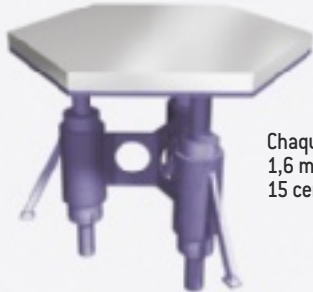


OWL, un géant de 100 mètres

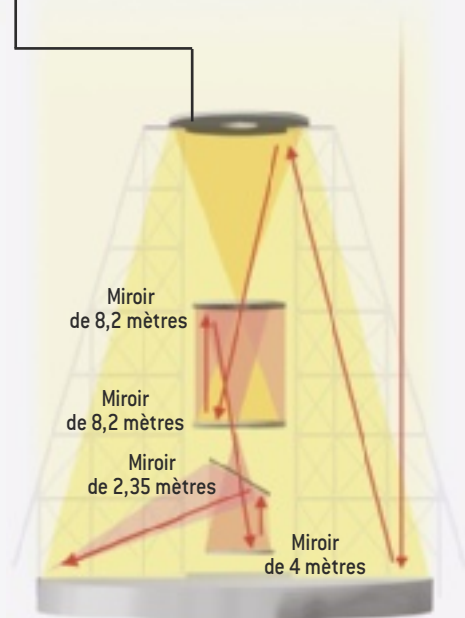
OPTIQUE ACTIVE

Chaque miroir élémentaire est muni de détecteurs et de trois vérins qui contrôlent son orientation.



Chaque segment :
1,6 mètre d'envergure
15 centimètres d'épaisseur

Miroir secondaire



CORRECTEUR OPTIQUE

Les quatre miroirs du correcteur, placés entre le miroir secondaire et les détecteurs, supprimeront les déformations induites par la forme inhabituelle des miroirs primaires et secondaires. Deux de ces miroirs peuvent aussi corriger les distorsions atmosphériques grâce à un système d'optique adaptative.

Coût estimé : 55 millions d'euros pour les miroirs, 100 millions d'euros pour l'optique adaptative.

D. Fédry

de l'image de cette cible et à garder une image toujours nette. Le miroir mobile peut être le miroir secondaire ou un autre miroir plus petit interposé entre le miroir secondaire et les détecteurs. Une série de petits pistons, ou actuators, appuient sur l'arrière du miroir pour ajuster précisément sa forme.

Ce système permet aux télescopes d'approcher la résolution théorique maximale, limitée uniquement par la diffraction, comme si l'atmosphère n'existait pas. Avec l'optique adaptative, un télescope de 100 mètres distinguerait, dans les longueurs d'onde du visible, des détails de 0,001 seconde d'arc, 40 fois plus fins que ceux discernés par le télescope *Hubble*. À travers un tel télescope, Bételgeuse n'apparaîtrait pas comme un simple point lumineux, mais comme une image de 3000 pixels avec un niveau de détail équivalent à celui avec lequel on voit aujourd'hui les planètes proches de la nôtre.

L'optique adaptative est déjà utilisée pour de nombreux grands télescopes, mais la transposer à plus grande échelle n'est pas une mince affaire : pour un télescope de 100 mètres, un système d'optique adaptative devrait être composé de plus de 100 000 actuators, contre 1 000 au plus pour les systèmes actuels. Le système de contrôle devra adapter la forme du miroir plusieurs centaines de fois par seconde, ce dont les processeurs actuels sont incapables.

Les concepteurs adoptent une approche par étapes, en construisant d'abord des systèmes qui opèrent dans l'infrarouge. L'effet de la turbulence étant moins grave pour les grandes longueurs d'onde, un dispositif d'optique adaptative nécessiterait moins d'actuators. Une technique très prometteuse est l'optique adaptative multiconjuguée, dont le VLT est en train de déployer une version prototype ; elle corrige la turbulence sur un grand champ et non seulement dans une petite région centrée sur l'étoile de référence.

De l'optique... et de la mécanique !

L'interférométrie est un autre moyen d'améliorer la résolution. Elle consiste à combiner la lumière recueillie par plusieurs télescopes, les interférences résultantes permettant de reconstruire l'image d'origine avec une résolution encore meilleure que celle d'éventuels télescopes géants. Les quatre télescopes du VLT, distants de 130 mètres les uns des autres, peuvent fonctionner de concert en interférométrie ; ils offrent alors la même résolution qu'un télescope de 130 mètres de diamètre. L'interférométrie a cependant ses limitations. Son champ de vision est très étroit et, en raison de la complexité des systèmes optiques, seuls quelques pour cent de la lumière recueillie sont utilisables, contre 50 pour cent ou plus pour un télescope usuel. De toute façon, la surface collectrice totale n'est que la somme de celles des miroirs mis en jeu, bien inférieure à celle d'un miroir dont le diamètre correspondrait à leur écartement. Ainsi, comme les télescopes spatiaux, l'interférométrie favorise la résolution au détriment de la sensibilité ; elle ne saurait donc se substituer à un télescope géant au sol.

La conception d'un télescope géant pose de nombreux problèmes mécaniques. Le poids d'un animal augmente comme le cube de sa taille, tandis que la résistance de son squelette ne croît que comme le carré de la taille. Proportionnellement à sa taille, un éléphant a donc besoin de jambes beaucoup plus larges qu'une souris. C'est aussi valable

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.

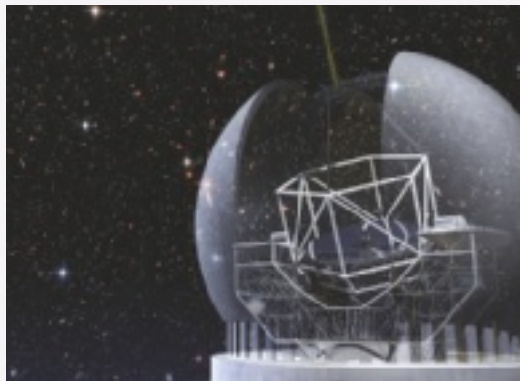
Le projet OWL reprend une approche similaire, mais présente l'avantage d'être construit à partir de quelques composants de base standardisés. La structure totale de OWL pèserait entre 10 000 et 15 000 tonnes – l'équivalent de la tour Eiffel – en fonction du choix des matériaux du miroir. Cela peut sembler 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 : 580 millions d'euros
Conception : Miroir primaire de forme hyperboloïdale et segmenté

Site Internet : <http://www.tmt.org>

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