

pour les télescopes. La structure du télescope doit être suffisamment rigide pour conserver l'alignement précis des miroirs et pour résister aux vibrations provoquées par le vent, les moteurs ou autre. En général, les télescopes courts et trapus sont plus rigides que les instruments longs et fins, mais leur longueur focale est plus courte – en d'autres termes, les rayons lumineux doivent être plus fortement déviés pour être focalisés – si bien que les imperfections du miroir et les défauts d'alignement se font plus cruellement sentir.

Aussi un équilibre doit-il être trouvé entre exigences mécaniques et exigences optiques. Le VLT vibre un peu sous l'effet du vent, mais on annule l'effet de ces vibrations en imposant à son miroir secondaire un mouvement dans la direction opposée, à une fréquence allant jusqu'à 70 hertz. Il devrait en être de même pour le télescope OWL.

Autre problème : quand le télescope suit le mouvement des étoiles dans le ciel, la répartition de son poids varie, ce qui peut induire une torsion de la structure et un désalignement des miroirs. La plupart des grands télescopes actuels sont construits selon une structure dite en squelette conçue par Mark Serrurier dans les années 1930 pour le télescope du mont Palomar. Les miroirs y sont tenus par un châssis ouvert constitué de quatre armatures triangulaires. Quand on incline le tout, le châssis se déforme et les miroirs se décalent latéralement, mais de la même façon pour tous, de sorte que leur alignement est à peu près conservé.

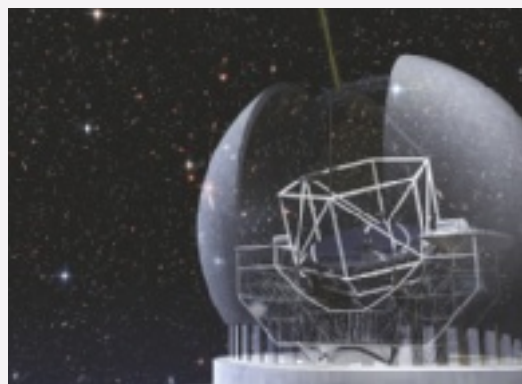
Le projet OWL reprend une approche similaire, mais présente l'avantage d'être construit à partir de quelques composants de base standardisés. La structure totale de OWL pèserait entre 10 000 et 15 000 tonnes – l'équivalent de la tour Eiffel – en fonction du choix des matériaux du miroir. Cela peut sembler excessif, mais OWL serait proportionnellement bien plus léger que les télescopes actuels : grand comme OWL, le VLT pèserait 500 000 tonnes ! Déplacer plus de 10 000 tonnes avec précision constitue cependant un défi. Les options envisagées incluent des chariots munis de systèmes d'entraînement par frottement, de minces couches d'huile sur lesquelles le télescope flotterait (c'est le cas pour le VLT) ou la lévitation magnétique.

Le coût, seul réel problème

Techniquement, les astronomes ne sont donc pas fous lorsqu'ils envisagent la construction de télescopes de 100 mètres de diamètre. Alors que les gains en taille passés ont été autant de sauts vers l'inconnu, la conception des télescopes futurs peut s'appuyer sur des techniques et des connaissances existantes.

Le seul réel problème est le coût d'un tel projet. Si l'on suit l'évolution historique, le prix d'un télescope est proportionnel au diamètre du miroir primaire élevé à la puissance 2,6. Les télescopes du VLT ayant coûté près de 100 millions d'euros chacun, un télescope de 20 mètres devrait alors coûter près de un milliard d'euros. Un télescope de 100 mètres de diamètre coûterait la somme faramineuse de 60 milliards d'euros ! Tant que cette loi sera vérifiée, les astronomes devront se contenter de construire une multitude de petits télescopes pour atteindre une surface collectrice équivalente. Le coût croîtrait alors comme le carré du diamètre souhaité. Pour moins d'un milliard d'euros, on pourrait construire dix

TÉLESCOPE DE TRENTE MÈTRES (TMT)



Diamètre : 30 mètres

Coût estimé :
Conception :

580 millions d'euros
Miroir primaire de forme
hyperboloïdale et segmenté
<http://www.tmt.org>

Site Internet :

télescopes de 8,2 mètres de diamètre, leur surface collectrice totale étant équivalente à un unique télescope de 26 mètres de diamètre. Malheureusement, comme nous l'avons vu, l'équivalence en taille ne signifie pas équivalence en performance. Utilisé comme des télescopes ordinaires, ce réseau de télescopes aurait la sensibilité d'un instrument de 26 mètres, mais le pouvoir de résolution d'un miroir de 8,2 mètres. Utilisé comme interféromètre, il offrirait une résolution excellente, mais une sensibilité bien moindre.

