

■ 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.

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.

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