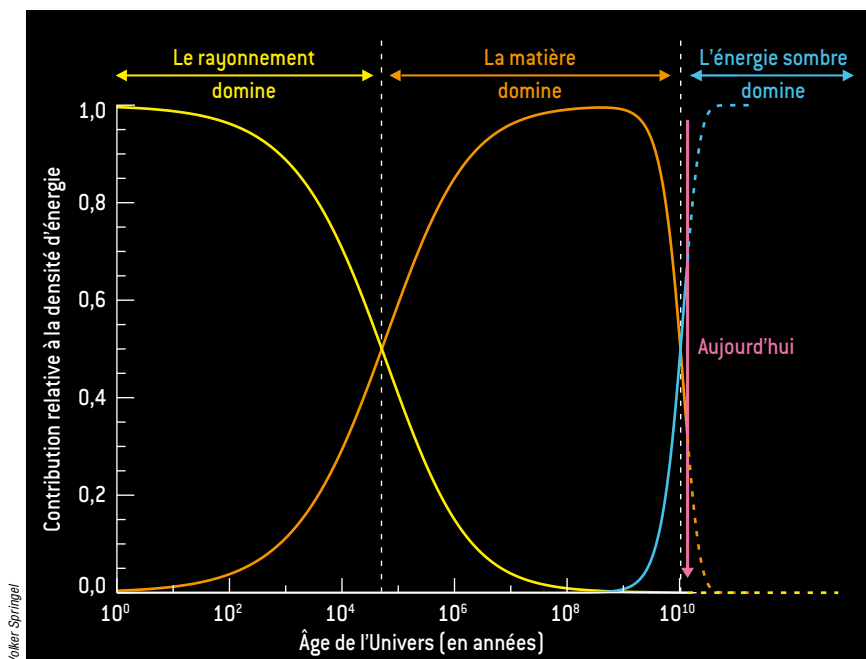




6. LA DENSITÉ D'ÉNERGIE de l'Univers a d'abord été dominée par les photons, qui se sont rapidement dilués en raison de l'expansion de l'Univers. Après 100 000 ans, la matière s'est imposée car elle se dilue plus lentement. L'énergie sombre, dont la densité reste constante malgré l'expansion de l'espace, est devenue l'élément prépondérant vers 10 milliards d'années après le Big Bang. Sa densité est environ deux fois supérieure à celle de la matière aujourd'hui.

Brian Schmidt, de l'Université de Canberra en Australie, et d'Adam Riess, alors à l'Université de Californie à Berkeley, ont montré que l'expansion de l'Univers s'accélère, phénomène qui s'expliquerait grâce à l'énergie sombre. Les astrophysiciens, récompensés en 2011 par le prix Nobel de physique pour cette découverte, avaient étudié un grand nombre de supernovæ lointaines de type Ia. Ces objets correspondent à l'explosion d'étoiles de type naines blanches.

La luminosité d'une supernova augmente rapidement et peut dépasser celle d'une galaxie, puis elle décroît lentement. À partir de cette courbe de luminosité, il est possible de connaître la quantité de lumière émise par la supernova. Les supernovæ sont qualifiées de « chandelles standard », car les astrophysiciens ont utilisé cette luminosité pour déterminer la distance qui sépare la Terre de chaque supernova. Ils ont aussi mesuré le décalage vers le rouge du spectre de chaque supernova, dû à l'allongement de la longueur d'onde de la lumière sous l'effet de l'expansion de l'espace, pour calculer la vitesse d'éloignement de l'astre. Le rapport de la vitesse et de la distance détermine le taux d'expansion de l'Univers sur le parcours de la lumière.

■ BIBLIOGRAPHIE

A. Riazuelo, *La trace de l'invisible*, Dossier Pour la Science, n° 83, avril-juin 2014.

L. Amendola et al., *Cosmology and fundamental physics with the Euclid Satellite*, Living Reviews in Relativity, vol. 16, n° 5, 2013.

C. Frenk et S. D. M. White, *Dark matter and cosmic structures*, Annalen der Physik, vol. 524, pp. 507-524, 2012.

P. J. E. Peebles, *Seeing cosmology grow*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, vol. 50, pp. 1-28, 2012.

G. Bertone et al., *Particle dark matter: evidence, candidates and constraints*, Physics Reports, vol. 405, pp. 279-390, 2005.

À courte distance, la loi dite de Hubble est vérifiée : la vitesse d'éloignement de deux galaxies, en raison de l'expansion de l'Univers, est proportionnelle à la distance qui les sépare. À plus grande distance, la variation temporelle de la vitesse d'expansion cosmique entre également en jeu. Les données des supernovæ ont montré que l'expansion de l'Univers était plus faible dans le passé, donc qu'elle s'accélère depuis environ cinq milliards d'années. L'énergie sombre permet d'expliquer cette observation. En outre, la quantité d'énergie sombre requise par les données concorde avec les résultats obtenus à partir d'analyses du fond diffus cosmologique et d'autres observations.

L'énergie sombre pourrait être ce que les cosmologistes nomment une constante cosmologique, c'est-à-dire une substance dont la densité d'énergie reste constante malgré l'expansion de l'Univers. Sa contribution à la densité d'énergie cosmique dans l'Univers jeune était insignifiante par rapport à celle de la matière. Comme la matière se dilue avec l'expansion, la part de l'énergie sombre dans la densité d'énergie a augmenté progressivement. Aujourd'hui, elle domine et son rôle dans la dynamique de l'Univers est devenu crucial, avec comme effet une accélération de l'expansion.

L'énergie sombre, l'autre inconnue

Une des questions qui intriguent les scientifiques est la raison pour laquelle les densités d'énergie sombre et de matière noire sont du même ordre de grandeur (voir la figure 6). De nombreux chercheurs sont persuadés que cette coïncidence n'est pas un simple hasard. Certains ont développé des modèles qui introduisent une interaction de l'énergie sombre avec la matière noire. Des approches plus radicales misent sur des modifications de la loi de la gravitation elle-même. Les hypothèses ne manquent pas, même si elles semblent parfois exotiques (voir l'article de C. Deffayet page 38).

Les modèles proposés présentent des caractéristiques différentes, mais pour y voir plus clair, contraindre et éliminer des scénarios, de nouvelles observations sont nécessaires. Les scientifiques travaillent depuis plusieurs années, non seulement à mesurer avec encore plus de précision l'accélération de l'expansion de l'Univers,