

ESO

L'Observatoire  
Européen  
Austral

# Atteindre de nouveaux sommets en Astronomie





## L'ESO et l'astronomie

---

L'astronomie est la plus ancienne des sciences naturelles. La contemplation de la majestueuse Voie Lactée s'étendant dans le ciel par nuit sombre et dégagée a suscité l'émerveillement de générations de personnes, des époques et des cultures passées comme présentes.

De nos jours, l'astronomie se distingue par son dynamisme, sa capacité à utiliser des technologies de pointe ainsi que des techniques sophistiquées pour étudier les objets situés à la limite de l'Univers observable, détecter la présence de planètes autour d'autres étoiles que le Soleil et explorer de nombreux autres objets célestes de manière plus détaillée que jamais. De sorte que nous pouvons enfin commencer à répondre à certaines des questions les plus fondamentales de l'humanité telles que : D'où venons-nous ? La vie existe-t-elle ailleurs dans l'Univers ? Comment les étoiles et les planètes se forment-elles ? Comment les galaxies évoluent-elles ? De quoi est constitué l'Univers ?

L'Observatoire Européen Austral (ESO) est la principale organisation intergouvernementale astronomique au monde. Il porte un ambitieux programme de conception, de construction et d'explo-

tation des installations les plus puissantes et les plus productives d'observation du ciel depuis la Terre. Dans cet objectif, l'ESO développe des partenariats constructifs avec la communauté scientifique et l'industrie, et dans certains cas avec d'autres partenaires autour du monde.

Les propositions d'observation à partir des télescopes de l'ESO surpassent le nombre de nuits disponibles d'un facteur allant de trois à cinq, ou même plus. Cette importante demande explique en partie la raison pour laquelle l'ESO est l'observatoire au sol le plus productif au monde, avec près de trois articles rédigés à partir de données ESO publiés chaque jour en moyenne dans les revues spécialisées de la communauté scientifique. Ces articles scientifiques présentent certaines des découvertes les plus remarquables en astronomie. L'ESO s'attache à continuer de rendre ces découvertes possibles en poursuivant le projet d'observation astronomique le plus ambitieux de l'histoire, la construction de l'Extremely Large Telescope.

Xavier Barcons  
Directeur Général de l'ESO



ESO/S. Guisard (www.eso.org/~sguisard)

Sur cette image figure la région du ciel s'étendant de la constellation du Sagittaire à la constellation du Scorpion.

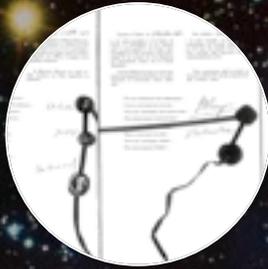


ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Atteindre les étoiles depuis Paranal.

ESO/J. Girard

# Dates clés dans l'histoire de l'ESO



**5 octobre 1962**

Les cinq membres fondateurs — la Belgique, la France, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Suède — signent la Convention de l'ESO.



**6 novembre 1963**

Le Chili est choisi comme pays hôte de l'Observatoire de l'ESO et le Convenio (également appelé l'*Acuerdo*), l'accord entre le Chili et l'ESO, est signé.



**30 novembre 1966**

Première lumière pour le télescope de 1 mètre de l'ESO à La Silla, le tout premier télescope implanté par l'ESO au Chili.



**23 mars 1989**

Première lumière pour le New Technology Telescope.



**25 mai 1998**

Première lumière pour Antu, le premier télescope du VLT (UT1).



**17 mars 2001**

Première lumière pour le Very Large Telescope Interferometer.



**8 juin 2011**

Premières images acquises par le Télescope de Sondage du VLT (VST).



**30 septembre 2011**

ALMA débute ses observations préscientifiques. Une première image est publiée.



**5 octobre 2012**

L'ESO célèbre son 50<sup>e</sup> anniversaire.

Image infrarouge de la Nébuleuse de la Carène acquise par la caméra HAWK-I installée sur le VLT.



7 novembre 1976

Première lumière pour le télescope de 3,6 mètres de l'ESO.



5 mai 1981

Inauguration du Quartier Général de l'ESO à Garching en Allemagne.



22 juin 1983

Première lumière pour le télescope MPG/ESO de 2,2 mètres.



11 février 2003

Première lumière pour l'instrument HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher) installé sur le télescope de 3,6 mètres de l'ESO à l'Observatoire de La Silla.



14 juillet 2005

Première lumière pour APEX (submillimetre Atacama Pathfinder Experiment).



11 décembre 2009

VISTA, le télescope de sondage dans l'infrarouge, est mis en service.



19 juin 2014

Cérémonie de lancement des travaux de préparation du site qui accueillera l'ELT (Extremely Large Telescope).



26 mai 2017

Cérémonie de pose de la première pierre de l'ELT en présence de la Présidente du Chili, Michelle Bachelet Jeria.



L'avenir

*Avec les gigantesques flux de données transmis aux astronomes des États Membres de l'ESO de nouvelles découvertes sont attendues...*

# Les sites de l'ESO

Le nord du Chili, où se trouve le désert d'Acatama, est doté de cieux exceptionnellement purs et sombres. Il permet ainsi, durant 300 nuits par an, des observations éblouissantes du ciel de l'hémisphère sud, et notamment d'une grande partie de la région centrale de la Voie Lactée et des deux Nuages de Magellan.

## Le plateau de Chajnantor

Le plateau de Chajnantor culmine à 5000 mètres d'altitude. C'est l'un des sites d'observation astronomique les plus élevés au monde. Il accueille ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) — fruit d'une collaboration entre l'ESO, l'Amérique du Nord, l'Est asiatique et la République du Chili — ainsi qu'APEX (Atacama Pathfinder Experiment), un télescope de 12 mètres qui opère dans les domaines millimétrique et submillimétrique.

## Le Cerro Paranal

Situé à 2600 mètres d'altitude, à 130 km au sud d'Antofagasta et 12 km de la côte Pacifique du nord du Chili, Paranal est l'un des lieux les plus secs au monde. Il abrite le Very Large Telescope — un réseau de quatre Télescopes Principaux et de quatre Télescopes Auxiliaires de 1,8 mètre, qui font partie de l'Interféromètre du VLT — ainsi que deux puissants télescopes de sondage : le VST et VISTA.

## Le Cerro Armazones

Distant de 23 kilomètres à peine de l'Observatoire de Paranal, le Cerro Armazones accueillera prochainement l'Extremely Large Telescope (ELT) de 39 mètres de diamètre. Ce dernier sera intégré au système opérationnel de Paranal.

## Vitacura, Santiago du Chili, Chili

L'antenne de l'ESO à Santiago est un centre de formation des nouvelles générations de chercheurs ainsi qu'un lieu de promotion des échanges entre scientifiques européens et chiliens à travers des collaborations.

La région de formation d'étoiles Gum 15 observée par le télescope MPG/ESO de 2,2 mètres.



### La Silla

Le tout premier observatoire de l'ESO fut édifié à 2400 mètres d'altitude et 600 kilomètres au nord de Santiago du Chili. Il est doté de plusieurs télescopes optiques dont les diamètres peuvent atteindre les 3,6 mètres. Le télescope de 3,6 mètres de l'ESO est désormais équipé du chasseur d'exoplanètes le plus performant au monde, HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher).

### Quartier Général, Garching, Allemagne

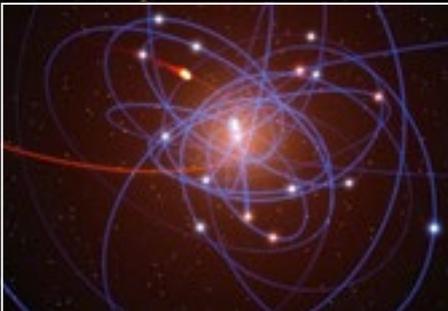
Le siège de l'ESO se situe à Garching près de Munich en Bavière, Allemagne. Centre scientifique, technique et administratif de l'ESO, il accueille aussi un complexe technique au sein duquel les instruments les plus avancés de l'ESO sont développés, construits, assemblés, testés et améliorés. Ce site abrite également l'une des plus grandes bases de données d'archives astronomiques au monde, un planétarium et un centre dédié à l'accueil des visiteurs baptisé ESO Supernova.

# Découvertes scientifiques clés de l'ESO

## Top 10 des découvertes astronomiques de l'ESO

### 1 | Des étoiles en orbite autour du trou noir supermassif au centre de la Voie Lactée

Plusieurs des télescopes phares de l'ESO ont été utilisés, dans le cadre d'une étude prolongée, pour acquérir l'image la plus détaillée à ce jour des environs du trou noir supermassif — un véritable monstre — situé au cœur de notre galaxie.



### 2 | L'Univers en expansion accélérée

Deux équipes distinctes de chercheurs ont montré, à partir d'observations de supernovae en partie effectuées par les télescopes de l'ESO installés à Paranal et La Silla, que l'expansion de l'Univers accélère. Ce résultat fut récompensé par l'attribution du Prix Nobel de Physique en 2011.



### 3 | Découverte d'une planète située dans la zone habitable de Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Système Solaire.

Longtemps recherchée, cette planète baptisée Proxima b est en orbite autour de son étoile hôte, une naine rouge froide, avec une période de 11 jours. La température de cette planète rocheuse à peine plus massive que la Terre est compatible avec la présence d'eau liquide en surface. Ainsi donc, cette exoplanète abrite-t-elle peut-être les formes de vie les plus proches en dehors du Système Solaire.



