

# LES ANISOTROPIES DU RAYONNEMENT FOSSILE

## ULTRA-FROID

Le rayonnement fossile nous arrive de toutes les directions du ciel avec une intensité extrêmement faible. Par comparaison, la lumière venant du Soleil correspond à celle d'un astre chaud de température  $5505^{\circ}\text{C}$  alors que celle du rayonnement fossile est mesurée avec une température de  $-270,42^{\circ}\text{C}$ .

## LES ANISOTROPIES

L'intensité du rayonnement fossile n'est pas exactement la même dans diverses directions du ciel. Ces variations, appelées *anisotropies*, sont infimes et correspondent à des changements de températures de  $0,000\ 01^{\circ}\text{C}$  d'un rayonnement déjà ultra-froid (voir ci-dessus).

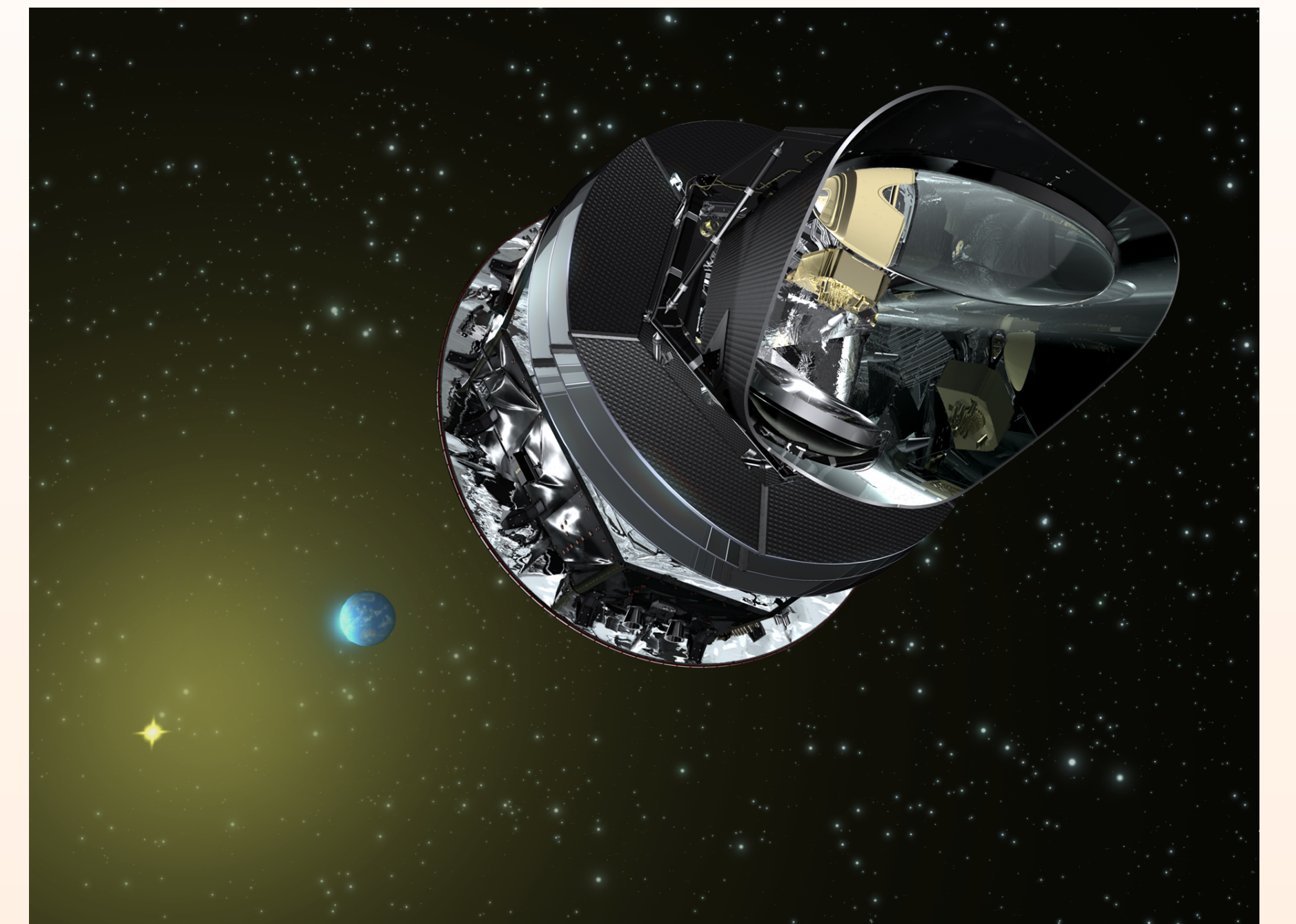
Le rayonnement fossile est une photo de l'Univers tel qu'il était il y a 13 milliard d'années. La présence d'anisotropies est la preuve qu'il y existait déjà des grumeaux de matière. Ceux-ci ne sont autres que des embryons de galaxies dans la soupe primordiale.

