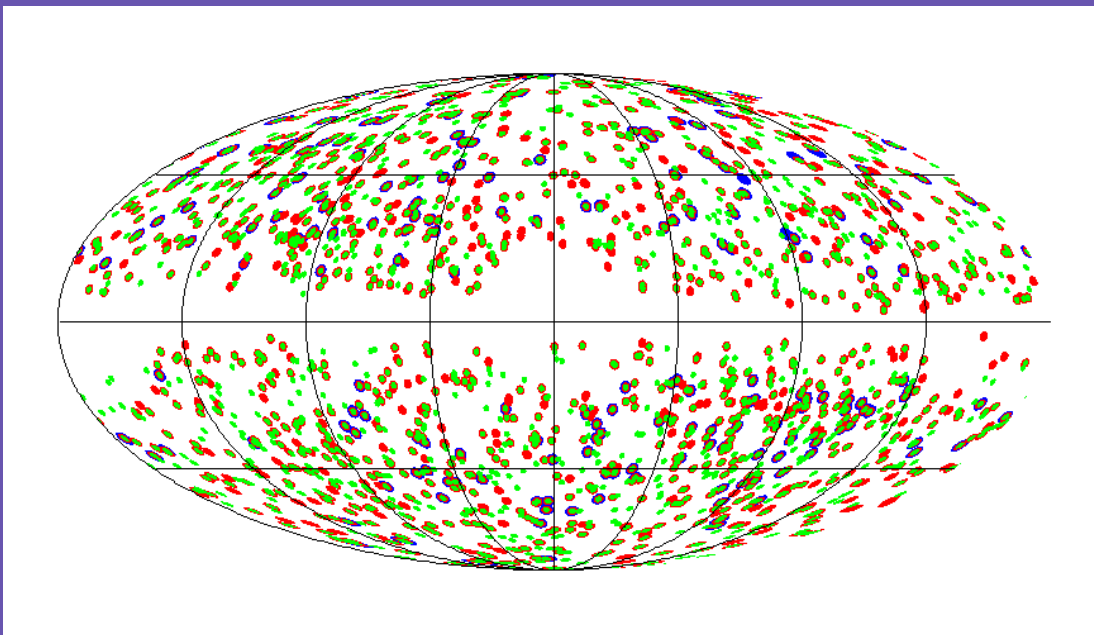


En utilisant les cartes d'observation de Planck aux différentes fréquences, il est possible de détecter ce gain d'énergie dû au gaz contenu dans les amas de galaxies. On a ainsi pu observer des amas connus mais aussi en détecter de nouveaux.

### Le plus grand catalogue d'amas détectés par effet Sunyaev-Zel'dovich

Début 2011, Planck avait déjà publié un premier catalogue de 189 amas basé la première observation complète de la voûte céleste. Au moment de la parution des premiers résultats de **cosmologie** en mars 2013, Planck a fourni un plus grand catalogue d'amas comportant 1227 sources détectées pendant la **mission nominale** de deux observations complètes du **ciel**. Enfin, en février 2015, l'ensemble des données a pu être utilisé pour extraire le catalogue final : 1653 détections, dont 1093 déjà confirmées par une mesure de décalage vers le rouge de la lumière des galaxies des amas obtenues avec des données autres que celles de Planck. Ce catalogue est le plus grand catalogue d'amas détecté par effet Sunyaev-Zeld'ovich.

Date	Nombre de sources	Temps d'observation	Nom du catalogue
Janvier 2011	189	10 mois	ESZ (Early SZ catalogue)
Mars 2013	1227	15,5 mois	PSZ1 (Planck SZ catalogue 1)
Janvier 2015	1653	29 mois	PSZ2 (Planck SZ catalogue 2)

