



COMMUNIQUE DE PRESSE

Le 20.07.2020 à 8h00

Les propriétés de l'énergie noire révélées sur 11 milliards d'années d'expansion de l'Univers

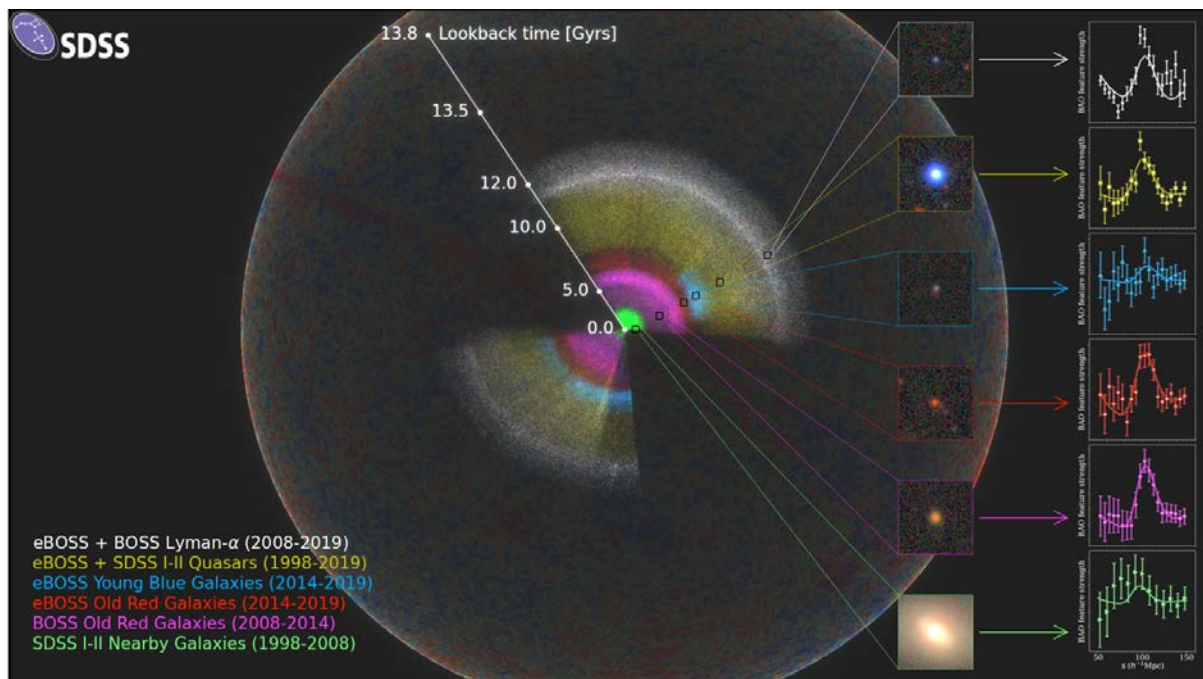
Le programme de relevé des objets célestes *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) publie aujourd'hui une analyse complète de la plus grande carte tridimensionnelle de l'Univers jamais créée, permettant de reconstruire l'histoire de son expansion sur une période de 11 milliards d'années, contre 6 auparavant. L'analyse des données permet de contraindre les propriétés de l'énergie noire, responsable de l'accélération de cette expansion cosmique. Ces nouveaux résultats proviennent d'une collaboration internationale dans laquelle sont impliquées des équipes du CEA et du CNRS.

L'Univers à ses débuts est connu grâce à l'étude du fond diffus cosmologique et aux mesures des abondances relatives d'éléments chimiques primordiaux créés peu après le Big Bang. L'histoire de son expansion au cours des derniers milliards d'années a pu être identifiée grâce notamment aux cartes tridimensionnelles de galaxies et aux mesures de distance des différentes phases du SDSS. Pour sonder l'énergie noire et obtenir ces nouveaux résultats, plus d'une centaine de physiciens se sont impliqués dans le programme *extended Baryonic Oscillation Spectroscopic Survey* (eBOSS) du SDSS, dont des chercheurs du CEA et du CNRS*. La moisson de nouveaux résultats comporte les mesures détaillées de plus de deux millions de galaxies et quasars, ainsi que des milliers de vides cosmiques, donnant naissance à une carte de l'Univers plus précise.