## LE SATELLITE *Planck* : UN RADIOTÉLESCOPE SPATIAL

En 2013, le rayonnement fossile a été mesuré sur tout le ciel par le satellite *Planck* de l'agence spatiale Européenne (ESA) avec une précision inégalée. Afin de s'éloigner le plus possible des parasites terrestres et solaires, le satellite a été placé en orbite autour du deuxième point de Lagrange. Cet endroit reculé est situé à 1,5 million de kilomètres dans l'ombre de la Terre, exactement dans la direction opposée au Soleil, garantissant des conditions d'observation idéales.



La route empruntée par *Planck* pour atteindre le deuxième point de Lagrange.

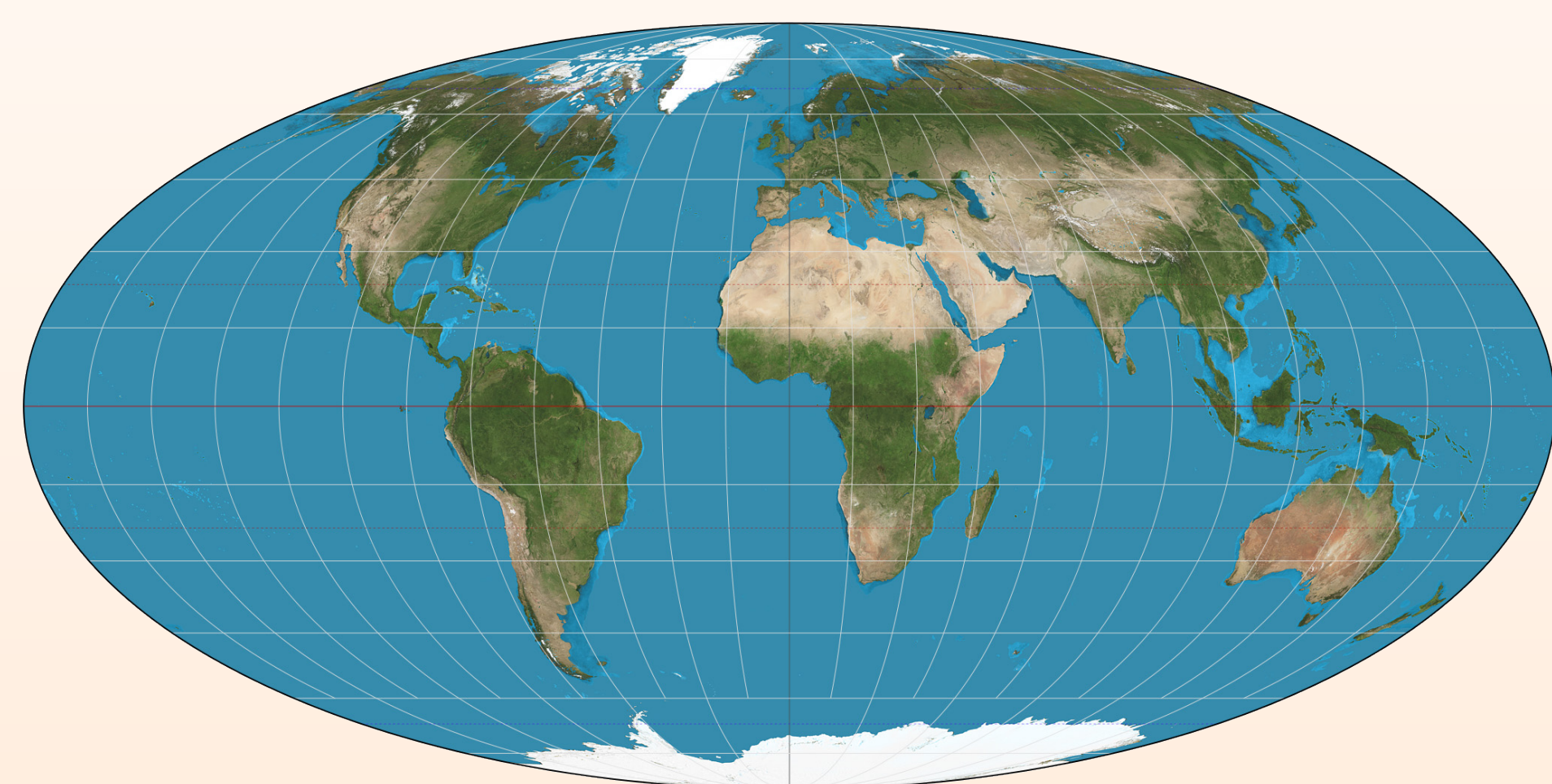


*Planck* au point de Lagrange. Ses détecteurs sont protégés du Soleil par des boucliers.

Le satellite *Planck* est un radiotélescope spatial ayant un miroir principal de un mètre cinquante de diamètre. Ses détecteurs sont refroidis à une température de  $-273,05^{\circ}\text{C}$ , ce qui n'est que  $0,1^{\circ}\text{C}$  au dessus du zéro absolu. En 2013, le satellite *Planck* était l'endroit le plus froid du Système Solaire.