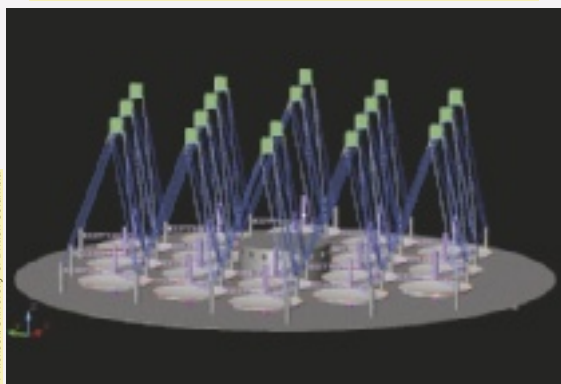
Heureusement, les ingénieurs comptent contourner la loi liée au coût en produisant les composants en série. Pour réaliser le miroir primaire de OWL, nous avons choisi d'assembler des miroirs de forme sphérique et tous identiques, au lieu de miroirs hyperboloïdaux classiques qui nécessitent de fabriquer chaque pièce sur mesure, en fonction de sa position dans le miroir final. On pourrait réaliser les 3048 miroirs élémentaires à la chaîne, au rythme d'un tous les deux jours. Pour compenser la distorsion de la lumière due à la sphéricité des miroirs, le télescope devrait être équipé d'un correcteur, similaire à celui qui a réparé la myopie de *Hubble*. Même ainsi, le système serait moins coûteux.

La forme du miroir secondaire est un autre choix non usuel. Pour simplifier les contraintes mécaniques, nous avons choisi une forme plate en lieu et place de l'hyperboloïde habituel, de sorte qu'une précision de quelques millimètres dans l'alignement suffirait, plutôt que quelques micromètres. L'inconvénient est que le miroir doit alors être énorme (25 mètres de côté). Les économies d'échelle devraient cependant largement compenser la complexité supplémentaire.

L'un des principaux éléments du coût d'un télescope est le dôme qui le protège. Le dôme du télescope du mont Palomar, avec 48 mètres de hauteur, est plus vaste que celui de la basilique Saint-Pierre de Rome. Cette taille est notamment imposée par la monture qui soutient le télescope : elle est inclinée pour pointer vers l'étoile polaire, de sorte que l'instrument peut suivre une étoile simplement en tournant autour de son axe. Ce type de monture est dit équatorial. Les télescopes modernes ont une monture plus

Les autres projets de télescopes géants

RÉSEAU DE MIROIRS LIQUIDES DE GRANDE OUVERTURE (LAMA)



P. Hickson/University of British Columbia

Équivalent à 42 mètres pour la sensibilité,
à 54 mètres pour la résolution
40 millions d'euros
18 miroirs paraboliques de 10 mètres de diamètre
en mercure liquide, pointant à la verticale
<http://www.astro.ubc.ca/LMT/lama/>

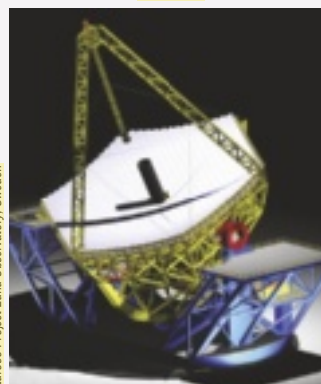
TÉLESCOPE GÉANT MAGELLAN (GMT)



T. Mason et Carnegie Observatories

Équivalent à 21,40 mètres en surface,
à 24,5 mètres pour la résolution
400 millions d'euros
Sept miroirs hyperboloïdaux
de 8,4 mètres sur une même monture
<http://www.gmto.org>

EURO50



Euro50 Project Lund Observatory, Sweden

50 mètres
580 millions d'euros
Miroir primaire ellipsoïdal segmenté
<http://www.astro.lu.se/fftorben/euro50>

compacte, dite alt-azimutale (le terme se réfère à un mouvement continu dans deux dimensions plutôt qu'une rotation autour d'un axe). Le contrôle en est plus compliqué, mais a été rendu possible par l'informatique. En conséquence, les dômes modernes sont plus petits – celui du *Keck* fait par exemple 31 mètres de hauteur.

