

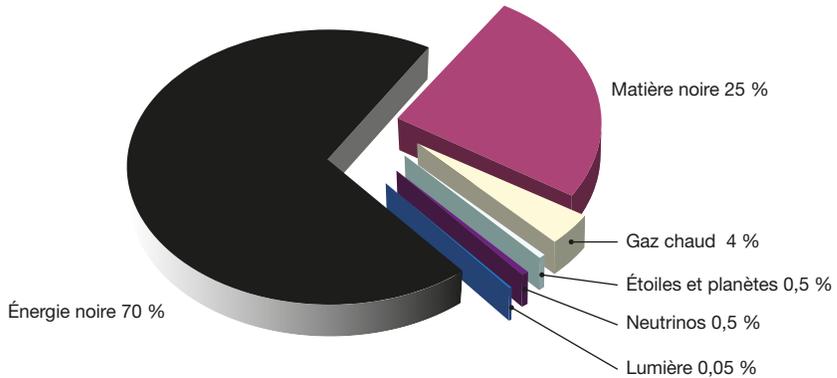
LES FORCES

DANS L'UNIVERS

Des quatre forces fondamentales, seules la force électromagnétique et la force de gravitation s'exercent sur des distances aussi grandes que l'on peut imaginer.

Deux électrons éloignés l'un de l'autre d'une distance comparable à la taille de l'Univers observable pourraient donc exercer l'un sur l'autre une force électromagnétique très faible (proportionnelle à l'inverse du carré de la distance) mais non nulle. Mais c'est compter sans l'effet d'écran : les nombreuses charges qui sont placées entre ces deux électrons, comme les protons qui constituent les étoiles et les galaxies, annulent tout effet électromagnétique à très grande distance. Pour expliquer l'accélération des rayons cosmiques, on met certes en avant des structures électromagnétiques qui se développeraient de façon cohérente sur d'assez grandes longueurs. L'observation montre toutefois que leurs tailles (un million de parsecs) sont très petites devant celle de l'Univers observable (plus de dix milliards de parsecs).

L'Univers dans ses plus grandes dimensions est en fait gouverné par la force de gravitation et la relativité générale est une théorie particulièrement accomplie pour la décrire. L'un des plus grands mérites d'Einstein est d'avoir compris que cette théorie fournissait un cadre cosmologique pour décrire l'Univers dans son ensemble, sa géométrie et son évolution dans le temps. Aux très grandes échelles, l'Univers est considéré comme homogène et chacune de ses composantes peut être assimilée à un fluide caractérisé par une pression et une densité d'énergie. Ainsi, la lumière exerce une pression positive non nulle que les agences spatiales envisagent d'utiliser pour propulser des sondes planétaires



Énergies dans l'Univers

Répartition de la densité d'énergie des diverses composantes de l'Univers.

au moyen d'une voile solaire. Quant à la matière usuelle, elle a une pression négligeable et une énergie fournie par sa propre masse, en raison de la fameuse relation $E = Mc^2$. Les observations astronomiques suggèrent qu'il existe une autre forme de matière, la matière noire, qui constituerait l'essentiel de la matière dans l'Univers. On postule même l'existence d'une nouvelle forme d'énergie, l'énergie noire, dont la « pression négative » accélérerait l'expansion de l'Univers.

Mais les phénomènes qui accréditent l'existence de ces nouvelles composantes de l'Univers sont peut-être plutôt le signe que les lois régissant la gravitation sont modifiées à l'échelle des galaxies, des amas de galaxies et même de l'Univers. En effet, même si la relativité générale a été remarquablement testée, la force de gravitation est la moins bien connue des quatre forces fondamentales car c'est la plus faible. Il faut donc impérativement vérifier les lois de la gravité à toutes les échelles de distance, depuis les plus microscopiques (la force de gravitation n'a été testée que très récemment à des distances inférieures au millimètre) jusqu'à celles de notre système solaire ou de notre galaxie. Peut-être découvrira-t-on que les lois de la gravitation sont plus complexes que ce qu'on imagine aujourd'hui.