« *Avant eBOSS, on connaissait bien les 6 derniers milliards d'années de l'expansion de l'Univers* » déclare Etienne Burtin (CEA, Irfu), qui a co-dirigé l'analyse des données dont les résultats sont annoncés aujourd'hui. « *Désormais, ce sont plus de 11 milliards d'années de l'histoire de l'expansion qui vont nous permettre d'affiner notre connaissance de l'Univers* ». « *Les laboratoires français ont pris une part majeure à la conception et à l'analyse des différentes parties du programme eBOSS, et l'ANR et les différentes agences de financement ont apporté un soutien important* » précise Christophe Yèche (CEA, Irfu).

La structure cosmique révélée sur la carte issue de ces résultats montre qu'il y a environ six milliards d'années, l'expansion de l'Univers a entamé une accélération qui, depuis, perdure. Cette expansion accélérée semble être due à une mystérieuse composante invisible de l'Univers appelée "énergie noire", compatible avec la théorie de la relativité générale d'Einstein mais extrêmement difficile à concilier avec notre compréhension actuelle de la physique des particules.

L'examen de la carte finale révèle les filaments et les vides qui définissent la structure de l'Univers, à partir de l'époque où celui-ci n'avait environ que 300 000 ans. À partir de cette carte, des motifs sont recherchés dans la distribution des galaxies. En particulier, à cause du phénomène d' « oscillations acoustiques baryoniques » qui a eu lieu dans l'Univers primordial : la répartition de la matière n'est pas aléatoire et les galaxies sont séparées en moyenne par une distance caractéristique. Les signatures de ces motifs à différentes époques de l'histoire de l'Univers permettent de mesurer plusieurs paramètres clés de l'Univers avec une précision meilleure qu'un pour cent.



La carte mesurée par SDSS fait apparaître (en couleur) les différents objets astrophysiques utilisés pour accéder à différentes époques de l'évolution de l'Univers : observer des objets lointains équivaut à observer l'Univers tel qu'il était dans le passé. Les vignettes à droite de la carte montrent le motif caractéristique observé dans la répartition des galaxies et des quasars. La position de ce motif mesurée à différentes époques a été corrigée de l'expansion de l'Univers et donc apparaît à la même valeur dans toutes les vignettes. Cette carte représente l'effort combiné de plus de 20 ans de cartographie de l'Univers à l'aide du télescope de la *Fondation Sloan* (Nouveau-Mexique, USA). © Anand Raichoor (EPFL) and SDSS

La combinaison des observations d'eBOSS et des études du fonds diffus cosmologique révèle aussi des tensions dans notre vision de l'Univers. Ainsi, la mesure du taux d'expansion actuel de l'Univers (la "constante de Hubble") effectuée par l'équipe eBOSS est inférieure d'environ 10 % à la valeur trouvée à partir des distances aux galaxies proches. Vu la grande précision des données d'eBOSS, il est très peu probable que cette différence soit due au hasard, d'autant que la riche variété des objets astrophysiques mesurés par eBOSS donne de multiples moyens indépendants de tirer la même conclusion.

« Les résultats de l'échantillon complet de SDSS renforcent le désaccord avec la valeur de la constante de Hubble mesurée dans l'Univers proche » précise Vanina

Ruhlmann-Kleider (CEA, Irfu). Il n'y a pas d'explication largement acceptée pour cette différence entre les mesures du taux d'expansion, mais une possibilité intéressante est qu'une forme de matière ou d'énergie inconnue jusqu'alors, provenant de l'Univers primitif, ait pu laisser une trace dans son histoire ultérieure.

Au sein de l'équipe eBOSS, des groupes individuels dans des universités du monde entier se sont concentrés sur différents aspects de l'analyse. Pour créer la partie de la carte qui remonte à six milliards d'années, l'équipe a utilisé de grandes galaxies rouges. « *Les galaxies rouges forment l'échantillon le plus fourni de SDSS et apportent ainsi les mesures les plus précises* » précise Romain Paviot, doctorant au LAM (CNRS/CNES/Aix-Marseille Université).

Pour remonter plus loin dans le temps, eBOSS a exploité, pour la première fois dans SDSS, des galaxies bleues plus jeunes et formant des étoiles. Enfin, pour cartographier l'Univers encore plus lointain, ils ont mis à profit des quasars, galaxies lumineuses éclairées par de la matière tombant sur un trou noir central supermassif. « *C'est l'étude des positions des quasars et des nuages d'hydrogène neutre qui en absorbent la lumière qui permet de sonder l'Univers à 11 milliards d'années et plus* » explique Christophe Balland, responsable de l'activité eBOSS au LPNHE (CNRS/Sorbonne Université/Université de Paris).