Cependant, même avec une monture alt-azimutale, le dôme d'un télescope de 100 mètres de diamètre serait gigantesque et très onéreux. En outre, des simulations numériques suggèrent qu'une structure aussi monumentale créerait elle-même de la turbulence atmosphérique. Le TMT et le GMT auraient ainsi un dôme, mais OWL serait simplement doté d'un hangar amovible pour être abrité durant la journée ou en cas de mauvais temps, et opérerait à l'air libre le reste du temps. OWL supporterait des vents modérés (jusqu'à 15 mètres par seconde).

L'avenir de l'astronomie optique

Le coût final d'un télescope de 100 mètres de diamètre tel que OWL serait d'environ un milliard d'euros. Le TMT devrait quant à lui coûter environ 580 millions d'euros, et le GMT 330 millions d'euros. Ces coûts restent inférieurs à ceux de la plupart des expériences spatiales, mais représentent néanmoins une somme considérable, qui nécessitera probablement une collaboration internationale.

La dernière décennie a été un âge d'or pour l'astronomie, mais nous attendons encore plus de découvertes d'ici 2015. Les nouveaux détecteurs et l'optique adaptative étendront les capacités des télescopes actuels de huit à dix mètres. L'interférométrie, de nos jours technique expérimentale, deviendra routinière et permettra d'atteindre des résolutions supérieures à la milliseconde d'arc. Le JWST, destiné en particulier aux observations en infrarouge, devrait être lancé en 2013. La mise en service du Grand réseau millimétrique de l'Atacama (ALMA), avec ses 50 antennes de 12 mètres, jettera un pont entre l'astronomie infrarouge et radio dès 2011. Les radioastronomes auront peut-être commencé à construire

le réseau d'antennes SKA (pour *Square Kilometer Array*, ou réseau de un kilomètre carré) pour détecter les ondes radio de basse fréquence, un domaine peu exploré du spectre.

Les astronomes ont-ils vraiment besoin de télescopes géants dans le domaine optique ? Assurément oui, notamment pour étudier les planètes extrasolaires ou les constituants des étoiles et des galaxies. Les télescopes au sol offriront une résolution et une sensibilité plus élevées en lumière visible et infrarouge que les observatoires spatiaux – lesquels se spécialiseront dans les rayonnements X, ultraviolet et infrarouge moyen, auxquels l'atmosphère terrestre est opaque.

Il ne sera pas chose facile pour les astronomes de trancher entre les projets OWL, TMT et GMT. Chacun a ses avantages et ses inconvénients. Un comité international a récemment jugé que le projet OWL était faisable, mais risqué du point de vue financier et technique. Nous élaborons actuellement un projet de plus petite taille, et une décision est attendue avant la fin de l'année.

Au fil des siècles, les télescopes sont passés d'objets tenant sur une table de chevet à des instruments aussi grands qu'un immeuble. Il nous est désormais possible de construire des instruments capables de découvrir les premières étoiles de l'Univers et des jumelles extrasolaires de la Terre. Quand le ferons-nous ? La question reste ouverte.

Roberto GILMOZZI est l'un des principaux responsables du projet de télescope géant OWL. Il a dirigé de 1999 à 2005 l'observatoire européen VLT, au Chili.

Exploring the cosmic frontier : astrophysical instruments for the 21st century, ESO Astrophysics Symposia, Springer-Verlag, sous presse. www.mpifr-bonn.mpg.de/berlin04/

A. L. ARDEBERG et T. E. ANDERSEN (éd.), *Proceedings of second Backskog workshop on extremely large telescopes*, in *Proceedings of the SPIE*, vol. 5382, juillet 2004.

R. GILMOZZI et P. DIERICKX, *OWL concept study*, in *ESO Messenger*, n° 100, pp. 1-10, juin 2000. En ligne : www.eso.org/projects/owl/publications/2000_05_Messenger/htm

Site du projet OWL : www.eso.org/projects/owl/

Auteur & Bibliographie