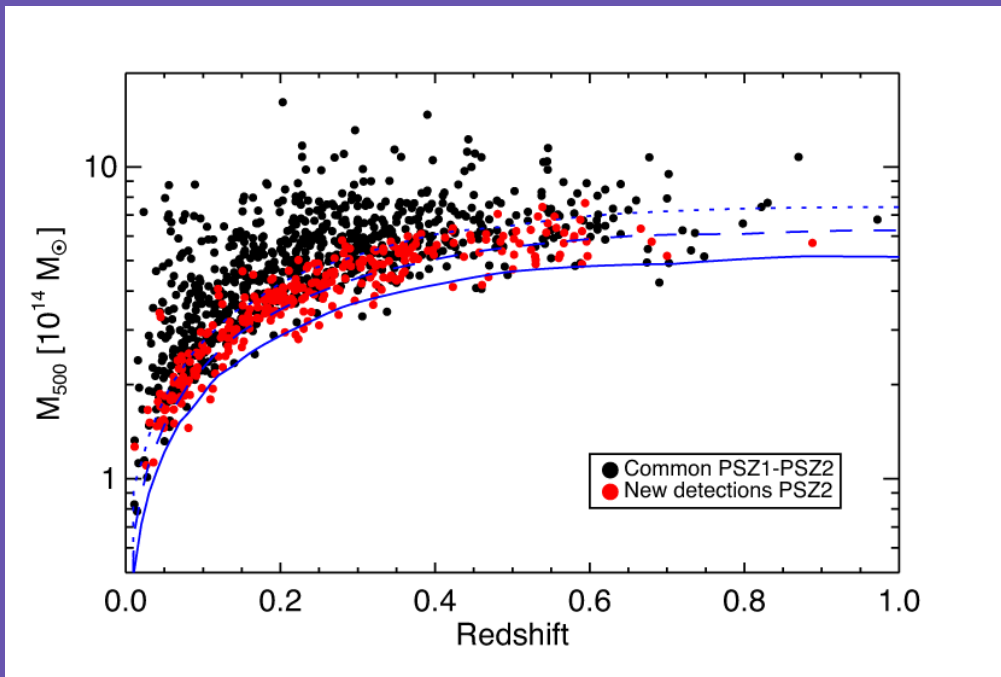


Légende : Position des amas de galaxies détectés par Planck en coordonnées galactiques. En bleu les 189 amas de Early SZ catalogue, en rouge les 1227 du PSZ1 et en vert clair les 1653 du catalogue final PSZ2. La bande blanche au centre est fortement contaminée par l'émission galactique et empêche la détection d'amas.

Crédits : [ESA](#) / collaboration Planck

## Propriétés des nouveaux amas détectés par Planck

Planck détecte les amas les plus massifs de l'Univers sur la quasi-totalité du ciel jusqu'à une distance de 8 milliards d'années-lumière. La masse moyenne des amas détectés par Planck se situe autour de  $5 \cdot 10^{14}$  fois la masse du Soleil (notre Galaxie pèse environ  $10^{12}$  fois la masse du Soleil). Ce sont les objets les plus massifs de



Légende : Masse des amas détectés par Planck en fonction du décalage vers le rouge (redshift  $z$ ). Les objets les plus proches sont à  $z=0$  (univers local), les plus lointains à  $z=1$  (8 milliards d'années-lumière). La masse moyenne des amas de Planck se situe autour de  $5 \cdot 10^{14}$  fois la masse du Soleil (indiqué  $M_{\odot}$ ). Les lignes bleues pleine/tiret/pointillée délimitent les zones où un amas donné sur le ciel a respectivement 20/50/80% de chance d'être détecté par Planck : plus un amas est massif, plus il est aisément détectable.

Crédits : ESA / collaboration Planck

## D'un catalogue à l'autre

Tous les amas des premiers catalogues ESZ ou du PSZ1 ne sont pas dans le PSZ2 car les cartes de Planck ont été modifiées au fur et à mesure de l'ajout de données, rendant la détection des amas les plus faibles variable selon le jeu de cartes utilisé. Fabriquer un catalogue est toujours un compromis entre fiabilité et complétude : si on est très sévère, on ne garde que les amas très fiables, mais on omet potentiellement beaucoup de petits amas mais si on n'est pas assez sévère dans les critères de sélection, on va polluer le catalogue avec un certain nombre de faux-amas... Les simulations permettent d'ajuster les critères et d'estimer l'exhaustivité et la qualité du catalogue.

## Coopération entre les X et le SZ

Une partie des amas observés par Planck avait déjà été vue avec les satellites en rayons X capables eux aussi d'observer le gaz chaud ou bien avec les télescopes au sol qui peuvent détecter directement les galaxies aux longueurs d'onde visibles.

Cependant l'effet SZ, outre la détection de nouveaux amas, offre un nouvel avantage : il permet de détecter avec la même efficacité les amas ayant une masse identique ce qui n'est pas le cas pour les satellites X ou les télescopes au sol. Les satellites X sont sensibles à l'état dynamique des amas et, à masse égale, détectent moins facilement les amas en collision que les amas isolés. Ainsi de nombreux amas découverts par Planck avaient été manqués par les satellites X car en phase de collision.



La sélection du catalogue d'amas de Planck est proche d'une sélection en masse, ce qui permet de lier le catalogue plus facilement aux travaux théoriques de prédiction de nombre d'amas dans l'Univers, tous exprimés en fonction de la masse des amas. Il est alors possible de mesurer les paramètres cosmologiques indépendamment du rayonnement fossile.

Le catalogue d'amas de Planck a donc une vocation cosmologique mais il est aussi très attendu par les astrophysiciens qui commencent à étudier en détail les nouveaux objets en les observant à d'autres longueurs d'onde.

### **Pour en savoir plus**

- [L'effet Sunyaev-Zel'dovich](#)
- [Le catalogue ESZ](#)
- [Super-amas de galaxies](#)