

d'années de l'histoire de l'Univers. Et nous pourrions étudier la croissance des grandes structures (les vastes conglomerats de galaxies qui occupent l'Univers), ce qui nous permettra peut-être de trancher entre les différentes explications possibles de la dynamique d'expansion de l'Univers.

La collaboration a construit la *Dark Energy Camera*, qui constitue le cœur du projet. En 2012, nous avons monté cette caméra sur le télescope de quatre mètres Víctor Blanco à l'Observatoire interaméricain du Cerro Tololo, installé sur les hauteurs des Andes chiliennes (voir la photographie page 50).

La caméra est conçue pour étudier avec rapidité de nombreux objets : des galaxies, des amas de galaxies et des supernovæ. Grâce à cinq grandes lentilles, cette caméra ultrasensible et dotée d'une résolution de 570 mégapixels a un très grand champ, qui lui permet de photographier de larges bandes du ciel en une pose.

La caméra a pris ses premiers clichés du ciel nocturne en septembre 2012 et le DES a officiellement entamé son relevé d'une large bande du ciel austral un an plus tard. Le relevé collectera les données d'août à février de chaque année pendant cinq ans et produira à terme une carte en haute résolution d'environ 200 millions de galaxies réparties sur un huitième du ciel, ainsi qu'un catalogue de supernovæ. Le relevé a d'ores et déjà recueilli une multitude de données qui sont en cours d'analyse.

L'un des objectifs du projet est de recueillir des indices qui permettront de départager les hypothèses sur l'origine de l'accélération de l'expansion cosmique : gravité modifiée ou énergie sombre, chacune existant sous différentes formes, ou scénarios. Pour le cas de l'énergie sombre, les physiciens vont mettre à l'épreuve deux idées : l'énergie du vide et la quintessence.

La première est assez paradoxale. Supposez que vous vidiez une boîte de tout son contenu (atomes, rayonnement, matière noire, etc.) et que rien ne puisse y pénétrer par les parois. L'intérieur de la boîte serait un vide parfait. D'après la physique classique, le vide (l'espace vide) n'a pas d'énergie. Mais la théorie quantique dit que même l'espace vide est porteur d'une certaine forme d'énergie. En effet, la théorie

autorise l'apparition spontanée de paires particule-antiparticule qui, après un bref instant, s'annihilent. Ainsi, le vide de la boîte n'est pas « vide » : il est à tout instant peuplé de ces particules, dites virtuelles, porteuses d'une énergie dont la forme correspond à celle requise pour constituer l'énergie sombre et entraîner l'accélération de l'expansion de l'Univers.

La seule difficulté avec cette idée est que, selon la physique quantique, la valeur de l'énergie du vide serait 120 ordres de grandeur (10^{120} fois) supérieure à ce qu'elle devrait être si elle constituait l'éner-

Le comportement de la particule de quintessence peut être comparé à celui d'une balle qui roule sur la pente d'une colline. L'énergie de cette balle est à la fois cinétique (en raison de son mouvement) et potentielle (à cause de la hauteur de la colline qu'elle descend) ; plus la balle se trouve en hauteur, plus son énergie potentielle est grande. Quand elle descend, son énergie potentielle diminue, et son énergie cinétique augmente. Si la particule de quintessence est extrêmement légère, alors elle descendrait très lentement aujourd'hui, avec relativement peu d'énergie cinétique par rapport à son énergie potentielle. Dans ce cas, les cosmologistes ont montré que son effet sur l'expansion cosmique serait similaire, à quelques détails près, à celui de l'énergie du vide et conduirait à une accélération.

Le relevé Dark Energy Survey
produira une carte en haute résolution d'environ 200 millions de galaxies réparties sur un huitième du ciel

Ce sont justement les détails, par lesquels se distinguent les différents scénarios, que les chercheurs du projet DES veulent mettre en évidence pour déterminer quelle explication est correcte. Pour trancher entre les causes possibles de l'accélération cosmique, les chercheurs explorent quatre phénomènes qui sont sensibles, et de façon différente, au rythme d'expansion de l'Univers. Comme les quatre phénomènes faisant office de sondes ne seront pas tous affectés de la même façon selon le scénario considéré (que ce soit l'énergie sombre – énergie du vide, quintessence – ou la gravité modifiée), il serait possible d'écarter les mauvaises pistes.

Ces quatre phénomènes sont les supernovæ, les traces des ondes acoustiques primordiales, les lentilles gravitationnelles et les amas de galaxies. Collectivement, ils nous renseignent sur la vitesse à laquelle l'Univers s'est dilaté et sur la quantité de matière qui s'est agrégée pour former les grandes structures aux différentes époques de l'histoire cosmique.

Dans l'Univers primordial, la densité de matière était assez importante pour former les grandes structures. Environ 7 milliards d'années après le Big Bang, la matière s'est tant diluée que le responsable de l'expansion cosmique accélérée a commencé à faire son œuvre et à empêcher la formation de grandes structures de se poursuivre.