Chacun de ces échantillons a nécessité une analyse minutieuse afin d'éliminer les contaminants et de révéler les caractéristiques de l'Univers. « *Nous avons mis en place des méthodes fondées sur des simulations d'Univers pour nous assurer que les procédures d'analyse fournissent des résultats non biaisés* », ajoute Alex Smith post-doctorant au CEA-Irfu.

Les données d'eBOSS sont si précises et couvrent un si grand intervalle de temps cosmique qu'elles sont un ingrédient incontournable pour mesurer de nombreuses propriétés fondamentales de l'Univers, comme sa courbure géométrique ou les propriétés de l'énergie noire. En les combinant avec les données du fond diffus cosmologique et des supernovae, ces données indiquent un Univers sans courbure et une énergie noire de densité constante.

Au total, l'équipe eBOSS a rendu publics aujourd'hui les résultats de plus de 20 articles scientifiques. Ces articles décrivent, en plus de 500 pages, les analyses réalisées sur les dernières données d'eBOSS, marquant ainsi l'achèvement des principaux objectifs du programme de recherche entrepris il y a une dizaine d'années. eBOSS, et plus généralement le SDSS, laisse en héritage aux projets futurs l'énigme de l'énergie noire et l'écart entre les différentes mesures du taux d'expansion de l'Univers. Au cours de la prochaine décennie, les futurs programmes d'observation dans lesquels la France est fortement engagée, tels DESI, Euclid et LSST, pourraient résoudre l'énigme, ou peut-être révéler d'autres surprises.

*Le groupe de participation française comprend l'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers (Irfu, CEA/Université Paris Saclay), le Centre de physique des particules de Marseille (CPPM, CNRS/Aix-Marseille Université), le Laboratoire d'astrophysique de Marseille (LAM, AMU/CNRS/CNES), le Laboratoire de physique nucléaire et des hautes énergies (LPNHE, CNRS/Sorbonne Université/Université de Paris), l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP, Sorbonne Université/CNRS) et le laboratoire Astroparticule et cosmologie (APC, CNRS/Université de Paris). Le financement provient de la subvention des instituts, de l'Agence nationale de la recherche (ANR-

eBOSS et ANR-NILAC) ainsi que du Labex P2IO (Université Paris-Saclay) et de la fondation A*Midex (Aix-Marseille Université).

A propos du CEA

Le CEA est un organisme de recherche public français au service de l'industrie, spécialisé dans quatre domaines principaux : la transition énergétique et les énergies bas carbone, la transformation numérique, la santé et les biotechnologies, la défense et la sécurité. Il exerce dans ce cadre les missions qui lui sont confiées par l'État français. Avec ses 20 000 collaborateurs et ses 9 centres de recherche équipés de très grandes infrastructures, le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence. Il est partie prenante de projets nationaux, européens et internationaux avec un large éventail de partenaires académiques et industriels. Le CEA se classe comme 1^{er} organisme de recherche déposant de brevets en France et en Europe selon le classement Clarivate (2019).

En savoir plus : www.cea.fr

A propos du CNRS

Le Centre national de la recherche scientifique est le principal organisme public de recherche en France et en Europe. Il produit du savoir pour le mettre au service de la société, innove et crée des entreprises. Avec près de 32 000 personnes, un budget de 3,4 milliards d'euros et une implantation sur l'ensemble du territoire national, le CNRS exerce son activité dans tous les champs de la connaissance, en s'appuyant sur plus de 1100 laboratoires. Avec 22 lauréats du prix Nobel et 12 de la Médaille Fields, le CNRS a une longue tradition d'excellence. Le CNRS mène des recherches dans l'ensemble des domaines scientifiques, technologiques et sociétaux : mathématiques, physique, sciences et technologies de l'information et de la communication, physique nucléaire et des hautes énergies, sciences de la planète et de l'Univers, chimie, sciences du vivant, sciences humaines et sociales, environnement et ingénierie.

En savoir plus : www.cnrs.fr

CONTACTS

Manon COLONNA D'ISTRIA

✉ manon.colonna@cea.fr

☎ 01 64 50 14 88

🐦 @CEA_Officiel

Presse CNRS

✉ presse@cnrs.fr

☎ 01 44 96 51 51

🐦 @CNRS