## CARTE DU CIEL

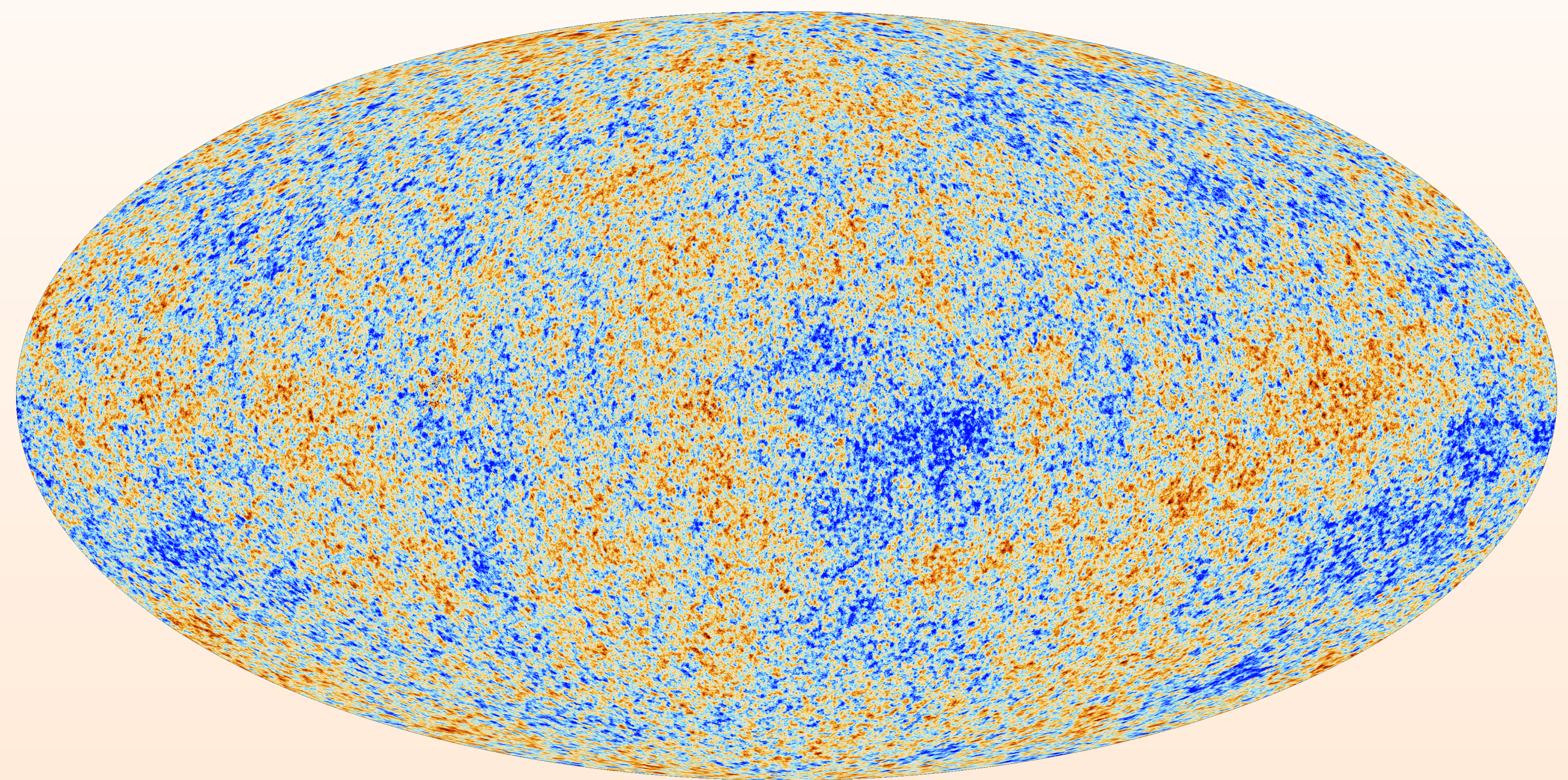
Une manière courante de représenter la sphère céleste est d'utiliser une projection de Mollweide. Celle-ci conserve les aires et donc les proportions entre les divers objets situés sur la sphère. Sa caractéristique est d'avoir l'équateur et les parallèles en lignes horizontales de longueur double.



Exemple: le globe terrestre en projection de Mollweide.

