



Les systèmes optiques et mécaniques de l'ELT constituent un gigantesque défi



particulièrement adapté à l'étude des étoiles ou des galaxies. Les caractéristiques de l'ELT lui permettront notamment d'analyser l'atmosphère des exoplanètes et d'y chercher des indices d'activité biologique. Il sera capable de détecter la structure et la composition de galaxies lointaines, d'observer en détail les effets des trous noirs supermassifs tapis au centre des galaxies, et de mesurer directement l'accélération de l'expansion cosmique. Les objectifs scientifiques de l'ELT sont nombreux, divers et ils transformeront nos connaissances dans tous les domaines de l'astronomie et de l'astrophysique, du plus proche au plus lointain.

UN PROJET EUROPÉEN QUI S'EST CONCRÉTISÉ EN 2014

À une époque où il n'y a plus de course à l'espace entre les grandes puissances, il n'est pas étonnant que la coopération internationale règne quand il s'agit de construire de grands observatoires. De ce point de vue, l'Europe a pris l'initiative en 1962 lors de la création de l'ESO, auquel adhèrent désormais 16 pays. Ce geste, qui était il y a plus d'un demi-siècle un acte de survie pour l'astronomie européenne, a fini par la placer à la première place mondiale dans le domaine de l'observation depuis le sol. L'effort n'a pas été vain. Le plus puissant complexe d'astronomie optique du monde est actuellement le VLT, un ensemble de quatre télescopes de 8,2 mètres de diamètre installés par l'ESO dans son observatoire du Cerro Paranal, dans le désert de l'Atacama, région réputée pour être la plus aride de la planète.

Du côté de l'astronomie des grandes longueurs d'onde, la coopération internationale a battu des records avec la construction d'*Alma*, ou *Grand réseau d'antennes millimétrique/submillimétrique de l'Atacama* (l'acronyme anglais *Alma* signifie « âme » en espagnol), un radiotélescope de 66 antennes né de la collaboration de l'Europe (ESO), de l'Amérique (États-Unis et Canada)

et de l'Asie (Japon, Taïwan et Corée du Sud). Cette installation inaugurée en 2013 offre des possibilités uniques d'observation de l'Univers froid (gaz et poussière interstellaire, disques protoplanétaires, etc.) et fait l'objet d'une intense compétition entre équipes d'astronomie pour obtenir du temps d'observation.

Toutefois, lorsqu'il s'est agi d'accéder à la prochaine génération de télescopes optiques, la stratégie à l'origine du succès d'*Alma* n'a pas été reproduite. Il existe actuellement trois projets de construction de télescopes géants dotés de miroirs de plus de 20 mètres de diamètre. Deux d'entre eux, le *Giant Magellan Telescope* ou GMT (24 mètres) et le *Thirty Meter Telescope* (TMT) sont à l'initiative de différents instituts de recherche américains. L'Europe, de son côté, a misé depuis des années sur l'ELT.

Après une longue période d'études préliminaires sur différents concepts, l'ESO a opté pour un système fondé sur un miroir de 39,3 mètres. En 2010, il a été décidé de l'installer sur le Cerro Armazones. Le terrain, situé à une altitude de 3060 mètres, a été accordé par le gouvernement chilien à l'ESO dans le but d'y installer cet observatoire. En plus de l'excellente qualité du ciel, le fait qu'Armazones et Paranal se trouvent à moins de 20 kilomètres l'un de l'autre permettra d'opérer l'ELT comme un instrument de l'observatoire de Paranal.

Le coût direct de la construction de l'ELT est estimé à 1,2 milliard d'euros, financés par les pays membres de l'ESO. À la différence des projets américains, l'ESO a décidé de ne pas démarrer la construction de l'ELT avant de s'être assuré de 90 % de son financement, un objectif atteint en 2014. En 2015, la route d'accès au Cerro Armazones a été achevée et le terrassement du sommet pour accueillir le gros œuvre a débuté. Après le creusement des fondations, terminé en 2018, les étapes suivantes seront le coulage du béton et l'installation des systèmes d'amortissement antisismiques. Suivra la construction du bâtiment de service et de la coupole où sera ensuite installée la monture du télescope.

