

L'idée d'un comportement dynamique de l'Univers (avec des accélérations ou des décélérations) associé à la quintessence séduit les cosmologistes. La principale difficulté inhérente à toute théorie de la quintessence tient à la quantité d'énergie du vide présente dans l'Univers : excessive, elle aurait entravé la formation des étoiles et des galaxies dans l'Univers primitif ; insuffisante, ses effets seraient imperceptibles aujourd'hui. Au sens d'Einstein, l'énergie du vide est complètement inerte, et sa densité n'évolue pas dans le temps. Si nous supposons que la densité d'énergie du vide n'a jamais varié, comment expliquer les effets répulsifs découverts récemment ? La seule solution est d'admettre que la valeur de la constante cosmologique (de l'énergie inhérente au vide) a été ajustée une fois pour toutes au moment de la création de l'Univers. Une autre solution existe si tout ou partie de l'énergie du vide est due à la quintessence. Cette dernière interagit avec la matière et évolue dans le temps ; elle se serait naturellement ajustée pour atteindre la valeur observée aujourd'hui.

L'énergie manquante

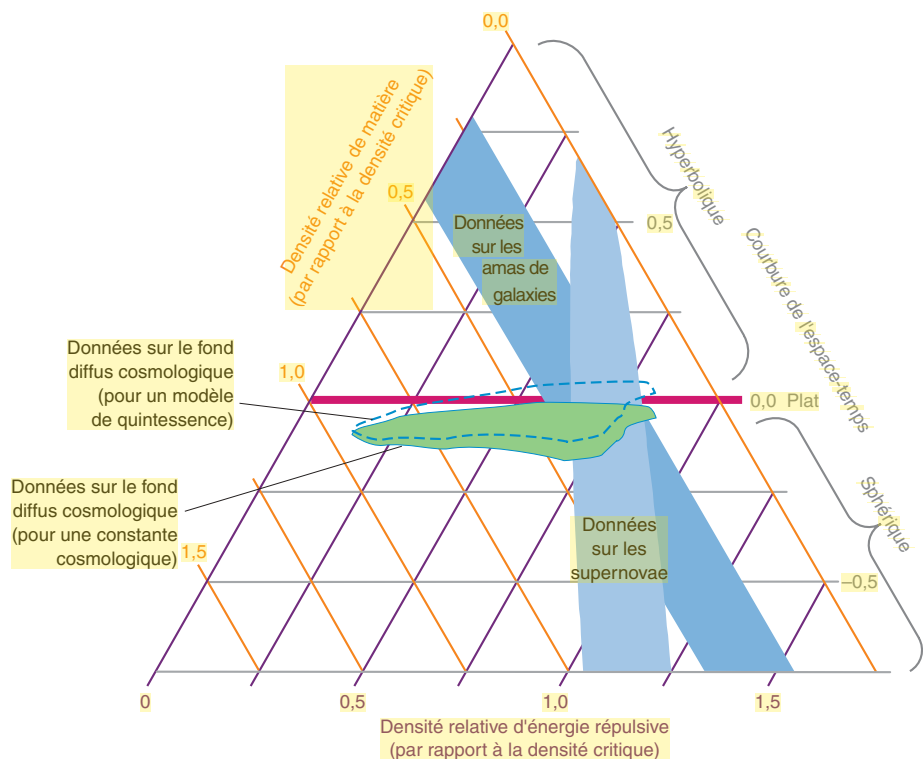
Quelle est la bonne option ? Jusqu'à présent, les physiciens des particules se sont servi de puissants accélérateurs pour découvrir de nouvelles formes d'interaction et de matière, et voilà que les observations faites dans le Cosmos mettent en évidence un nouveau type d'énergie. Cette énergie semble impossible à étudier par les méthodes classiques de la physique des particules, car elle interagit très peu avec la matière. Selon qu'elle sera inerte ou dynamique, son rôle dans la théorie unifiée de la nature dont rêvent les physiciens des particules sera différent. Eux qui ne scrutent d'ordinaire que l'infiniment petit dans leurs accélérateurs découvrent un nouveau et gigantesque laboratoire : l'Univers observé par les astrophysiciens.

L'hypothèse qu'il existe (dans le vide) une énergie aux effets répulsifs s'est petit à petit étayée au cours des dix dernières années. Un premier pas fut franchi lors de la réalisation d'un recensement le plus complet possible des galaxies et des amas de galaxies.

Diverses méthodes furent employées : observations dans le visible, dans le domaine des ondes radio et dans celui des rayons X. Cette étude confirma que la masse totale des éléments chimiques et de la matière noire ne peut expliquer que le tiers environ de la valeur de la densité d'énergie de l'Univers prévue par les théoriciens. Nommée densité critique, cette valeur est celle pour laquelle l'Univers est plat (rappelons que la courbure de l'Univers dépend de la quantité d'énergie qu'il contient).

Constatant un écart entre la valeur observée et la densité critique, de nombreux cosmologistes ont conclu que les théoriciens s'étaient trompés. La densité d'énergie observée par recensement de la matière impliquait un Univers hyperbolique et en incassante expansion. Toutefois, de nouvelles observations ont balayé cette possibilité. La répartition des zones chaudes et froides dans le fond diffus cosmologique – un rayonnement micro-onde uniformément réparti dans tout l'espace, censé être un vestige de l'explosion primordiale – a confirmé que l'espace est bien plat, et donc que la densité d'énergie moyenne de l'Univers est égale à la densité critique prévue par les théoriciens. Un simple calcul arithmétique montre alors que l'origine de deux tiers de l'énergie de l'Univers n'est pas identifiée.

Quelle que soit sa nature, cette composante n'absorbe aucune lumière et n'en émet pas, sinon elle aurait été détectée depuis longtemps. Elle ressemble donc à la matière noire, sauf en un point : les forces gravitationnelles qu'elle produit sont répulsives. Si ce n'était pas le cas, elle serait attirée par les galaxies et par les amas, où elle perturberait le mouvement de la matière visible. Or, rien de semblable ne se produit. Un autre aspect milite en faveur de l'existence d'une énergie du vide aux effets répulsifs. Son existence pourrait expliquer le « paradoxe des âges », qui gêne les cosmologistes depuis le début des années 1990. Quand on calcule l'âge de l'Univers à partir de la vitesse d'expansion cosmique actuelle, en supposant qu'elle diminue, on trouve que l'Univers aurait 12 milliards d'années. Or, on déduit de diverses mesures que certains objets célestes ont 15 milliards d'années. Toutefois, s'il existe des forces répulsives, l'expansion cosmique



Jana Breining - Source : Paul Steinhardt

2. LES VALEURS POSSIBLES des trois caractéristiques clés de l'Univers sont représentées sur ce graphe. Si l'Univers est plat, comme le suggère la théorie de l'inflation (l'expansion explosive de l'Univers à ses débuts), les différentes observations (les surfaces en couleur) et la ligne (en rouge) représentant un univers à courbure nulle doivent se recouvrir. C'est le cas ! Notons que les données sur les anisotropies du fond diffus cosmologique donne un meilleur recouvrement dans l'hypothèse où l'énergie du vide suit un modèle de quintessence (contour en pointillés) plutôt que celui de la constante cosmologique (zone verte).