ESO/M. Kornmesser

### 4 | Une extraordinaire image d'ALMA révèle la genèse d'un système planétaire

En 2014, ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) a révélé les remarquables détails d'un système planétaire en formation. Les images de HL Tauri sont les mieux résolues à ce jour dans le domaine submillimétrique. Elles révèlent comment les planètes se forment à partir du gaz et de la poussière dans un disque protoplanétaire.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

### 5 | Première image d'une exoplanète

Le VLT a acquis la toute première image d'une planète située en dehors de notre Système Solaire. Cette planète, dotée d'une masse équivalant à cinq fois la masse de Jupiter, décrit une orbite autour d'une étoile de type naine brune — au sein de laquelle les réactions nucléaires ne se sont pas enclenchées — distante de 55 unités astronomiques (55 fois la distance de la Terre au Soleil).





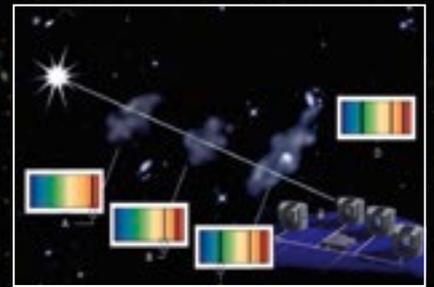
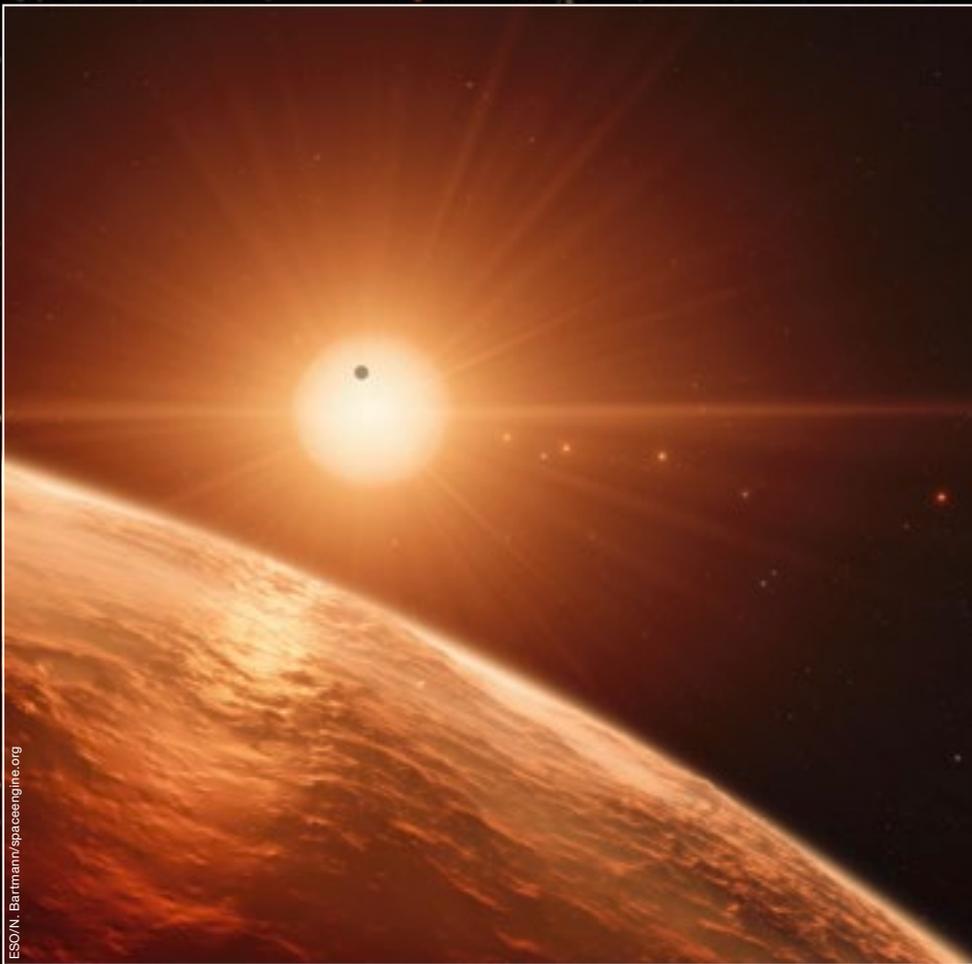
## 6 | L'étoile la plus âgée de la Voie Lactée

Grâce au VLT, les astronomes ont pu déterminer l'âge de la plus vieille étoile connue de notre galaxie : 13,2 milliards d'années. Sa naissance date donc de la première époque de formation stellaire au sein de l'Univers. Des traces d'uranium ont été détectées au sein d'une étoile contemporaine de la formation de la Voie Lactée. Cet élément a été utilisé comme marqueur indépendant pour estimer l'âge de notre galaxie.



## 7 | Mesures directes de spectres d'exoplanètes et de leurs atmosphères

L'atmosphère qui entoure une exoplanète de type super-Terre a été pour la première fois analysée par le VLT. GJ 1214 b a fait l'objet de cette étude alors qu'elle passait devant son étoile hôte et qu'une fraction de la lumière stellaire traversait l'atmosphère planétaire. Cette étude a révélé que l'atmosphère est, soit principalement composée d'eau sous forme de vapeur, soit constituée d'épais nuages, voire de brumes.



## 8 | Mesure indépendante de la température cosmique

Vingt-cinq années de constants progrès auront été nécessaires pour que le VLT parvienne à détecter la présence de molécules de monoxyde de carbone au sein d'une galaxie qui nous apparaît telle qu'elle était voici 11 milliards d'années. Ce résultat a permis aux astronomes de déterminer, avec une précision inégalée, la température cosmique à cette époque reculée.

## 9 | Un système planétaire bat tous les records

Grâce à divers télescopes disséminés au sol et dans l'espace, parmi lesquels figure le VLT de l'ESO, des astronomes ont découvert un système composé de sept planètes de type Terre distant d'à peine 40 années-lumière, en orbite autour d'une étoile naine ultra froide baptisée TRAPPIST-1. Trois de ces planètes se situent dans la zone habitable, augmentant d'autant la probabilité que ce système stellaire abrite la vie. Ce système est unique, car il est constitué du plus grand nombre de planètes de type Terre découvertes à ce jour et du plus grand nombre de planètes susceptibles d'avoir à leur surface de l'eau à l'état liquide.



## 10 | Les sursauts gamma — leurs liens avec les supernovae et la fusion d'étoiles à neutrons

Les télescopes de l'ESO ont apporté la preuve définitive que les sursauts gamma de longue durée sont liés à l'explosion d'étoiles massives en fin de vie, résolvant ainsi une vieille énigme. En outre, l'un des télescopes de l'Observatoire de La Silla a pour la première fois observé la lumière visible en provenance d'un sursaut gamma de courte durée, démontrant ainsi que ce type d'émission résulte vraisemblablement de la violente collision entre deux étoiles à neutrons lors du processus de fusion.

Image du ciel profond acquise au moyen de la caméra « Wide Field Imager » (WFI) qui équipe le télescope MPG/ESO de 2,2 mètres à l'Observatoire de La Silla.

# Le Very Large Telescope

Le réseau du Very Large Telescope (VLT) est l'équipement phare de l'astronomie européenne en ce début de troisième millénaire. Cet observatoire, le plus avancé au monde dans les domaines optique et infrarouge, se compose de quatre télescopes dotés de miroirs principaux de 8,2 mètres de diamètre, susceptibles d'être utilisés séparément ou conjointement, au même titre que les quatre Télescopes Auxiliaires mobiles de 1,8 mètre de diamètre, dans le but de constituer un interféromètre. Ces puissants télescopes sont capables d'acquérir des images d'objets célestes dont la luminosité est quatre milliards de fois inférieure à celle des objets visibles à l'œil nu.

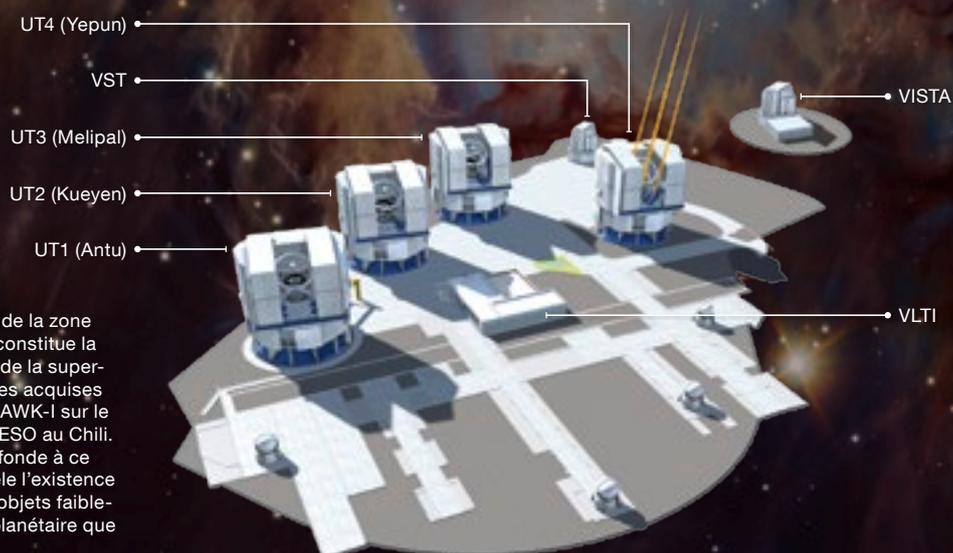
Le programme d'instrumentation du VLT est le plus ambitieux jamais conçu pour un seul et unique observatoire. Il intègre des caméras et des spectrographes qui couvrent une vaste étendue du spectre électromagnétique : les longueurs d'onde comprises entre l'ultraviolet (0,3  $\mu\text{m}$ ) et l'infrarouge moyen (20  $\mu\text{m}$ ).