Le véritable cœur de l'ELT, l'ensemble de ses systèmes optiques et mécaniques, constitue un gigantesque défi. Au moment où nous écrivons, l'industrie européenne est déjà à pied d'œuvre pour produire l'ensemble de ses éléments, y compris les miroirs, leurs supports, les actionneurs, capteurs et bien d'autres. La première lumière pour des calibrages techniques est prévue pour 2025 ; après quoi, l'instrumentation sera installée afin de démarrer les opérations scientifiques en 2026.

L'ELT sera essentiellement composé du télescope, de son instrumentation scientifique et de leurs structures de support respectives. La fonction du télescope est de collecter la lumière visible et infrarouge émise par l'objet étudié et, >

> moyennant une succession de six miroirs (le primaire et cinq miroirs secondaires), de former une image dans le plan focal. Celle-ci s'étendra sur une surface d'environ 2 mètres de diamètre, correspondant à 10 minutes d'arc dans le ciel (environ un tiers du diamètre de la pleine lune).

HUIT INSTRUMENTS

Les instruments scientifiques sont chargés de traiter l'image produite par le télescope selon les besoins (imagerie, spectroscopie, coronographie, etc.). Afin de maximiser l'efficacité de l'observatoire, le télescope compte huit stations focales permettant d'installer jusqu'à huit instruments différents (bien qu'un seul puisse être actif à chaque instant). Si le télescope et ses structures de support sont des éléments pérennes maintenus tout au long de la vie utile

de l'observatoire (en général plusieurs décennies), les instruments ont une vie plus courte, de l'ordre de dix ans. C'est cette évolution de l'instrumentation qui permet aux observatoires astronomiques de se maintenir en permanence à la pointe de la recherche scientifique.

Grâce à son gigantesque miroir primaire, l'ELT sera capable de distinguer deux objets séparés dans le ciel d'à peine 5 millisecondes d'arc. Cela représente un pouvoir de résolution 12000 fois supérieur à celui de l'œil humain, 16 fois supérieur à celui du télescope spatial *Hubble* et 4 fois supérieur à celui du *GTC*. Quant à la quantité de lumière captée, qui détermine sa sensibilité, l'ELT disposera d'une surface collectrice de 978 mètres carrés, face aux 655 du *TMT*, aux 368 du *GMT*, aux 74 du *GTC* ou aux 4,5 de *Hubble*.

COMMENT FONCTIONNE UN TÉLESCOPE DE 40 MÈTRES

La principale caractéristique de l'ELT sera son immense miroir primaire d'un diamètre de 39,3 mètres. L'observatoire sera aussi équipé de différents instruments qui lui permettront d'analyser la lumière émise par les objets célestes. De par ces dimensions colossales, le principal défi sera

de contrecarrer les différentes perturbations que subira le télescope aussi bien du fait de sa propre structure que des perturbations atmosphériques. Ce schéma montre la structure interne – sans la coupole de protection – de l'observatoire.

Monture d'altitude
(pivote autour de l'axe horizontal)

MIROIR PRIMAIRE

La taille du miroir primaire détermine deux grandeurs cruciales : la quantité de lumière que collecte le télescope (et donc sa capacité à détecter des objets peu lumineux et lointains) et son pouvoir de résolution (la possibilité de séparer deux objets très proches sur la voûte céleste). Pour l'ELT, ces grandeurs seront respectivement 14 et 4 fois supérieures à celles du plus grand télescope optique actuellement en service.

INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE

Une fois collectée la lumière de l'objet astronomique étudié, divers instruments se chargeront de l'analyser en fonction des propriétés recherchées. Les premiers installés seront la caméra infrarouge *Micado*, le spectrographe visible et infrarouge *Harmoni* et la caméra spectrographique infrarouge *Metis*.

PERTURBATIONS

À cause de ses grandes dimensions, l'ELT sera très sensible aux perturbations affectant la structure ou les miroirs. Faute de les corriger, l'image serait dégradée au point que les avantages d'un télescope géant seraient perdus. De telles perturbations peuvent provenir entre autres du poids de la monture en altitude elle-même, des changements ou des différences de température, voire du vent. Un système automatisé les détecte et les corrige en temps réel en déformant et en déplaçant les miroirs.

OPTIQUE ADAPTATIVE

Les mouvements de l'air troublent la lumière des objets célestes avant qu'elle n'arrive au télescope. Pour éviter ces effets, l'ELT disposera d'un système d'optique adaptative : un miroir dont la surface est déformable corrige en temps réel les déformations de l'image provoquées par les turbulences atmosphériques.

Monture azimutale
(pivote autour de l'axe vertical).

