

structure des atomes à l'origine de la masse, mais restent perplexes quand il s'agit de la quintessence. Les théories des particules élémentaires font intervenir de nombreuses sortes de champs, dont les comportements semblent adéquats, mais dont on connaît si mal l'énergie cinétique et l'énergie potentielle que l'on ignore lequel de ces champs, s'il y en a un, pourrait produire une pression négative.

L'une des théories exotiques les plus récentes stipule que la quintessence naît de la physique d'un Univers qui aurait des dimensions supplémentaires. L'idée semble d'autant plus intéressante que la théorie des cordes en prévoit. Depuis plusieurs années, les physiciens étudient cette théorie qui combine la relativité générale et la mécanique quantique, au sein d'un édifice théorique unifié des interactions fondamentales. La théorie des cordes prévoit l'existence de dix dimensions, dont quatre nous sont familières : les trois dimensions spatiales et le temps. Les six autres dimensions sont cachées, enroulées sur elles-mêmes, formant de minuscules sphères dont le « rayon » est trop petit pour être détecté (du moins avec les instruments à notre disposition aujourd'hui). Dans la théorie dite *M*, une version récente de la théorie des cordes, une 11^e dimension vient s'ajouter. La matière ordinaire serait confinée sur

deux « surfaces » à trois dimensions : des « branes » (pour membranes), séparées par une distance infime dans la onzième dimension.

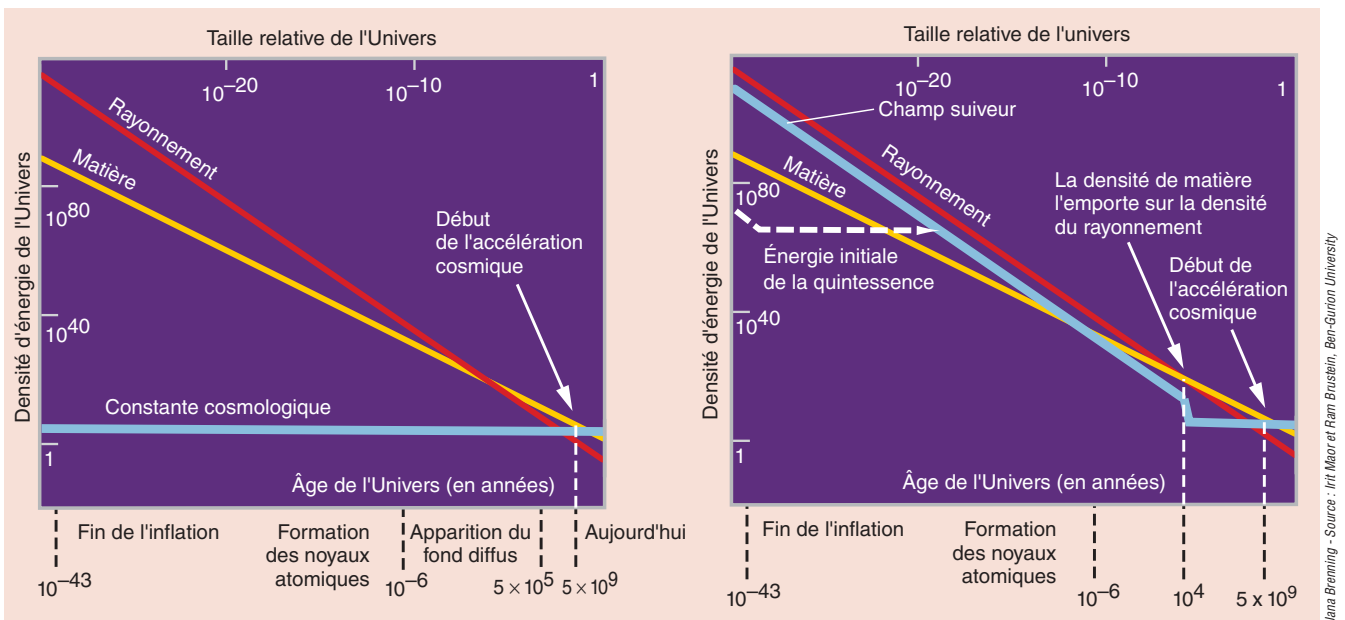
Nous ne voyons pas ces dimensions supplémentaires, mais, si elles existent, nous devrions les percevoir indirectement. En fait, la présence de dimensions enroulées ou de branes proches aurait le même effet qu'un champ. La valeur que prend le champ en chaque point de l'espace correspondrait au rayon des branes ou à leur distance. Or, sous l'effet d'un champ de quintessence, des branes devraient précisément évoluer avec l'expansion de l'Univers.

Quelle coïncidence !

Quelle que soit l'origine de la quintessence, elle a une propriété qui peut résoudre l'épineux problème de l'ajustement fin évoqué plus haut : elle est dynamique. Une façon d'envisager le problème est de se demander pourquoi l'accélération cosmique a commencé à un moment particulier de l'histoire de l'Univers. Créée quand l'Univers n'avait que 10^{-35} seconde, l'énergie du vide, qui engendre les effets gravitationnels répulsifs, a dû rester dans l'ombre pendant près de dix milliards d'années, soit pendant une durée 10^{50} fois supérieure à celle qui a précédé sa naissance ! C'est seu-

lement à ce moment-là que son effet gravitationnel aurait dépassé celui de la matière et que l'accélération de l'expansion de l'Univers se serait enclenchée. Est-ce une coïncidence que l'expansion de l'Univers accélère au moment même où des créatures pensantes apparaissent, c'est-à-dire nous ? Pourquoi l'évolution de la matière (vivante) et celle de l'énergie du vide semblent-elles liées ?

Si c'est la nouvelle forme d'énergie observée par les cosmologistes qui détermine la constante cosmologique, la coïncidence est presque inexplicable. Certains proposent une explication centrée sur l'homme : peut-être notre Univers n'est-il qu'un univers parmi une multitude d'autres, et la densité d'énergie du vide aurait des valeurs différentes, mais fixes dans chacun d'eux. Les Univers dont la densité d'énergie est très supérieure à quatre électronvolts par millimètre cube sont peut-être fréquents, mais ils subissent une expansion trop rapide pour former des étoiles et des planètes, ou favoriser la vie. Les Univers dont la densité d'énergie du vide est beaucoup plus faible semblent rares et improbables. Par hasard ou parce que c'est le nôtre, notre Univers aurait la densité d'énergie optimale. Ce n'est que dans ce « meilleur des mondes possibles » que des créatures intelligentes, capables de méditer sur la



6. SI L'ÉNERGIE DU VIDE EST STATIQUE (c'est l'hypothèse de la constante cosmologique), la densité d'énergie du vide doit être ajustée de façon ultrafine pour reproduire le fait qu'elle a récemment dépassé la densité d'énergie de la matière (à gauche). En revanche, si la quintessence est constituée d'un « champ suiveur » (à droite), sa

densité converge vers une même ligne (en bleu), quelle que soit sa valeur au début de l'Univers. La courbe de la densité du champ suiveur suit celle de la densité de rayonnement jusqu'à ce que la densité de matière prenne le dessus. Cela a pour effet de geler l'évolution du champ suiveur et de déclencher l'accélération cosmique.