Les télescopes de 8,2 mètres sont logés au sein de bâtiments compacts et thermiquement contrôlés dont la rotation s'effectue de manière synchrone avec les télescopes. Ainsi, les effets locaux sur les conditions d'observation, telle la turbulence de l'air devant le miroir du télescope qui pourrait résulter de variations de température et de la vitesse du vent, se trouvent réduits.

Le premier des télescopes a débuté ses opérations scientifiques de routine le 1<sup>er</sup> avril 1999. Depuis lors, le VLT a considérablement impacté l'astronomie observationnelle. Il s'est affirmé comme l'installation terrestre individuelle la plus productive au monde. Ainsi, les résultats obtenus au moyen du VLT conduisent en moyenne à la publication de plus d'un article et demi par jour.

L'Observatoire du Mont Paranal de l'ESO abrite également le NGTS (Next-Generation Transit Survey) et SPECULOS (Search for habitable Planets ECLipsing ULtra-cOOl Stars), deux télescopes nationaux.

Dénomination	VLT
Localisation	Cerro Paranal
Altitude	2635 mètres
Couverture spectrale	Ultraviolet/optique/infrarouge
Composants/techniques	Interférométrie réalisée au moyen de 4 télescopes (au maximum distants de 130 mètres) – 3 d'entre eux sont dotés d'optique adaptative
Conception optique	Réflecteur Ritchey-Chrétien
Diamètre du miroir primaire	8,2 mètres
Monture	Alt-azimutale
Première lumière	Mai 1998 – septembre 2000



Cette spectaculaire image de la zone de formation stellaire que constitue la Nébuleuse d'Orion résulte de la superposition de plusieurs images acquises par la caméra infrarouge HAWK-I sur le Very Large Telescope de l'ESO au Chili. Elle offre la vue la plus profonde à ce jour de cette région et révèle l'existence d'un plus grand nombre d'objets faiblement lumineux de masse planétaire que ce qui était attendu.



ESO/H. Dress et al.



Y. Beletsky (LCO)/ESO

Prise depuis l'intérieur du dôme du quatrième télescope du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, cette spectaculaire image montre l'Étoile Guide Laser (LGS) du VLT dirigée vers le centre de la Voie Lactée.



ESO/G. Hudepohl (atacamaphoto.com)

Sur cette magnifique image aérienne prise depuis le désert de l'Atacama au nord du Chili, le Soleil couchant plonge sous l'horizon de l'Océan Pacifique, baignant de lumière le site de Paranal.

# Optique Adaptative

La turbulence présente au sein de l'atmosphère terrestre déforme les images acquises depuis le sol et cause le scintillement des étoiles. L'utilisation d'une méthode baptisée optique adaptative permet toutefois aux astronomes de l'ESO de contrecarrer cet effet de l'atmosphère.

De complexes miroirs déformables contrôlés par ordinateur sont capables de corriger, en temps réel, la distorsion produite par la turbulence atmosphérique. Les images obtenues bénéficient ainsi d'une définition quasi identique à celles acquises depuis l'espace.

Mesurer les distorsions produites par l'atmosphère, puis les corriger au moyen d'un miroir adaptatif, suppose de disposer d'une étoile de référence située à très grande proximité de l'objet observé.

En l'absence d'étoiles appropriées, les astronomes créent des étoiles de référence artificielles en projetant un puissant faisceau laser à 90 kilomètres d'altitude, dans la haute atmosphère terrestre.

L'ESO est leader dans le développement des technologies de l'optique adaptative et des étoiles guides laser, et collabore avec divers instituts et industries européens. Les instruments d'optique adaptative de l'ESO ont conduit à de remarquables résultats scientifiques : les premières observations directes d'une exoplanète (voir p.8), l'étude détaillée de l'environnement du trou noir situé au centre de la Voie Lactée (voir p. 8), etc.

Une nouvelle génération d'optique adaptative est en cours d'installation sur le VLT. Cette technologie repose sur l'utilisation de plusieurs étoiles guides laser et d'instruments d'optique adaptative particulièrement élaborés tels des chercheurs de planètes. Des systèmes bien plus avancés, conçus pour permettre de relever les défis de l'ELT, sont également en cours de développement. L'utilisation de plusieurs étoiles guides laser permettra, à terme, de disposer d'un champ de corrigé plus étendu, une absolue nécessité pour répondre aux enjeux scientifiques à venir du VLT et de l'ELT.

Le système de 4 étoiles guides laser de l'Observatoire de Paranal pointant en direction de la Nébuleuse de la Carène.

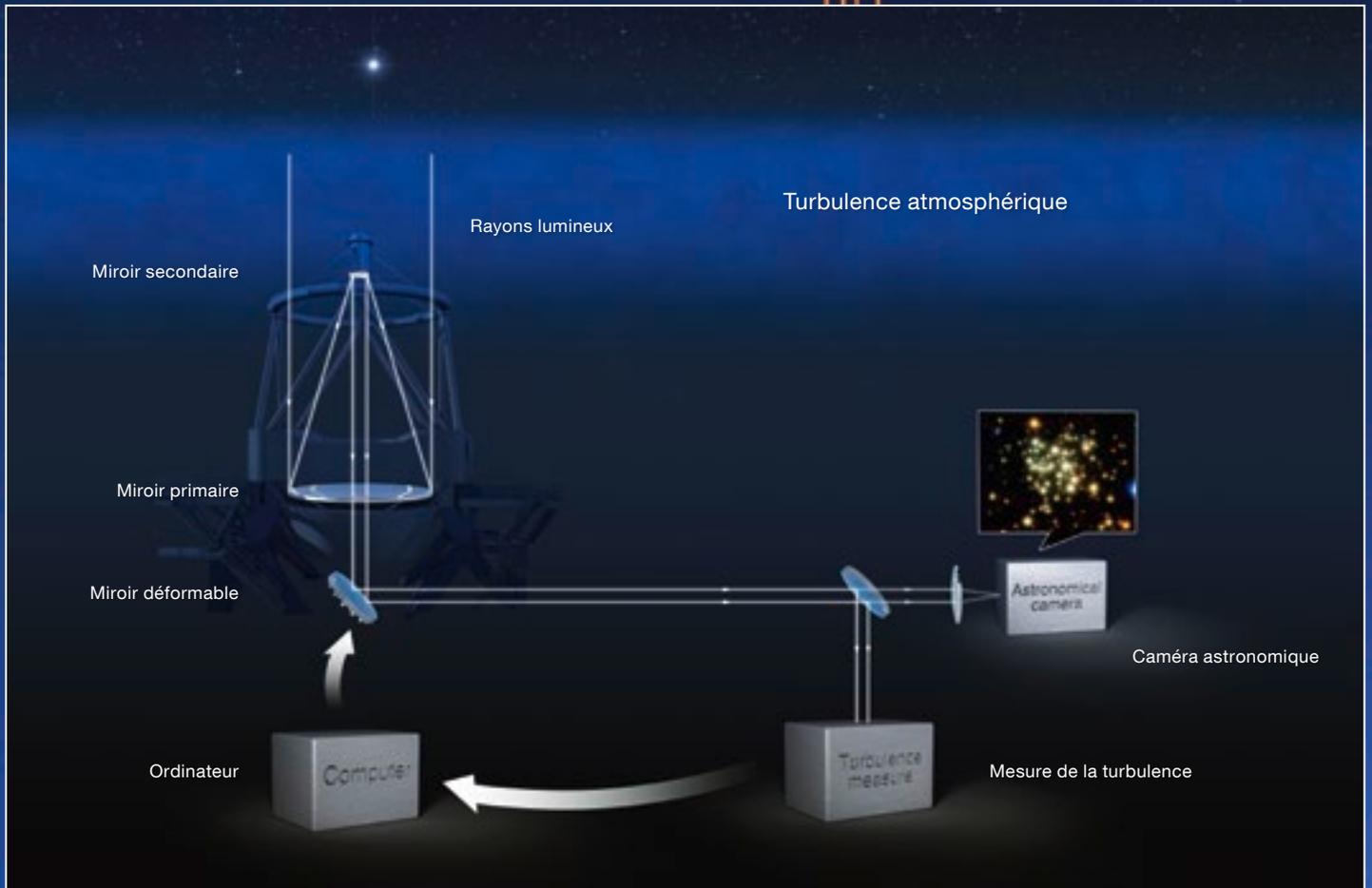


Illustration du fonctionnement de l'optique adaptative.



Le système de 4 étoiles guides laser installé sur le quatrième télescope du VLT.

# L'interféromètre du VLT

Les télescopes du VLT peuvent être combinés afin de constituer l'Interféromètre du Very Large Telescope (VLTI), dont l'utilisation permet aux astronomes d'observer des détails 16 fois plus fins que ceux délivrés par chaque télescope utilisé individuellement. Avec le VLTI, il devient possible de scruter en détail la surface des étoiles et d'étudier l'environnement proche d'un trou noir situé au centre d'une autre galaxie.

