

La Clef des ETOILES

À Toulouse & sur internet
laclefdesetoiles.com

ASTRONOMIE

Télescopes, Lunettes, Jumelles
géantes, Astrophotographie

OBSERVATION NATURE

Jumelles, Longues-vues, Trépieds,
Digiscopie

IMAGERIE

Caméras CCD, Caméras vidéos,
Adaptation APN, Autoguidage,
Spectroscopie, Logiciels

LIBRAIRIE & CADEAUX

Météorites, Globes terrestres, Globes
planétaires, Bijoux solaires, Posters



La Clef des ÉTOILES

Sur internet > www.laclefdesetoiles.com

À Toulouse > 3 rue Romiguières 31000 TOULOUSE

Email > contact@laclefdesetoiles.com

Téléphone > 05 61 22 58 55 Fax > 05 61 22 62 57

Astrophysique

L'endroit le plus vide

En cherchant à expliquer pourquoi une zone de l'Univers est anormalement froide, des astrophysiciens ont découvert une vaste région où la matière se fait rare.

István Szapudi



de l'Univers

Afin d'apercevoir la lumière la plus ancienne de l'Univers, il suffit de régler un vieux poste de télévision entre deux chaînes : les minuscules points qui dansent sur l'écran correspondent au fait que l'antenne est bombardée en permanence par des photons dont certains ont été émis environ 380 000 ans après le Big Bang, il y a quelque 13,8 milliards d'années. Ces photons volent à travers l'espace dans toutes les directions, et correspondent à une température moyenne de 2,7 kelvins ($-270,45^{\circ}\text{C}$). Ils forment le fond diffus cosmologique. La carte bidimensionnelle de ce rayonnement est en quelque sorte la première photographie de l'Univers, dans sa prime jeunesse.

Cette photo présente de petites imperfections. La température fluctue d'environ 10^{-5} à 10^{-4} kelvin autour de la valeur moyenne. On parle d'anisotropies du fond diffus. Ainsi, certaines régions de la carte semblent un peu plus froides, d'autres plus chaudes. Les cosmologistes analysent ces anisotropies pour déterminer certaines caractéristiques de l'Univers primordial.

Plus grave, la carte du fond diffus cosmologique souffre aussi d'anomalies que

les théories cosmologiques standard ne peuvent expliquer entièrement. La plus grande de ces anomalies, initialement repérée en 2004 sur la carte du fond diffus établie par la sonde WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), est le « point froid », une zone du ciel couvrant environ vingt fois la largeur de la pleine lune, où les photons sont inhabituellement froids. Pour certains, cette structure casse la majestueuse symétrie du fond diffus ; pour d'autres, elle met en valeur les traits de l'Univers et ajoute à son mystère. Je fais partie du second camp : dès sa découverte, cette anomalie et ce qu'elle cache m'ont fasciné.

Cette énigme a suscité beaucoup de débats parmi les chercheurs. Une première explication est tout simplement qu'elle serait le fruit du hasard, une accumulation fortuite de photons froids sans cause spécifique. Par analogie, cette idée revient à tirer dix fois de suite pile avec une pièce non truquée : la probabilité est faible, mais non nulle. Dans le cas du point froid, la probabilité que le hasard en soit à l'origine est faible, de l'ordre de 0,5 %. D'autres explications ont été proposées, des plus triviales aux plus fantaisistes, allant de problèmes techniques avec les instruments qui analysent le cosmos à la suggestion que la région froide serait un portail vers un autre univers ou vers des dimensions cachées.

En 2007, avec d'autres astrophysiciens, nous avons proposé l'idée qu'un tel point

CE NUAGE MOLÉCULAIRE opaque masque la lumière venant de l'arrière-plan. La tache noire qu'il crée donne l'illusion d'une zone vide dans l'Univers. Mais c'est bien une véritable région cosmique vide que traquent les astrophysiciens.

© Ken Brown/Mordolhic Studios

L'AUTEUR



István SZAPUDI est chercheur à l'Institut d'astronomie de l'université d'Hawaï. Il étudie

la cosmologie et la structure de l'Univers aux grandes échelles.

froid pouvait se former s'il existait dans la même région du ciel un supervide, c'est-à-dire une vaste région d'espace relativement dépourvue de matière et de galaxies. Ce vide serait le lieu le plus vide de l'espace, un désert gigantesque entouré d'un environnement plus dense. Depuis, mes collègues de l'université d'Hawaï et moi-même avons confirmé l'existence du vide, et nous avons trouvé des indices tendant à prouver qu'il pourrait bien rendre compte du point froid.

