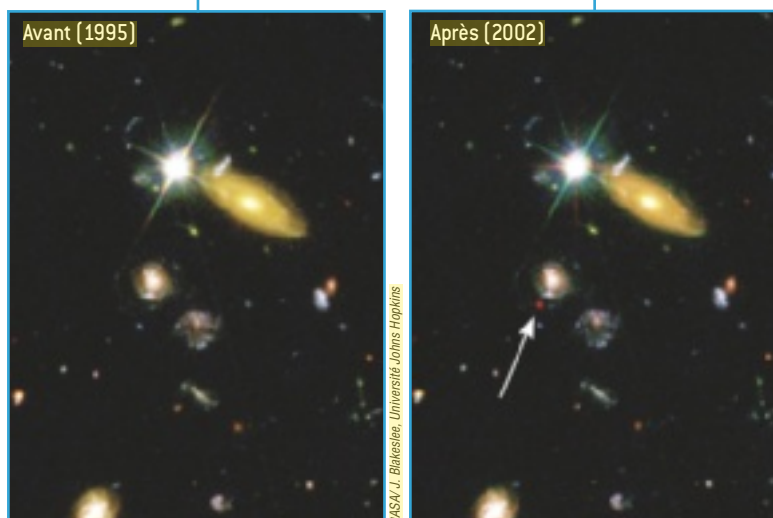


# 10 L'accélération de l'Univers

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<sup>es</sup> 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>

# Les télescopes géants

*Des télescopes dont le miroir atteint 100 mètres de diamètre verront le jour d'ici une quinzaine d'années. Ils permettront notamment d'observer des planètes extrasolaires ressemblant à la Terre.*

**Roberto Gilmozzi**

**M**onter de nuit sur la plateforme qui abrite les quatre télescopes de huit mètres de diamètre du VLT (pour *Very Large Telescope*, ou Très grand télescope), à l'observatoire européen du mont Paranal, au Chili, est

une expérience magique. L'immense ciel étoilé au-dessus de la tête, les reliefs du désert à peine discernables sous l'horizon opalescent, mais aussi les mouvements silencieux et réguliers des télescopes de 430 tonnes aux noms étranges – *Antu*, *Kuyén*, *Melipal* et *Yepun*, soit le Soleil, la Lune, la Croix du Sud et Vénus en langue mapuche –, tout invite à la rêverie.

Le VLT, l'ensemble de télescopes le plus performant du monde, est une entreprise collective qui réunit de nombreuses nations. Comme les autres grands télescopes actuels, tels l'Observatoire *Keck* ou le télescope spatial *Hubble*, le VLT est un fleuron de la technique, issu des efforts conjugués de millions de personnes.

Cependant, le VLT avait à peine été construit que les astronomes ont commencé à se préoccuper de ses successeurs. Comme tous les nouveaux instruments scientifiques, les télescopes de huit à dix mètres de diamètre actuellement en activité ont apporté bien plus que des réponses aux questions pour lesquelles ils ont été conçus. Leurs découvertes ont soulevé de nouvelles questions, plus fondamentales. Étudier les

VLT sans optique adaptative  
Diamètre des miroirs : 8,20 mètres  
Résolution : 0,4 seconde d'arc  
Temps de pose : 620 secondes

**L'optique adaptative** permet au télescope européen VLT de passer de taches indistinctes à une image plus détaillée que celle du télescope spatial *Hubble*. Cette résolution n'est cependant rien à côté du luxe de détails qu'offrirait le télescope géant OWL (ces simulations sont fondées sur une image prise par le VLT de la région de formation d'étoiles NGC 3603).

Sun First (l'image simulée)  
European southern observatory (NGC 3603)



# du futur

Télescope spatial *Hubble*  
Diamètre du miroir : 2,40 mètres  
Résolution : 0,04 seconde d'arc  
Temps de pose : 1 600 secondes

VLT avec optique adaptative  
Diamètre des miroirs : 8,20 mètres  
Résolution : 0,012 seconde d'arc  
Temps de pose : 160 secondes

Projet OWL  
Diamètre du miroir : 100 mètres  
Résolution : 0,001 seconde d'arc  
Temps de pose : 1 seconde



planètes de type terrestre au sein d'autres systèmes stellaires, rechercher des signes de vie, observer les premières galaxies de l'Univers, comprendre la nature de la matière noire et de l'énergie sombre, etc. Tous ces défis appellent une nouvelle génération de télescopes des centaines de fois plus puissants que les instruments actuels. Plusieurs agences spatiales ont fait de tels projets une priorité; pour l'Académie américaine des sciences, cet objectif arrive juste après la mise en service du successeur de *Hubble*, le télescope spatial *James Webb* (ou JWST). Nombre de projets sont à l'étude, notamment le télescope de trente mètres (*Thirty Meter Telescope*, ou TMT) et le télescope *Magellan* de 24 mètres (GMT), ou le télescope OWL (*Overwhelmingly Large Telescope*, ou télescope excessivement grand).

En microélectronique, la loi de Moore prévoit que la densité de transistors par unité de surface double tous les 18 mois. Les télescopes ont suivi une loi similaire: tous les 20 ou 30 ans, une nouvelle génération de télescopes voit le jour, avec des miroirs dont le diamètre a doublé. Il y a ainsi eu en 1917 le télescope *Hooker* du mont Wilson dont le miroir principal fait 2,5 mètres de diamètre, en 1948 le télescope *Hale* du mont Palomar avec cinq mètres, en 1992 les télescopes jumeaux du *Keck*, construits sur le Mauna Kea à Hawaï, avec un diamètre de miroir atteignant dix mètres.