Au sein du VLTI, les faisceaux de lumière capturés par chacun des télescopes se trouvent combinés grâce à un ingénieux système de miroirs souterrains. Dans ces tunnels, les longueurs des faisceaux doivent être maintenues égales au millième de millimètre près sur une distance supérieure à 100 mètres. Ce « télescope virtuel » de 130 mètres d'envergure permet d'effectuer des mesures d'une incroyable précision : ainsi, le VLTI est-il capable de distinguer la tête d'une vis sur la Station Spatiale Internationale en orbite autour de la Terre, à 400 kilomètres d'altitude. Bien que la lumière en provenance des

quatre télescopes de 8,2 mètres puisse être combinée au sein du VLTI, ces grands télescopes sont bien souvent utilisés indépendamment les uns des autres, à d'autres fins. Leur manque de disponibilité limite donc leur utilisation pour des observations interférométriques à quelques nuits par an seulement.

La combinaison des quatre Télescopes Auxiliaires (ATs), de taille réduite, permet d'exploiter, chaque nuit, la puissance du VLTI. Les ATs ont été disposés sur des rails, de sorte qu'ils puissent être déplacés et repositionnés à volonté. Les faisceaux de lumière sont ensuite réfléchis par les miroirs AT puis combinés au sein du VLTI.

Les ATs sont des télescopes peu commun — autonomes dans leurs dômes protecteurs ultra-compacts, ils disposent de leur propre système électronique, hydraulique, de ventilation, de refroidissement et également de déplacement. Ainsi, leurs transporteurs sont-ils capables de les soulever et de les repositionner.

Dénomination	Télescopes Auxiliaires
Localisation	Cerro Paranal
Altitude	2635 mètres
Couverture spectrale	Optique/Infrarouge
Composants/techniques	Interférométrie réalisée au moyen de 4 télescopes de taille réduite (distants de moins de 200 mètres)
Conception optique	Ritchey-Chrétien doté d'un train optique coudé
Diamètre du miroir primaire	1,82 mètre
Monture	Alt-azimutale
Première lumière	Janvier 2004 – décembre 2006



Vue panoramique du tunnel du Very Large Telescope Interferometer.



# Les Télescopes de Sondage

Le télescope de sondage opérant dans les domaines visible et infrarouge (VISTA) et le télescope de sondage du VLT (VST) ont été installés à proximité de l'Observatoire de Paranal de l'ESO. Ces télescopes de sondage dédiés à l'imagerie astronomique sont les plus puissants au monde. À ce titre, ils renforcent considérablement le potentiel de découverte scientifique de l'Observatoire de Paranal.

Bon nombre d'objets astronomiques présentant un intérêt particulier — des sombres étoiles de type naine brune qui peuplent la Voie Lactée aux quasars les plus lointains — sont difficiles à trouver. Les télescopes les plus grands ne peuvent scruter qu'une infime fraction du ciel à la fois. VISTA et le VST en revanche ont été conçus pour faire rapidement des images de vastes et profondes zones du ciel. Ces deux télescopes contribuent ainsi à la création de vastes archives d'images et de

catalogues d'objets qui seront analysés par les astronomes au cours des prochaines décennies.

Doté d'un miroir principal de 4,1 mètres de diamètre, VISTA s'impose comme le télescope de sondage le plus puissant au monde dans le proche infrarouge. Au cœur de VISTA figure une caméra de 3 tonnes constituée de 16 détecteurs de lumière infrarouge composant un ensemble de 67 mégapixels. Cette caméra offre un champ de vision supérieur à celui de n'importe quelle caméra astronomique opérant dans le proche infrarouge.

Le VST est un télescope de 2,6 mètres de diamètre doté d'OmegaCAM, une énorme caméra CCD de 268 mégapixels dont le champ de vision est quatre fois supérieur à la surface de la pleine Lune. En scrutant le ciel dans le domaine visible, il vient compléter VISTA.

Dénomination	VISTA
Localisation	A proximité du Cerro Paranal
Altitude	2518 mètres
Couverture spectrale	Infrarouge
Composants/techniques	Caméra VIRCAM de 67 mégapixels; champ de vision de 1,65° x 1,65°
Conception optique	Réflecteur Ritchey-Chrétien modifié doté de lentilles correctrices dans la caméra
Diamètre du miroir primaire	4,10 mètres
Monture	Alt-azimutale à fourche
Première lumière	11 décembre 2009

Dénomination	VST
Localisation	Cerro Paranal
Altitude	2635 mètres
Couverture spectrale	Ultraviolet/optique/proche infrarouge
Composants/techniques	Caméra OmegaCAM de 268 mégapixels; champ de vision de 1° x 1°
Conception optique	Réflecteur Ritchey-Chrétien doté de correcteurs
Diamètre du miroir primaire	2,61 mètres
Monture	Alt-azimutale à fourche
Première lumière	8 juin 2011

Cette vue étendue de la Nébuleuse d'Orion (Messier 42), distante de 1350 années-lumière de la Terre, a été acquise au moyen du télescope VISTA implanté à l'Observatoire de Paranal de l'ESO au Chili.



L'intérieur du dôme du VST surmonté de la Voie Lactée.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)



L'enceinte du télescope VISTA au coucher du Soleil.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

# ELT

La construction de télescopes géants constitue l'une des priorités majeures de l'astronomie au sol. En permettant l'étude détaillée de planètes en orbite autour d'autres étoiles que le Soleil, des tout premiers objets de l'Univers, des trous noirs supermassifs, de la nature et de la distribution de la matière noire et de l'énergie noire qui emplissent l'Univers, ils contribueront grandement à l'avancée de nos connaissances en astrophysique.

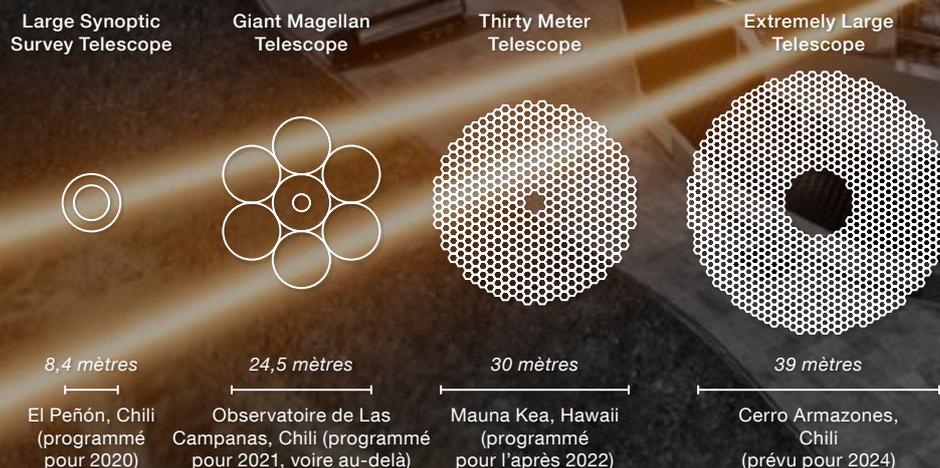
Totalement révolutionnaire, l'Extremely Large Telescope (ELT) de l'ESO sera doté d'un miroir principal de 39 mètres de diamètre dont la surface collectrice avoisinera les 1000 mètres carrés. L'ELT sera de dimensions supérieures à celles de l'ensemble des grands télescopes optiques actuels réunis et collectera 15 fois plus de lumière que chacun des plus grands télescopes optiques actuellement en service. La technologie d'optique adaptative dont il sera doté délivrera des images 15 fois plus fines que celles acquises par le télescope spatial Hubble du consortium NASA/ESA. Enfin, la conception de l'ELT

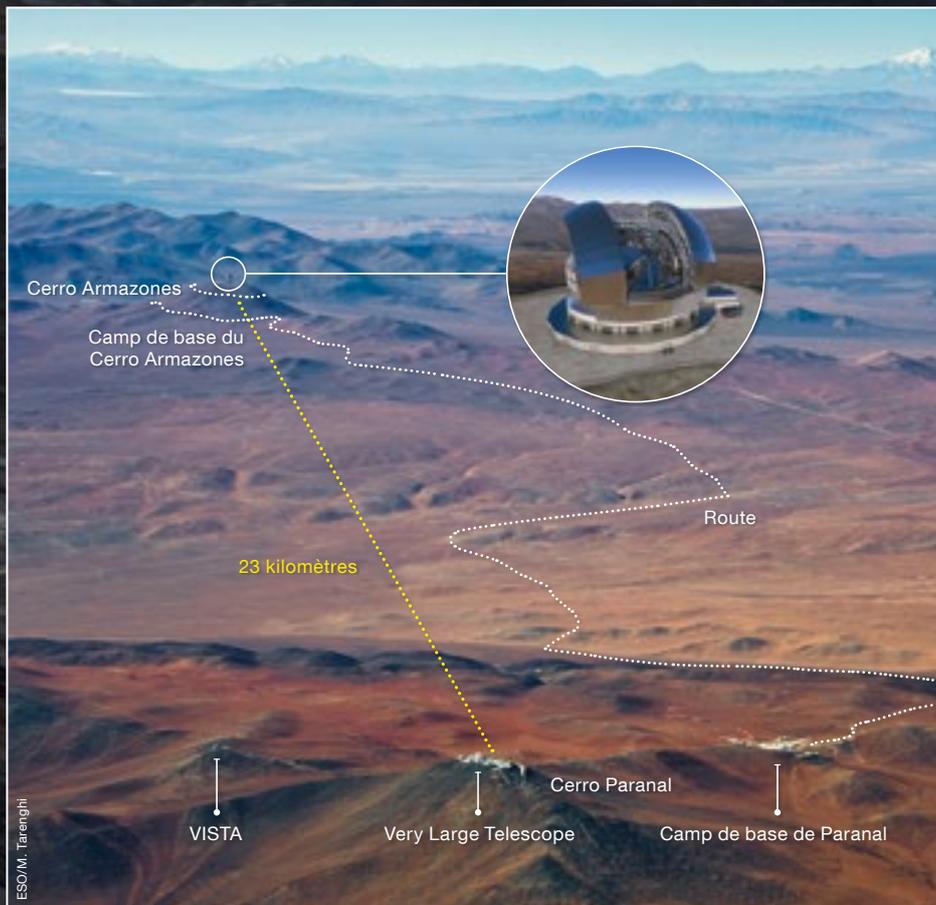
repose sur l'assemblage inédit de cinq miroirs — et le miroir primaire lui-même est composé de 798 segments hexagonaux de 1,4 mètre de diamètre chacun et de 5 centimètres d'épaisseur seulement.

