

8 Le bord de l'espace

Une des principales préoccupations des astronomes est de remonter le plus loin possible dans le temps, jusqu'au Big Bang, pour comprendre comment notre galaxie et ses précurseurs se sont formés. Pour imaginer ce à quoi a ressemblé la Voie lactée depuis sa formation, les astronomes ont pris des clichés de galaxies à tous les stades de leur vie, de la petite enfance au grand âge. À cette fin, *Hubble* a, avec d'autres observatoires, cherché à repérer les galaxies les plus lointaines et donc les plus vieilles, en réalisant des expositions longues de petites portions du ciel : ce sont les programmes de recherche Champ profond de *Hubble*, Champ ultraprofond de *Hubble*, et GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey).

Ces images extrêmement sensibles ont dévoilé des galaxies qui existaient quand l'Univers n'avait que quelques millions d'années, soit environ cinq pour cent de son âge actuel. Ces galaxies étaient plus petites et de forme plus irrégulière que les galaxies modernes, comme on s'y attendrait si les galaxies d'aujourd'hui se formaient par agglomération de galaxies plus petites (par opposition au morcellement de galaxies plus grosses). Pour remonter encore plus loin dans le temps, un successeur de *Hubble* est actuellement en construction : le télescope spatial *James Webb*.

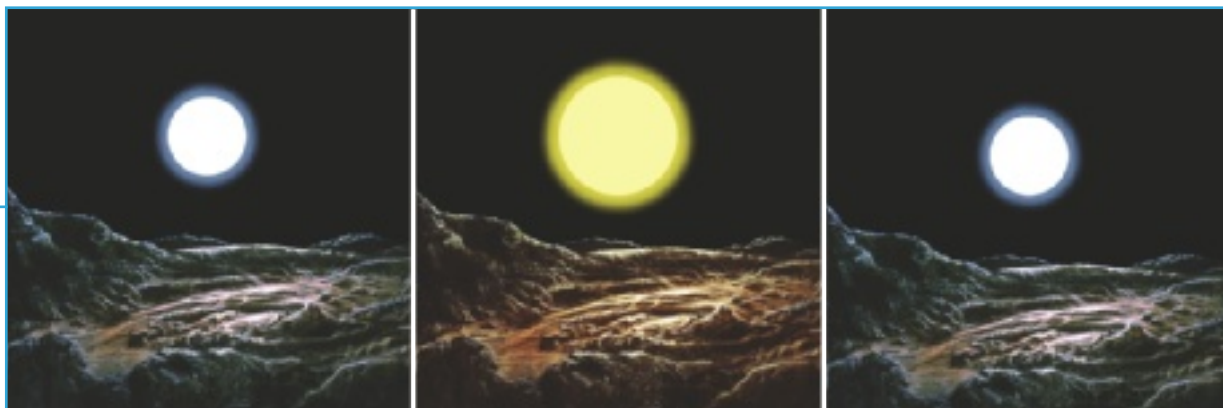
Les observations du champ profond ont également suivi les augmentations et les diminutions du taux de formation des étoiles dans l'Univers à l'échelle du temps cosmique. Ce



NASA, ESA, S. Beckwith STScI

Des milliards de fois moins intenses que ce que l'œil peut détecter, des galaxies distantes sont disséminées dans tout le champ profond de *Hubble*.

taux semble avoir atteint son maximum il y a environ sept milliards d'années, et avoir été divisé par dix depuis. Lorsque l'Univers n'avait qu'un milliard d'années, le taux de formation des étoiles était apparemment déjà élevé : environ un tiers de sa valeur maximale.



Don Dixon

9 L'âge de l'Univers

Les observations réalisées par Edwin Hubble et d'autres dans les années 1920 ont montré que nous vivons dans un Univers en expansion. Les galaxies s'éloignent les unes des autres, ce qui implique que la trame de l'Univers s'étire. La constante de Hubble (H_0) mesure le taux d'expansion actuel : c'est le paramètre clef pour déterminer l'âge de l'Univers. Le raisonnement est simple : H_0 est la vitesse à laquelle les galaxies s'éloignent ; ainsi, en négligeant toute

accélération ou décélération, l'inverse de H_0 donne le moment où toutes les galaxies devaient être réunies. La valeur de H_0 joue également un rôle dans la croissance des galaxies, la production des éléments légers et la durée des différentes phases de l'évolution cosmique. Il n'est donc pas étonnant que la mesure précise de la constante de Hubble ait été l'un des principaux objectifs du télescope du même nom.