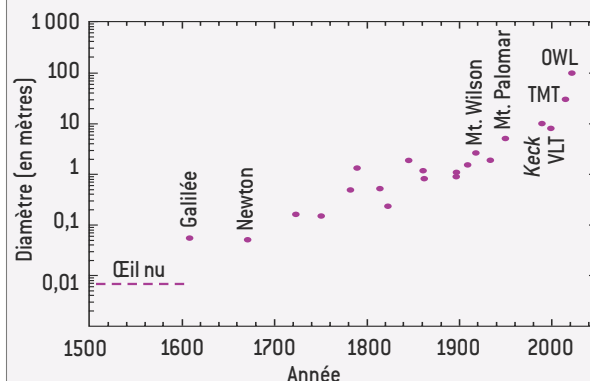
En continuant ainsi, la prochaine génération de télescopes devrait atteindre 20 mètres de diamètre d'ici 2025. Ceux qui proposent un télescope de 100 mètres de diamètre d'ici dix ans sont-ils irréalistes? Un examen des défis à relever pour construire de tels télescopes montre qu'il n'en est rien. Non seulement les besoins sont pressants, mais, dans une large mesure, les techniques nécessaires existent déjà.

## Augmenter la surface collectrice

Une des motivations principales pour construire des grands télescopes est que les autres solutions pour améliorer les capacités des instruments arrivent à leurs limites. Dans un télescope, la lumière incidente est réfléchiée par un miroir principal et focalisée par un miroir secondaire en un point où est placé un détecteur (un capteur photographique ou un spectrographe qui décompose la lumière selon les différentes longueurs d'onde pour l'analyser). La taille d'un télescope se réfère au diamètre du miroir primaire. La sensibilité de l'instrument est proportionnelle à la quantité de lumière collectée, c'est-à-dire à la surface du miroir, ou encore au carré de son diamètre. Doubler le diamètre permet par exemple d'observer des corps célestes quatre fois moins lumineux, ou de même luminosité mais deux fois plus éloignés.

Au cours des 50 dernières années, les télescopes ont gagné en sensibilité non seulement en raison de l'augmentation de leur diamètre, mais aussi à cause de l'amélioration des détecteurs. Le télescope du mont Palomar était initialement équipé de plaques photographiques capables d'enregistrer quelques pour cent seulement de la lumière incidente. Les détecteurs électroniques actuels ont une efficacité proche de 100 pour cent. Le gain en sensibilité imputable aux capteurs équivaut à un quintuplement du diamètre du télescope. Les télescopes actuels étant de surcroît deux fois plus grands que ceux de la génération précédente, cela revient à dire qu'ils sont 100 fois plus sensibles. Pour accomplir le

La taille du miroir des télescopes ne cesse d'augmenter et double tous les 20 à 30 ans à peu près. Les télescopes en projet tels OWL ou TMT perpétueront cette tendance.



même bond en sensibilité, maintenant que l'efficacité des détecteurs est presque à son maximum, il faut désormais envisager un miroir de 100 mètres de diamètre.

Les partisans des différents projets sont partagés sur la taille envisageable, mais personne ne doute de la nécessité d'augmenter la surface collectrice des prochains télescopes. Jusque récemment, la taille des télescopes était limitée par les capacités techniques en termes de fabrication et de polissage du miroir. Pour obtenir des images les plus nettes possibles, il faut en effet supprimer toutes les imperfections de surface dont l'amplitude est supérieure à une fraction de la longueur d'onde de la lumière recueillie. Cette contrainte est bien plus importante pour les télescopes optiques que pour les radiotélescopes, pourtant beaucoup plus grands, car la longueur d'onde de la lumière visible est plus courte que celle des ondes radio.

Le télescope du mont Palomar était équipé d'un miroir paraboloidal – vu en coupe, c'est une portion de parabole – de cinq mètres de diamètre, poli avec une précision de 50 nanomètres (soit l'équivalent de bosses d'au plus un centimètre sur une surface grande comme la France). Son polissage – avec finition à la main – a duré 11 ans, pendant lesquels sa forme était mesurée tous les deux jours (avec cependant une interruption durant la Seconde Guerre mondiale).

Le polissage des miroirs est aujourd'hui piloté par ordinateur, ce qui accélère le processus. Chacun des quatre miroirs de 8,2 mètres du VLT a été poli en moins d'un an, et mesuré quasiment en continu. La qualité de leur surface égale, voire dépasse, celle de *Hale*, malgré leur forme plus complexe – un hyperboloïde, qui assure la meilleure focalisation. Le polissage n'est donc plus le principal obstacle.

La fabrication du verre lui-même pose un problème plus sérieux. Pour construire des pièces de verre de huit mètres de diamètre, les constructeurs ont dû mettre sur pied des ateliers spéciaux et tâtonner; ils ont cassé plusieurs miroirs avant de réussir. Les procédés d'aujourd'hui ne permettraient pas de fabriquer des miroirs ne serait-ce que deux fois plus grands. Heureusement, l'astronome italien Guido Horn D'Arzturo proposa la solution dès 1932: construire un miroir en plusieurs morceaux. Les miroirs des télescopes jumeaux du *Keck*, par exemple, sont formés de 36 hexagones courbés, mesurant