La première lumière de l'ELT est attendue pour 2024. Dès lors, il devra relever les plus grands défis de notre temps. Il étudiera notamment les planètes de type Terre situées au sein des zones habitables d'autres étoiles, là où la vie est susceptible de s'être développée — l'un des Saints Graals de l'astronomie observationnelle moderne. Il abordera également le thème de l'archéologie stellaire en scrutant les étoiles ainsi que les populations stellaires âgées de galaxies proches. Il apportera une contribution non négligeable au domaine de la cosmologie en observant les toutes premières étoiles et galaxies de l'Univers, en sondant la nature de la matière noire et de l'énergie noire. Enfin, les astronomes s'attendent à voir émerger de nouvelles problématiques issues des découvertes résultant de l'utilisation de l'ELT.

Dénomination	ELT
Localisation	Cerro Armazones
Altitude	3046 mètres
Couverture spectrale	Optique/proche infrarouge
Composants/techniques	Optique adaptative intégrée basée sur l'utilisation d'un miroir déformable de 2,6 mètres et d'un ensemble de 8 étoiles guides laser
Conception optique	Combinaison de cinq miroirs
Diamètre du miroir primaire	39 mètres
Monture	Alt-azimutale
Première lumière	2024

Comparatif des dimensions des miroirs primaires des télescopes optiques géants en cours de construction.





En haut : ce graphique établit un comparatif entre le dôme de l'Extremely Large Telescope et ceux des principaux autres télescopes sol actuellement en cours de construction.

En bas : sur cette carte de la région du nord Chili figurent les sites de Paranal et du Cerro Armazones ainsi que la route qui les relie.

Cette vue d'artiste représente l'Extremely Large Telescope de nuit, en opération depuis le sommet du Cerro Armazones, au nord du Chili.

# ALMA

Au sommet du Plateau de Chajnantor dans les Andes chiliennes, l'ESO et ses partenaires mondiaux exploitent le Vaste Réseau (Sub-)Millimétrique de l'Atacama (ALMA), le projet astronomique le plus ambitieux jamais réalisé. ALMA est un observatoire radio à la pointe de la technologie dédié à l'étude de certains des objets les plus froids de l'Univers.

ALMA se compose de 66 antennes de haute précision : 50 antennes de 12 mètres travaillent de concert à la manière d'un seul et même télescope et forment le réseau principal. Le réseau additionnel, plus compact, est constitué de quatre antennes de 12 mètres et de douze antennes de 7 mètres.

ALMA scrute l'Univers aux longueurs d'onde millimétrique et submillimétrique avec une sensibilité et une résolution sans précédent — son acuité visuelle surpasse d'un facteur dix celle du télescope spatial Hubble du consortium NASA/ESA. Le rayonnement qu'il observe se situe entre l'infrarouge et les ondes radio. Il provient des vastes nuages de gaz froids qui emplissent l'espace interstellaire, ainsi que des galaxies les plus âgées et les plus distantes de l'Univers. Ces régions paraissent bien souvent sombres et opaques dans le domaine visible. Toutefois, elles sont brillantes dans les zones millimétrique et submillimétrique du spectre électromagnétique.

ALMA étudie les éléments constitutifs des étoiles, les systèmes planétaires, les galaxies ainsi que la vie elle-même. Son utilisation permet donc aux astronomes d'aborder certaines des questions clés relatives à nos origines cosmiques.

Les rayonnements millimétrique et submillimétrique sont fortement absorbés par la vapeur d'eau présente au sein de l'atmosphère terrestre. Pour cette raison, ALMA fut installé à 5000 mètres d'altitude sur le plateau de Chajnantor au nord du Chili. Ce site offre l'une des atmosphères les plus sèches au monde ainsi que d'exceptionnelles conditions d'observation.

*ALMA résulte d'un partenariat entre l'ESO, la National Science Foundation (NSF) nord-américaine, le National Institutes of Natural Sciences (NINS) japonais en coopération avec la République du Chili. ALMA est financé par l'ESO pour le compte de ses États Membres, par la NSF en collaboration avec le National Research Council (NRC) du Canada et le National Science Council (NSC) de Taïwan, par le NINS en coopération avec l'Academia Sinica (AS) de Taïwan et le Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI).*

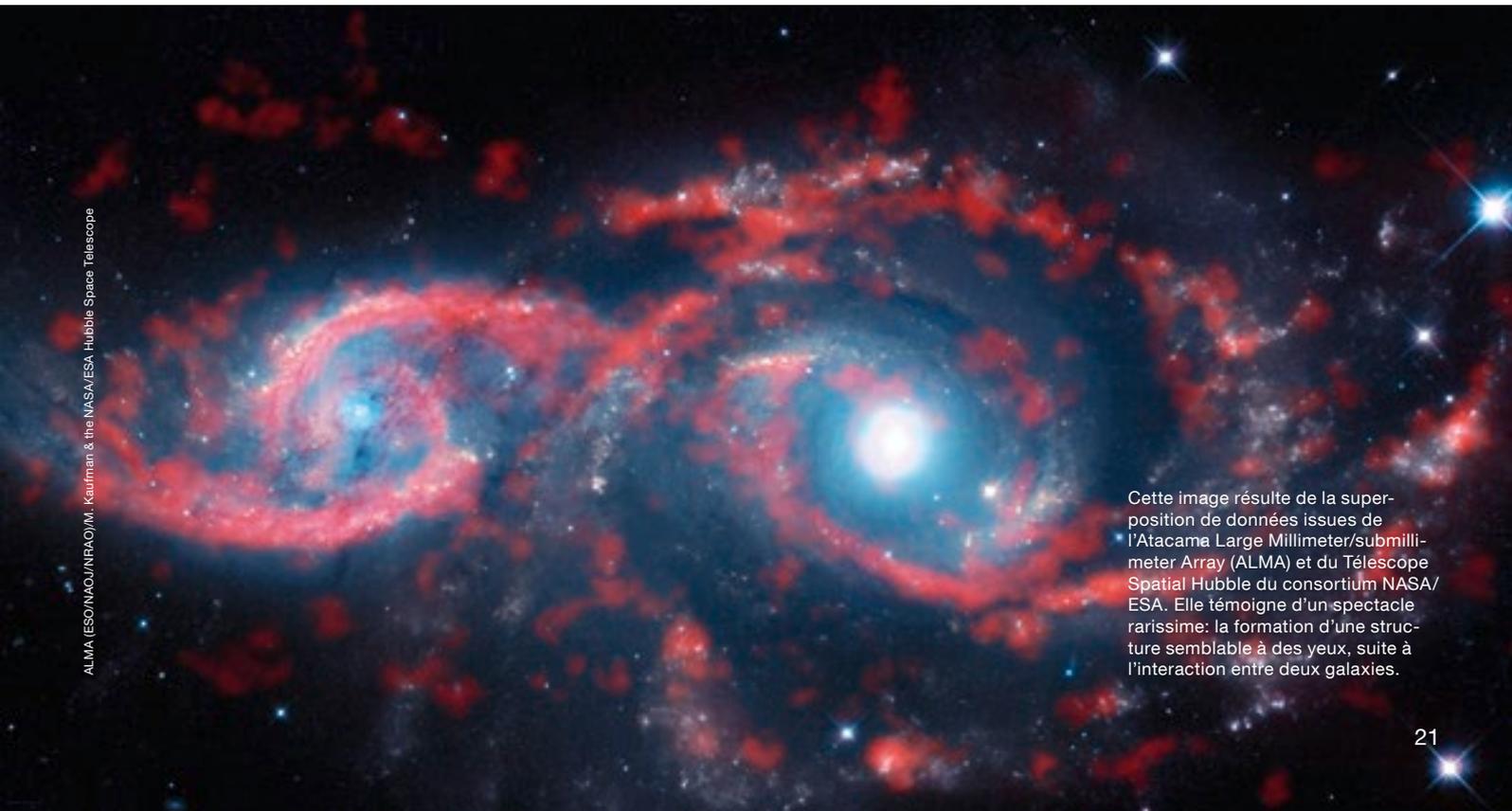
Dénomination	ALMA
Localisation	Chajnantor
Altitude	4576–5044 mètres
Couverture spectrale	Submillimétrique
Composants/techniques	Interférométrie basée sur un réseau d'antennes distantes de 150 mètres à 16 kilomètres
Conception optique	Cassegrain
Diamètre du miroir primaire	54 × 12 mètres; 12 × 7 mètres
Monture	Alt-azimutale
Première lumière	30 septembre 2011

Sur cette image figurent plusieurs antennes d'ALMA surmontées des régions centrales de la Voie Lactée.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), J. Bally/H. Drass et al.