En pratique, trouver cette valeur impliquait d'établir la distance des galaxies les plus proches, une tâche difficile qui a produit son lot de contro-

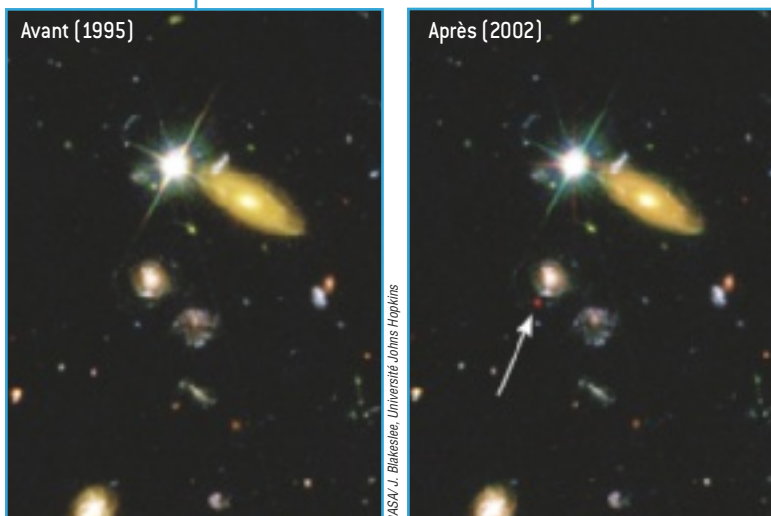
Des étoiles variables céphéides, telle celle de cette vue d'artiste, sont très utiles pour déterminer les distances intergalactiques.

verses durant le XX^e siècle. Le télescope a étudié les étoiles variables céphéides (des étoiles dont les pulsations caractéristiques révèlent la brillance intrinsèque et donc la distance) dans 31 galaxies. La valeur de H_0 qui résulte de cette étude est précise à environ dix pour cent près. Avec les mesures du fond diffus cosmologique, la valeur de la constante de Hubble indique que l'Univers est vieux de 13,7 milliards d'années.

10 L'accélération de l'Univers

En 1998, deux équipes ont fait sensation en annonçant que l'expansion de l'Univers s'accélère. Les astronomes avaient jusque-là considéré qu'elle ralentissait, car les galaxies s'attirent mutuellement par effet de gravitation, ce qui devrait retarder leur éloignement. Le moteur de cette accélération est sans doute le plus grand mystère de la physique actuelle. Selon l'hypothèse la plus répandue, l'Univers contiendrait un constituant non détecté, nommé énergie sombre. Des observations croisées de *Hubble*, des télescopes au sol et le fond diffus cosmologique suggèrent que cette énergie constituerait environ les trois quarts de la densité d'énergie totale de l'Univers.

Cette accélération a commencé il y a environ cinq milliards d'années ; auparavant, l'expansion ralentissait. En 2004, *Hubble* a découvert 16 supernovae distantes qui couvrent cette transition cruciale. Ces observations ont également posé des contraintes plus pertinentes sur la nature de l'énergie sombre. La possibilité la plus simple (mais à certains égards la plus mystérieuse) est qu'il s'agit d'une forme d'énergie contenue dans tout l'espace, y compris dans le vide. Le rôle de *Hubble* dans l'étude de l'énergie sombre est peut-être ce qui pourrait pousser la NASA à garder *Hubble* en fonctionnement. Pour le moment, c'est un instrument indispensable pour la recherche des supernovae qui permettront de comprendre ce qu'est l'énergie sombre.



Une supernova éloignée, découverte en comparant des images à différents instants, a révélé une transition entre une décélération cosmique et une accélération.

Mario LIVIO travaille actuellement à l'Institut scientifique du télescope spatial, à Baltimore.

<http://hubblesite.org>

L'Union des professeurs de physique et chimie (UdPPC) organise à Besançon ses 54^{es} Journées nationales du vendredi 27 au lundi 30 octobre 2006

Le centenaire de l'UdPPC

L'Union des physiciens (UdP, devenue UdPPC) fut créée à Pâques 1906, dans le but de mettre en œuvre et développer le caractère expérimental de l'enseignement des sciences.

Le temps est le thème majeur des conférences plénières, données par :

Claude COHEN-TANNOUDJI (ENS Paris, prix Nobel de physique 1997),
Jean-Marc GAUDIN (Genève),
Michel de LABACHELERIE (Besançon),
Etienne KLEIN (CEA Saclay),
Etienne GUYON (ESPCI),
Gabriel CHARDIN (CEA Saclay),
Daniel SIMON (Lyon),
Jean-Marie VIGOUREUX (Besançon).

Plus de trente ateliers scientifiques, pédagogiques et culturels sont programmés, avec la participation des laboratoires de recherche de l'Université de Franche-Comté.

Des expositions : matériels pédagogiques, ouvrages scientifiques et expériences didactiques seront présentés.

Des visites scientifiques et culturelles permettront de découvrir les richesses et le dynamisme de la Franche-Comté.

Inscriptions et programme détaillé :
<http://besancon.udppc.asso.fr>