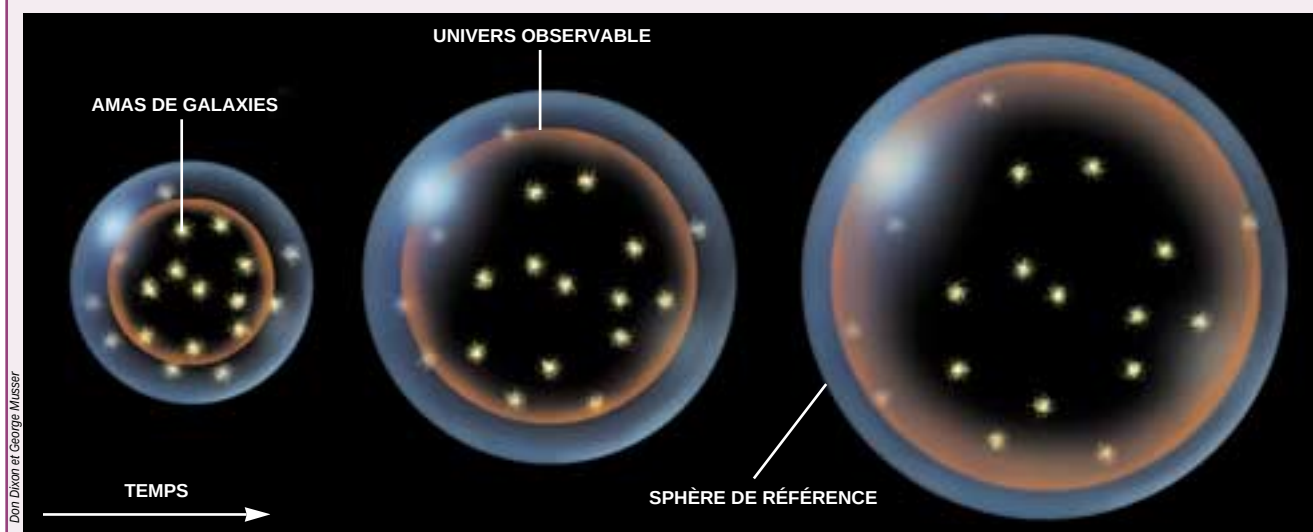


Le pire de tous les univers possibles

De tous les modèles d'univers en expansion perpétuelle, celui qui suppose l'existence d'une « constante cosmologique » est le moins engageant. D'une part, la vie ne peut y durer éternellement et, d'autre part, la qualité de la vie s'y détériore rapidement. Si les observations récentes d'une expansion accélérée (voir *Des supernovae pour sonder l'espace-temps*, par Craig Hogan, Robert Kirshner et Nicholas Suntzeff, *Pour la Science*, mars 1999) se confirment, notre avenir s'annonce sinistre. L'expansion cosmique écarte les objets les uns des autres, à moins qu'ils ne soient liés par la gravité ou par une autre

force. Ainsi, la Voie lactée fait partie d'un amas de galaxies plus grand. Cet amas, d'un diamètre de dix millions d'années-lumière environ, demeure agrégé, tandis que les galaxies hors de l'amas sont emportées à toute vitesse par l'expansion de l'espace intergalactique. La vitesse relative de ces galaxies lointaines est proportionnelle à leur distance. Au-delà d'une distance nommée horizon, la vitesse est supérieure à la vitesse de la lumière (ce que permet la relativité générale, car la vitesse est imprimée par l'expansion de l'espace lui-même). Nous ne pouvons voir plus loin.



L'Univers apparaît très différent aux yeux d'un observateur, selon que son expansion est ralentie (séquence ci-dessus) ou accélérée (séquence de la page ci-contre). Dans les deux cas, l'Uni-

vers est infini, et n'importe quelle portion de l'espace – représentée ici par une sphère de référence, qui englobe les galaxies en jaune vif – grandit. L'observateur ne voit qu'un volume limité,

deviendraient invisibles. Les ressources totales à notre disposition sont donc limitées par ce que nous voyons aujourd'hui (voir l'encadré ci-dessus).

Les diverses formes d'énergie ne se dilueront pas toutes de la même façon. Par exemple, l'Univers pourrait contenir un réseau de cordes cosmiques, des concentrations minces et infiniment longues d'énergie, qui se seraient formées lors du refroidissement de l'Univers primordial. L'expansion ne réduit pas l'énergie par unité de longueur de ces cordes cosmiques (voir *Les cordes cosmiques*, par Alexander Vilenkin, *Pour la Science*, février 1988). Comment profiter de cette manne ? Des êtres intelligents pourraient-ils couper une corde, se rassembler aux extrémités et consommer son énergie ? Si le réseau de cordes est infini, leur appétit pourrait être

satisfait. Cette stratégie a un grave défaut : si une civilisation trouve le moyen couper des cordes cosmiques, des phénomènes naturels pourraient faire la même chose spontanément. Des trous noirs pourraient naître sur des cordes et les dévorer. Ainsi, les êtres vivants n'absorbent qu'une portion finie de corde avant d'atteindre l'extrémité. Tout le réseau de cordes finirait par disparaître, laissant la civilisation dans la misère.

Peut-on puiser dans le vide quantique ? Après tout, l'accélération cosmique résulte peut-être de l'existence de la constante cosmologique, une forme d'énergie qui ne se dilue pas quand l'Univers se dilate (voir *L'anti-gravité*, par Lawrence Krauss, *Pour la Science*, mars 1999). Dans ce cas, l'espace vide est baigné d'un rayonnement étrange, nommé rayonnement de Gib-

bons-Hawking ou de De Sitter. Hélas, l'extraction d'énergie de ce rayonnement à des fins pratiques est utopique : si le vide fournissait de l'énergie, il tomberait dans un état d'énergie inférieur ; or le vide est déjà l'état d'énergie minimale. Quelles que soient notre ingéniosité et la « coopération » de l'Univers, nous devons un jour faire face à la finitude des ressources.

Cette finitude est-elle réhabilitée pour la vie éternelle ? L'humanité pourrait-elle réduire sa consommation énergétique, par exemple en réduisant sa température corporelle ? Des humains génétiquement modifiés pourraient probablement vivre à des températures un peu inférieures à 37 °C. Toutefois, la température de congélation du sang est une limite à ces tentatives. Viendra un moment où nos descendants devront abandonner leur enveloppe corporelle.

Les trous noirs avalent les galaxies

Au rythme actuel, le combustible galactique s'épuise

10³⁰

10³⁷ ans après le Big Bang