Les explosions d'étoiles sont généralement associées à des supernovae, phases spectaculaires de fin de vie de certaines étoiles. De nouvelles observations du complexe de la Nébuleuse d'Orion effectuées au moyen d'ALMA offrent toutefois un aperçu des explosions se produisant à l'autre extrémité du cycle de vie des étoiles — lors de leur naissance.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/M. Kaufman & the NASA/ESA Hubble Space Telescope

Cette image résulte de la superposition de données issues de l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) et du Télescope Spatial Hubble du consortium NASA/ESA. Elle témoigne d'un spectacle rarissime: la formation d'une structure semblable à des yeux, suite à l'interaction entre deux galaxies.

# APEX

Le Plateau de Chajnantor abrite un second instrument dédié à l'astronomie millimétrique et submillimétrique: il s'agit de l'Atacama Pathfinder Experiment (APEX). Ce télescope de 12 mètres a été conçu sur la base d'une antenne prototype d'ALMA et fonctionne sur le site d'implantation d'ALMA. APEX est entré en service bien avant ALMA. Depuis qu'ALMA est achevé, il remplit une mission importante: celle de sonder le ciel.

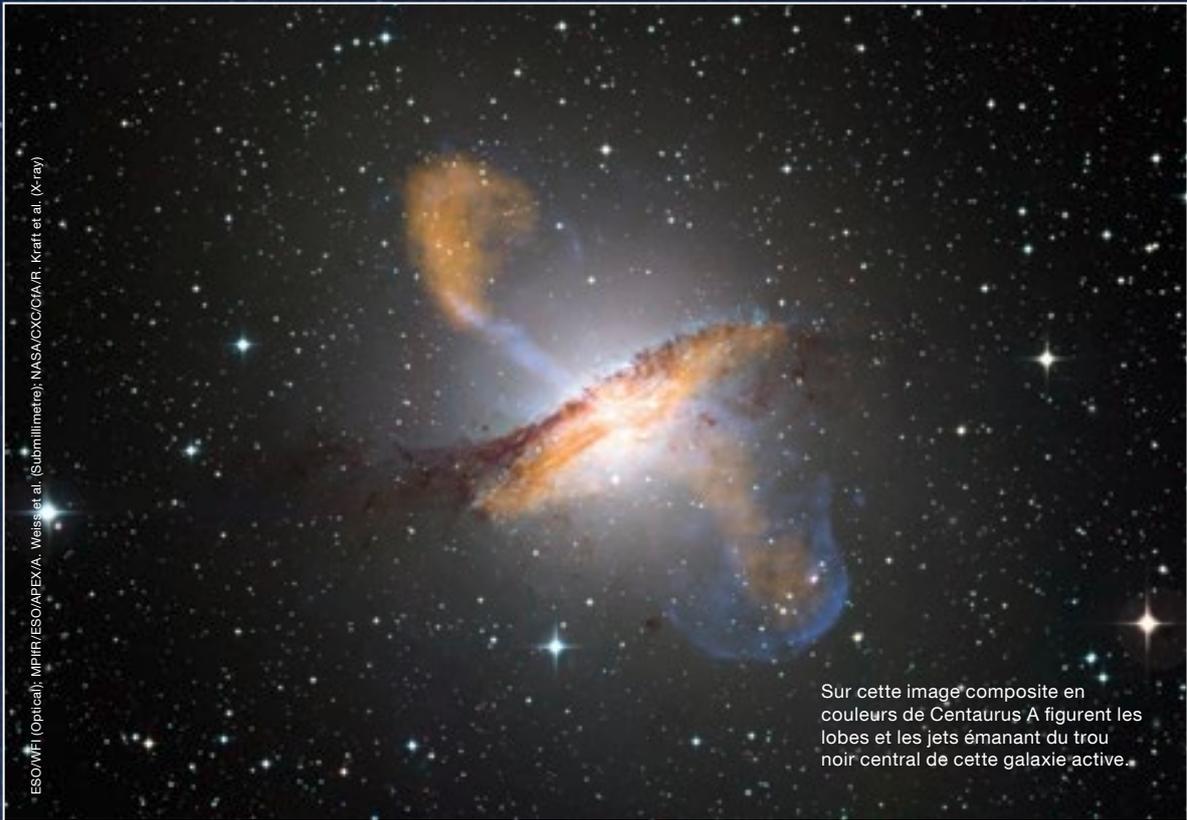
À l'image d'ALMA, APEX a été conçu pour fonctionner dans le domaine submillimétrique, et capturer le rayonnement en provenance des objets les plus froids, les plus poussiéreux et les plus distants de l'Univers. Depuis sa mise en service, il a observé la jeunesse des galaxies les plus massives de l'Univers

actuel, étudié les déformations que subit la matière à proximité d'un trou noir supermassif, et pour la première fois détecté des molécules de peroxyde d'hydrogène dans l'espace interstellaire. APEX est également utilisé pour étudier les conditions régnant au sein de nuages moléculaires tels que la Nébuleuse d'Orion ou les « Piliers de la Création » dans la Nébuleuse de l'Aigle, contribuant ainsi à l'avancée de nos connaissances sur ces cocons de gaz et de poussière au sein desquels naissent de nouvelles étoiles.

APEX résulte d'une collaboration entre l'Institut Max Planck dédié à la Radioastronomie, l'Observatoire Spatial d'Onsala et l'ESO. Ce télescope est exploité par l'ESO.

Dénomination	APEX
Localisation	Chajnantor
Altitude	5050 mètres
Couverture spectrale	Submillimétrique
Conception optique	Cassegrain
Diamètre du miroir primaire	12 mètres
Monture	Alt-azimutale
Première lumière	14 juillet 2005

Le télescope APEX (Atacama Pathfinder Experiment), éclairé par la Lune, scrute le ciel nocturne depuis le plateau de Chajnantor, l'un des sites d'observation les plus élevés et les plus secs au monde.



ESO/WFI (Optical); MPIR/ESO/AFEX/A. Weiss et al. (Submillimetre); NASA/CXO/CIA/V. Kraft et al. (X-ray)

Sur cette image composite en couleurs de Centaurus A figurent les lobes et les jets émanant du trou noir central de cette galaxie active.



ESO/Digitized Sky Survey 2

Cette nouvelle image spectaculaire de nuages cosmiques dans la constellation d'Orion révèle la présence de ce qui semble être un ruban de feu dans le ciel.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

# La Silla

L'Observatoire de La Silla constitue une place forte de l'ESO depuis les années 1960. Aujourd'hui encore, l'ESO y exploite deux des télescopes de la classe des 4 mètres les plus performants au monde, qui contribuent à faire de La Silla l'un des observatoires les plus productifs au plan scientifique.

Le New Technology Telescope (NTT) de 3,58 mètres a incarné une véritable rupture technologique. Il fut le premier télescope au monde à être doté d'un miroir principal contrôlé par ordinateur (optique active), une technologie développée à l'ESO et désormais appliquée au VLT ainsi qu'à la plupart des grands télescopes mondiaux actuels.

Le télescope de 3,6 mètres de l'ESO est opérationnel depuis 1977. Grâce à d'importantes améliorations, il reste à la pointe des télescopes de la classe des 4 mètres opérant depuis l'hémisphère sud. Il est équipé du chasseur d'exoplanètes HARPS, un spectrographe doté d'une précision inégalée.

L'infrastructure de La Silla constitue en outre le siège de projets ciblés portés par certains États Membres de l'ESO, tels le télescope suisse Leonhard Euler d'1,2 mètre, le télescope MPG/ESO de 2,2 mètres et le télescope danois de 1,54 mètre. Le Rapid Eye Mount (REM) et TAROT (Télescope à Action Rapide pour les Objets Transitoires – Rapid Action Telescope for Transient Objects) sont des chasseurs de sursauts gamma. Les télescopes TRAPPIST (TRAnsiting Planets and Planetesimals Small Telescope), ExTrA (Exoplanets in Transits and their Atmospheres) et MASCARA (The Multi-site All-Sky CAmera) scrutent le ciel à la recherche d'exoplanètes. Enfin, BlackGEM détecte les contreparties optiques des ondes gravitationnelles ayant fait l'objet de détections, et le Test-Bed Telescope – un projet mené en collaboration avec l'ESA – étudie les objets naturels et artificiels proches de la Terre.



Image composite en trois couleurs de la Nébuleuse de l'Aigle (Messier 16 ou NGC 6611), obtenue à partir d'images acquises par la caméra « Wide Field Imager » installée sur le télescope MPG/ESO de 2,2 mètres à l'Observatoire de La Silla.



Sur cette vue nocturne de l'Observatoire de La Silla, la silhouette du dôme du télescope de 3,6 mètres de l'ESO se détache sur le fond de ciel.