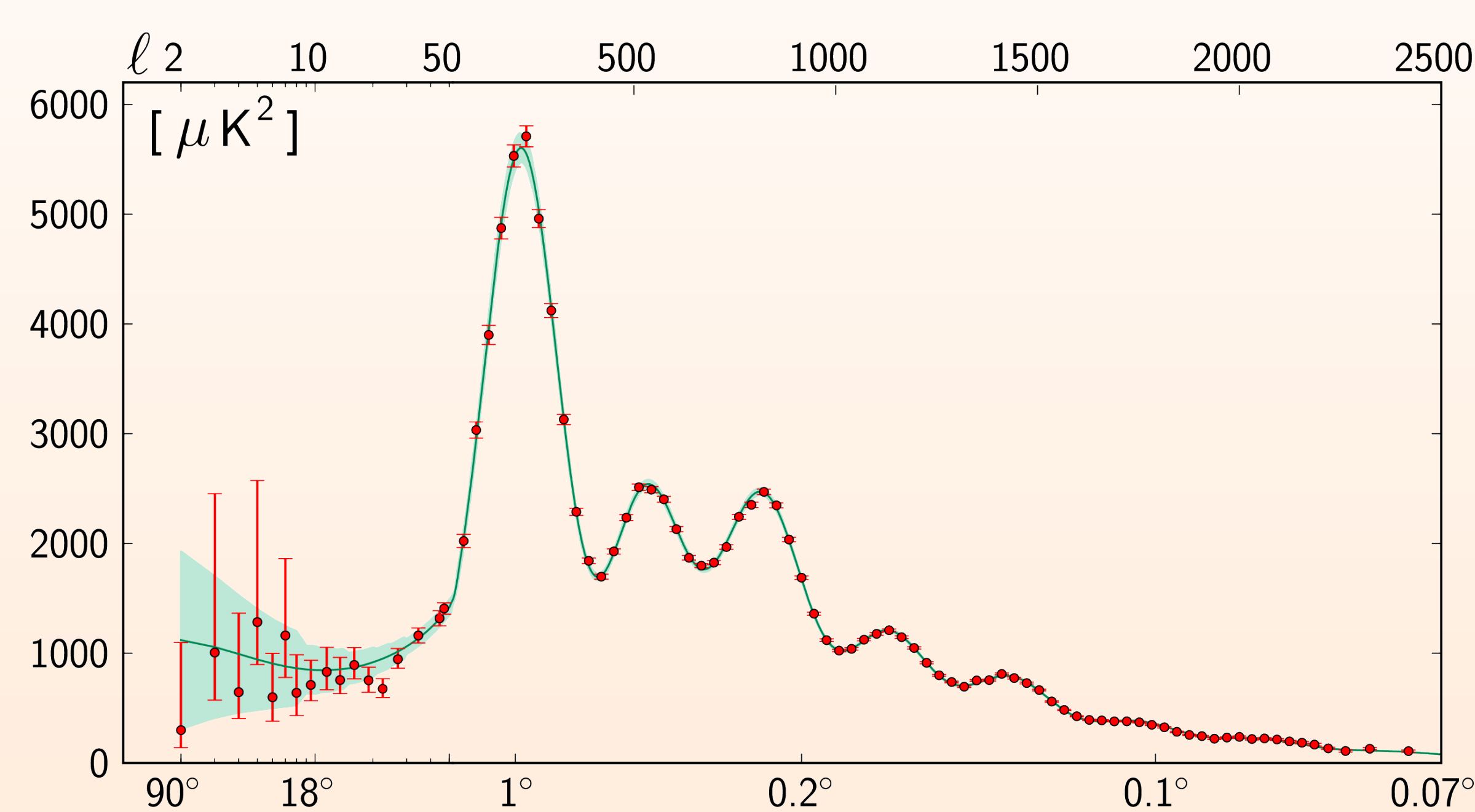
## LES ANISOTROPIES CARTOGRAPHIÉES

L'image suivante est une carte céleste des anisotropies dans l'intensité du rayonnement fossile mesurées par le satellite *Planck*. Chaque tâche rouge (ou bleue) signale une direction du ciel où la température est légèrement plus grande (ou plus petite) que  $-270,42^{\circ}\text{C}$ . L'écart de température entre les tâches bleues et rouges n'excède pas quelques dix-millièmes de degrés Celsius.



## LA TAILLE DES ANISOTROPIES

La carte du rayonnement fossile exhibe des anisotropies de tailles diverses. Cette structure n'est pas aléatoire et il suffit de compter le nombre de tâches rouges et bleues ayant une taille particulière pour s'en rendre compte. La figure ci-dessous reporte ce nombre en fonction de l'angle sous lequel les tâches sont vues. On observe un nombre maximal d'anisotropies pour un angle de  $1^{\circ}$ .



La répartition des anisotropies en fonction de leur taille sur le ciel. Les mesures du satellite *Planck* sont en rouges.

## LA BONNE RECETTE

La répartition des anisotropies en fonction de leur taille dépend fortement de la nature et des proportions de tous les ingrédients du plasma cosmique. En ajustant la courbe attendue (en vert sur la figure ci-contre) avec les mesures du satellite *Planck* (points rouges ci-contre), on en déduit la bonne recette cosmique.