La traversée d'un vide

Nous en sommes venus à envisager l'existence d'un supervide en considérant la manière dont nous pensons que la lumière interagit avec les vides plus petits. Le supervide postulé serait extrême, mais les vides ordinaires de taille moyenne (des zones contenant relativement peu de galaxies) sont assez répandus dans l'Univers. C'est aussi le cas de leurs contraires, les amas, qui sont de grandes congrégations rassemblant jusqu'à un millier de galaxies.

Les cosmologistes pensent que les germes des vides et des amas sont apparus très tôt dans l'Univers, quand des processus quantiques aléatoires ont produit une légère surdensité de matière dans certaines parties de l'espace et une sous-densité dans d'autres. La masse plus importante des régions de surdensité a produit une attraction gravitationnelle plus forte qui a attiré davantage de matière vers elles au fil du temps, au détriment des régions de sous-densité. Les premières ont fini par devenir des amas, et les secondes des vides.

Pour comprendre l'effet de ces vides contenant peu de matière sur la lumière qui les traverse, partons d'une analogie. Ces vides se comportent avec tout ce qui les traverse comme des collines parcourues par une balle (voir l'encadré pages 28 et 29). Dans un premier temps, quand une particule pénètre dans le vide, elle s'éloigne de régions environnantes de densité supérieure qui exercent une force gravitationnelle tendant à la retenir. Elle ralentit comme une balle qui roulerait en remontant la pente. Dans un second temps, alors que la particule commence à sortir du vide, elle se rapproche de zones denses qui l'attirent. La particule accélère comme une balle dévalant la colline.

Les photons du fond diffus se comportent de manière analogue, sans pour autant changer de vitesse (la vitesse de la lumière est toujours constante) : ils perdent

de l'énergie puis en gagnent, ce qui se traduit par une variation de leur longueur d'onde, qui est directement proportionnelle à leur température. Quand un photon pénètre dans un vide, il grimpe la colline et perd de l'énergie, en d'autres termes il se refroidit. En descendant la colline de l'autre côté, le photon récupère son énergie. Par conséquent, il arriverait de l'autre côté avec la même température qu'il avait au départ... si l'Univers était statique ou en expansion constante (auquel cas l'effet serait infime).

Or ce n'est pas le cas. Depuis les travaux d'Edwin Hubble, il est clair que l'Univers est en expansion. Mais ces deux dernières décennies, grâce à l'étude des supernovae de type Ia (des explosions d'étoiles particulières), les chercheurs ont découvert que cette expansion accélère. La plupart des cosmologistes attribuent cette accélération à l'énergie sombre, un élément de nature inconnue présent dans tout l'espace qui semble contrer l'attraction gravitationnelle.

L'accélération de l'Univers complique le scénario de la colline : dans la perspective de notre photon du fond diffus, cela signifie que pendant qu'il traverse le vide, celui-ci s'est agrandi, mais aussi tout l'espace qui l'entoure. En d'autres termes, quand le photon arrive de l'autre côté, il trouve un espace de densité énergétique inférieure à celle qu'il avait quittée en entrant dans le vide, ce qui revient à dire que la plaine entourant la colline s'est surélevée, de telle sorte que le sol plat de l'autre côté est désormais plus haut que ne l'était le sol du côté de départ. Par conséquent, le photon ne récupère pas toute l'énergie qu'il a perdue en grimpant la colline.

L'effet net est que les photons du fond diffus perdraient de l'énergie en traversant un vide. Et nous verrions donc des régions plus froides dans le fond diffus cosmologique près des régions de faible densité. Ce phénomène est nommé effet Sachs-Wolfe intégré. L'effet s'applique aussi aux superamas, mais dans ce cas, les photons gagnent de l'énergie en traversant de vastes régions contenant un supplément de masse et sont donc un peu plus chauds.

L'effet Sachs-Wolfe intégré est normalement infime. Même pour de grands vides, il occasionne typiquement des variations de température inférieures aux fluctuations moyennes du fond diffus. Or celles-ci, dues aux légères différences de densité au sein de l'Univers naissant – au moment où la lumière a été émise –, ne varient guère

L'ESSENTIEL

■ Le fond diffus

cosmologique – la lumière émise par l'Univers à l'âge de 380 000 ans – présente un étrange « point froid », une zone où la température associée aux photons est inférieure à la moyenne.

■ Une explication possible

serait une vaste région d'espace relativement vide. La lumière qui la traverserait aurait tendance à perdre de l'énergie (devenir plus froide) à cause d'un effet produit par l'expansion accélérée de l'Univers.

■ Les astronomes ont récemment découvert un tel supervide s'étendant sur 1,8 milliard d'années-lumière et aligné avec le point froid.