# CTA

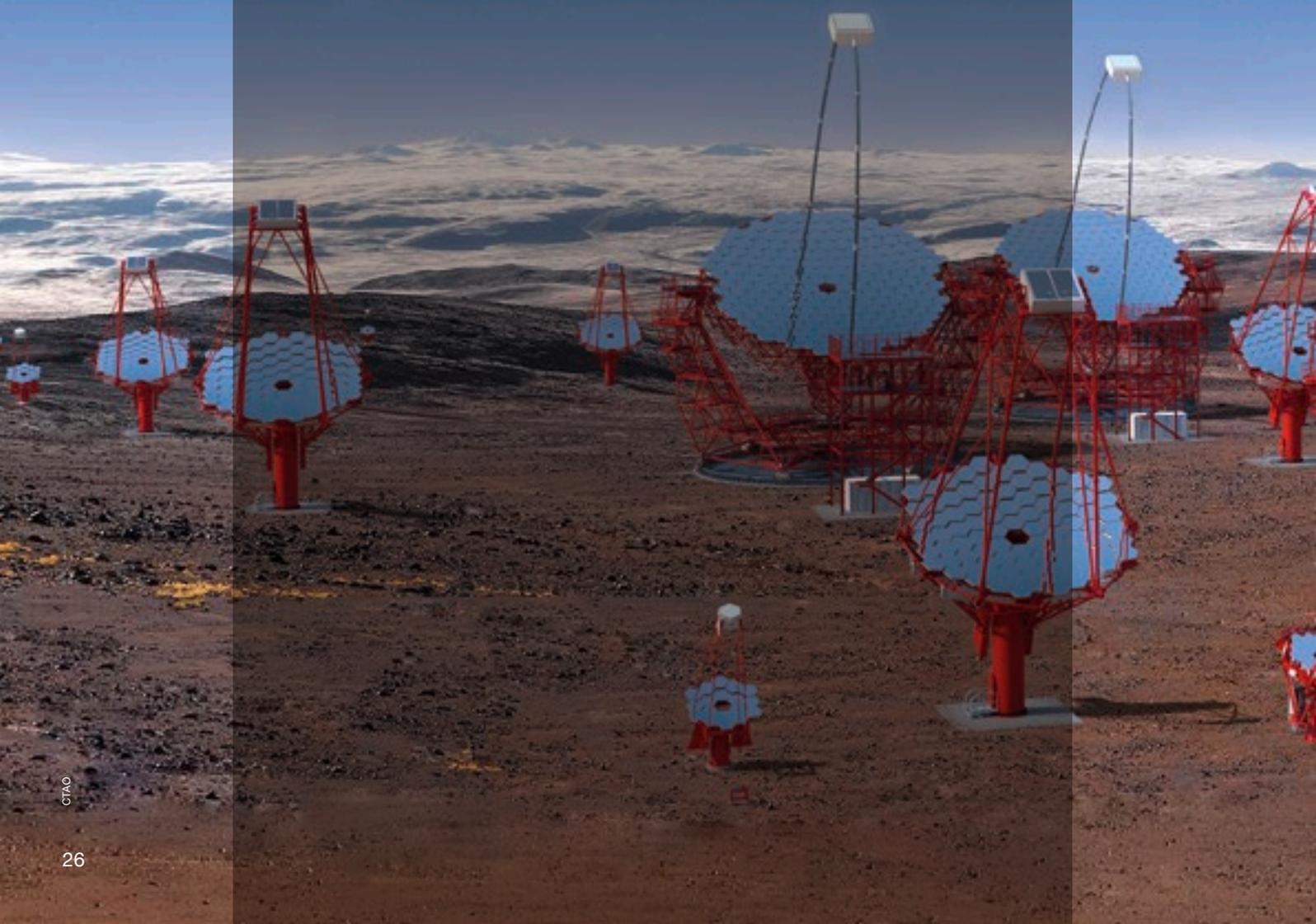
Le Cherenkov Telescope Array (CTA) est un observatoire au sol de prochaine génération conçu pour les besoins de l'astronomie gamma des très hautes énergies. Il est prévu que l'Observatoire de Paranal de l'ESO accueille le réseau austral du télescope qui pourrait ainsi bénéficier du soutien de l'infrastructure existante de l'ESO.

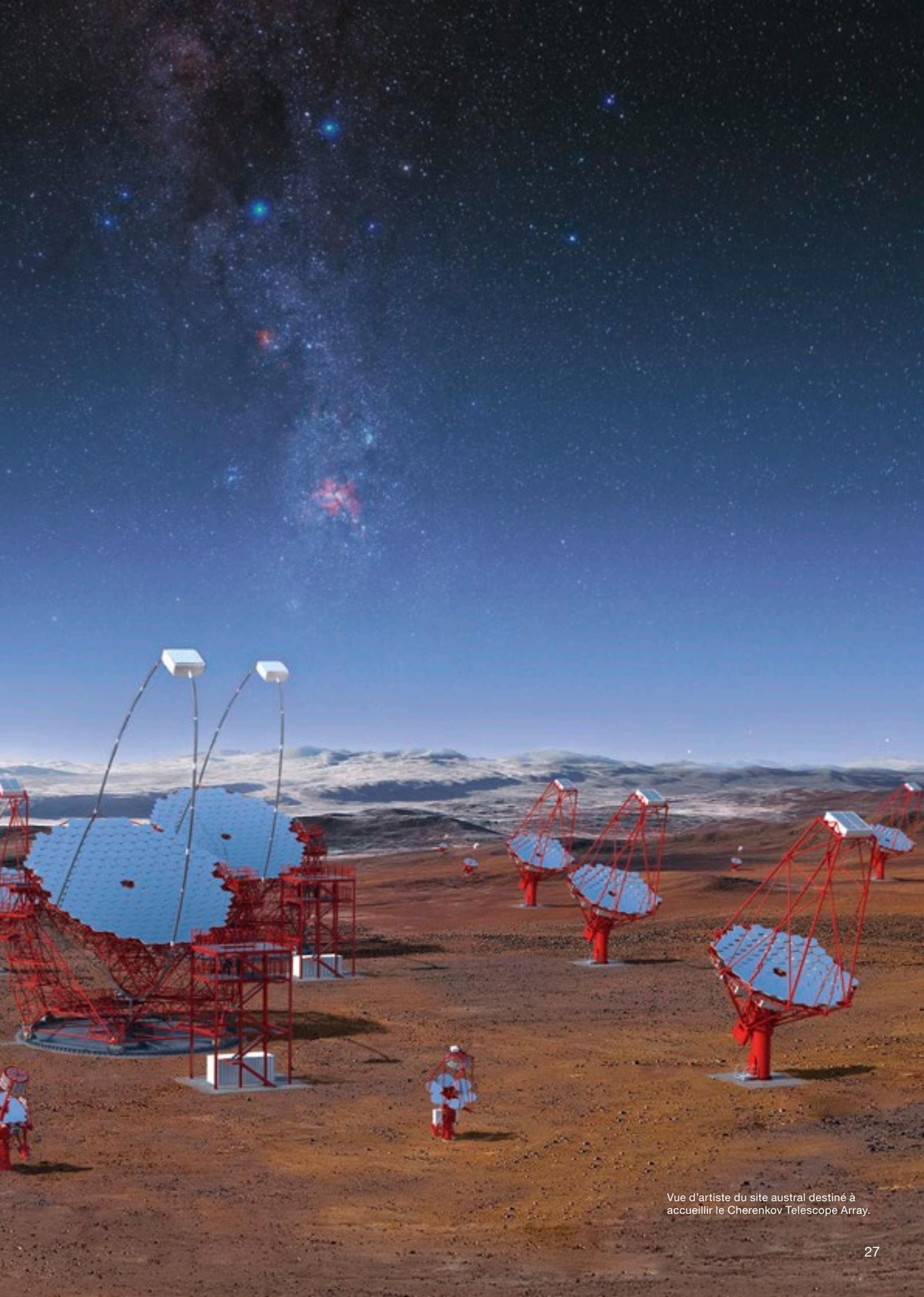
Le projet CTA vise à disposer d'un réseau mondial de 118 télescopes dont 99 seront installés sur le site austral, à une dizaine de kilomètres au sud-est du VLT. L'ESO pourrait exploiter le réseau austral et en retour, 10 % du temps d'observation sur les réseaux boréal — implanté à La PALMA — et austral pourrait être attribué aux scientifiques des États Membres de l'ESO. En outre, les instituts scientifiques chiliens se verront allouer 10 % de temps d'observation sur le réseau austral.

L'observatoire CTA sera mis à la disposition d'une vaste communauté d'astrophysiciens. Plus de 1350 scientifiques et ingénieurs des cinq continents, issus de 32 pays et exerçant dans 210 instituts de recherche, contribuent actuellement au projet CTA.

Doté d'une surface collectrice étendue et capable d'observer une vaste portion du ciel, CTA sera l'observatoire gamma des hautes énergies le plus important et le plus sensible au monde. Il détectera les rayons gamma avec une précision inégalée et une sensibilité dix fois supérieure à celle des instruments existants.

Les rayons gamma sont émis par certains des objets les plus chauds et les plus puissants de l'Univers, tels les trous noirs supermassifs et les supernovae. L'atmosphère terrestre constitue un véritable bouclier contre ce rayonnement. Toutefois, les miroirs et les caméras rapides de CTA captureront les flashes de courte durée produits par le rayonnement Cherenkov résultant de l'interaction entre les rayons gamma et l'atmosphère. La localisation de la source de ce rayonnement permettra aux astronomes de remonter à l'origine cosmique de chaque rayon gamma, et d'étudier certains des événements parmi les plus extrêmes et les plus violents des hautes énergies de l'Univers.





Vue d'artiste du site austral destiné à accueillir le Cherenkov Telescope Array.

# L'ESO et le Chili

L'accord initial entre le Gouvernement du Chili et l'ESO fut signé le 6 novembre 1963. Il marqua le début d'une formidable réussite de plus de 50 ans à l'échelle internationale et la création d'un lien culturel fort entre le Chili et l'Europe. L'ESO s'est engagé dans une collaboration étroite et particulièrement fructueuse au Chili, tant avec le gouvernement qu'avec les universités, les instituts scientifiques et l'industrie.

Tout au long de cette collaboration, les performances scientifiques, technologiques et techniques chiliennes ont accompagné les avancées dans le domaine de l'astronomie ainsi que le progrès des technologies associées dans les États Membres de l'ESO. De sorte que les scientifiques et les ingénieurs chiliens sont devenus de précieux partenaires pour l'ESO.

L'ESO contribue au développement de l'astronomie au Chili au travers des fonds gérés par deux comités mixtes : l'un constitué de l'ESO et du Gouvernement du Chili, le second baptisé ALMA

CONICYT. Ce fonds permet de financer une large palette d'activités relatives à la science, aux technologies liées à l'astronomie, et à l'enseignement. La communauté d'astronomes chiliens bénéficie, en outre, d'un accès privilégié à un pourcentage de temps d'observation sur les télescopes de l'ESO.

De surcroît, l'ESO mène plusieurs programmes de coopération aux échelles locale et régionale, non loin de Coquimbo et Antofagasta, où sont implantés les observatoires. L'ESO promeut également divers programmes de conservation naturelle, de valorisation de l'héritage local — en particulier des cioux purs, dénués de pollution lumineuse — dans ces régions.

La coopération entre le Chili et l'ESO s'est avérée non seulement solide et durable, mais également flexible. Plus important encore, cette association ouvre d'encourageantes perspectives — au bénéfice du Chili, des États Membres de l'ESO et du progrès de la science et de la technologie.

Laguna Miñiques se situe bien haut sur l'Altiplano andin, à proximité de la frontière avec l'Argentine. Distant d'environ 80 kilomètres d'ALMA, les visiteurs longent ce magnifique lac lorsqu'ils empruntent la Route 23 menant en Argentine.

# De l'idée à la publication scientifique: le flux de données

L'exploitation des télescopes de l'ESO s'insère dans un processus transparent qui débute lorsque les astronomes soumettent une proposition d'observation dotée d'objectifs scientifiques ciblés. Les propositions sont examinées par des experts de la communauté et les projets retenus font l'objet d'une description détaillée des observations à réaliser. Les observations sont ensuite effectuées au moyen des télescopes de l'ESO, et les données collectées sont immédiatement mises à disposition des équipes de recherche impliquées via les archives de l'ESO.

Les observations scientifiques et les données de calibration associées sont également utilisées par les scientifiques de l'ESO pour contrôler la qualité des données obtenues et la réponse des instruments, dans le but de s'assurer que leurs performances sont conformes aux spécifications. L'intégralité du processus repose sur le transfert continu de très importantes quantités de données entre les observatoires basés au Chili et le siège de l'ESO à Garching, en Allemagne.

L'ensemble des données scientifiques et des données de calibration recueillies est stocké au sein des Archives Scientifiques de l'ESO. Ces archives regroupent la totalité des observations effectuées depuis le début des opérations avec le Very Large Telescope à Paranal, son interféromètre ainsi que les télescopes

de sondage VISTA et le VST. Ces archives centralisent également les données d'observation des télescopes de La Silla et du radiotélescope APEX à Chajnantor. Les observations stockées au sein des archives sont généralement mises à disposition de la communauté un an après qu'elles aient été acquises, de sorte que d'autres chercheurs puissent à leur tour les exploiter.

Traditionnellement, les astronomes se rendent sur le site d'implantation du télescope afin d'effectuer eux-mêmes les observations, assistés de personnels spécialisés basés au Chili. Adopter ce mode « visiteur » permet aux astronomes d'adapter leur stratégie d'observation aux conditions atmosphériques et aux résultats obtenus. Les conditions d'observation requises ne peuvent toutefois être garanties sur chacune des nuits d'observation accordées.

L'ESO a également développé un schéma alternatif baptisé « service d'observation ». Chaque observation prédéfinie spécifie les conditions d'observation minimales requises pour satisfaire aux objectifs scientifiques fixés. Sur la base de ces spécifications, les observations sont programmées sur le télescope puis réalisées. La mise en place de ce planning flexible offre de nombreux avantages, si bien que le service d'observation est désormais privilégié par 60 à 70 % des utilisateurs du VLT.



Le centre de données au siège de l'ESO à Garching près de Munich en Allemagne, qui archive et diffuse les données acquises par les télescopes de l'ESO.

# Partenariats

Favoriser la coopération dans le domaine de l'astronomie constitue la mission principale de l'ESO. L'organisation a joué un rôle décisif dans la création d'un Espace Européen de la Recherche en astronomie/astrophysique.

Chaque année, des milliers d'astronomes issus des États Membres et au-delà mènent des recherches sur la base de données collectées par les observatoires de l'ESO. Les astronomes se constituent bien souvent en équipes de recherche internationales avec des membres dans plusieurs pays.

L'ESO a mis en place un vaste programme destiné aux étudiants et aux doctorants / postdoctorants. Les scientifiques confirmés des États Membres et d'autres pays disposent quant à eux du statut de scientifiques invités sur les sites de l'ESO. Ces dispositifs contribuent à la mobilité des scientifiques européens. Par ailleurs, l'ESO a mis en place un programme de conférences internationales sur les thèmes de la science et de la technologie astronomiques, et apporte son soutien à la revue internationale *Astronomy & Astrophysics*.

L'industrie européenne apporte une contribution essentielle aux projets de l'ESO. En nouant d'étroites collaborations avec l'ESO, un grand nombre d'industries européennes de haute technologie ont permis aux utilisateurs de bénéficier de télescopes et d'instruments astronomiques toujours plus performants. Et ce, grâce à la participation active et enthousiaste des partenaires commerciaux implantés dans l'ensemble des États Membres ainsi qu'au Chili.

Dans le domaine du développement technologique, l'ESO entretient d'étroites relations avec de nombreux groupes de recherche rattachés aux instituts scientifiques des États Membres et au-delà. Les astronomes des États Membres se trouvent ainsi impliqués dans la planification et la réalisation d'instruments scientifiques destinés à équiper les télescopes actuels et à venir. En outre, le développement instrumental offre des opportunités aux centres nationaux de recherche d'excellence, attirant les jeunes scientifiques et ingénieurs.

## Travailler à l'ESO

*Travailler dans un environnement international stimulant à la pointe de la technologie vous intéresse ? À l'ESO, vous bénéficierez d'un environnement de travail ouvert, international et multiculturel, dans lequel prédominent le respect et la collaboration, et où les contributions individuelles et collectives sont encouragées. Rejoignez nos équipes techniques, scientifiques ou de maintenance, et faites partie d'une équipe diversifiée et talentueuse. Vous contribuerez ainsi, de façon directe, à la réalisation de projets astronomiques parmi les plus ambitieux. Visitez les sites [jobs.eso.org](http://jobs.eso.org) et [www.linkedin.com/company/european-southern-observatory](http://www.linkedin.com/company/european-southern-observatory).*



Drapeaux des États Membres de l'ESO flottant sur la plateforme du Very Large Telescope.

Le personnel et les visiteurs lors d'une conférence à l'ESO.

# Enseignement et Diffusion auprès du Grand Public

Des investissements ciblés dans les domaines de l'enseignement et de la diffusion permettent à l'ESO de partager, avec le public et les médias, les connaissances astronomiques en général ainsi que les résultats obtenus grâce aux plus grands observatoires terrestres du monde. L'ESO produit une vaste palette d'outils de diffusion gratuits et de grande qualité, telles des images, des vidéos et des brochures.

L'ensemble Planétarium et Centre dédié aux Visiteurs baptisé ESO Supernova, implanté au siège de l'ESO en Allemagne, constitue le tout premier planétarium « open source » au monde et un haut-lieu de l'astronomie accessible gratuitement au public. Le Centre offre une expérience

immersive au travers d'expositions astronomiques interactives dédiées au monde fascinant de l'astronomie ainsi qu'à l'ESO, initiant les visiteurs à l'Univers qui nous entoure. Il propose également divers ateliers pédagogiques destinés aux étudiants et aux enseignants, offrant aux scolaires d'inoubliables expériences d'apprentissage.

En conjonction avec l'ESO Supernova, l'ESO produit, à titre gracieux, des spectacles de planétarium à destination d'autres planétariums, des visuels scientifiques « open source », innovants et authentiques, et met à disposition des planétariums du monde entier le tout premier système de diffusion de données en temps réel.

## Restons en contact

*L'ESO assure une présence active sur les réseaux sociaux, au travers d'une variété de plateformes parmi lesquelles Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Flickr, YouTube, et LinkedIn, ce qui lui permet de toucher, chaque année, des centaines de millions de personnes. Suivez-nous afin d'être tenus informés des dernières découvertes, d'être les tout premiers à découvrir les fabuleuses images acquises par les télescopes de l'ESO, de suivre, au quotidien, les observations menées au moyen de nos observatoires de pointe. De plus, l'ESO publie des « newsletters » hebdomadaires et mensuelles constellées de surprenantes images de l'Univers, enrichies des derniers résultats scientifiques produits par les télescopes de l'ESO, et d'informations relatives à son organisation.*



[www.eso.org](http://www.eso.org)



Siège de l'ESO  
Karl-Schwarzschild-Str. 2, 85748 Garching bei München, Allemagne  
Téléphone : +49 89 320 06-0 | Fax : +49 89 320 23 62 | E-mail : [information@eso.org](mailto:information@eso.org)



09.2017 — Français