DE NOTRE ENVOYÉE SPÉCIALE AU CHILI,
VALÉRIE GREFFOZ

24 h dans le plus grand observatoire du monde

Perché dans la cordillère des Andes, le Very Large Telescope explore le ciel comme aucun autre télescope n'avait pu le faire. Reportage au cœur d'un instrument colossal, qui signe le grand retour de la vieille Europe à la tête de l'astronomie mondiale.

V. GREFFOZ

Un nid d'aigle perché à 2600 m d'altitude, au milieu du désert le plus aride du monde. Tout autour, des montagnes à perte de vue, sans aucune trace de végétation. S'il n'y avait ces minuscules formes grises perdues au loin dans la pierre rouge – les mines de cuivre qui font la richesse de la région –, on pourrait se croire sur Mars. Ici, il ne pleut jamais, ou presque, car les nuages ne s'attardent guère. Ici, aucune lumière artificielle ne vient troubler la noirceur de la nuit : la première ville, Antofagasta, est à deux heures et demie de piste. Nous sommes au sommet du mont Paranal, dans le désert d'Atacama, au Chili. C'est là que trônent les quatre immenses tours du plus puissant outil d'observation de l'Univers, le Very Large Telescope (VLT).

Ses concepteurs, les astronomes de l'Observatoire européen austral (ESO), n'ont pas hésité à faire déblayer, en 1991, plus de 350000 tonnes de roches pour l'installer sur ce site exceptionnel. Loin des nuages et de la lumière aveuglante des villes, il bénéficie de conditions optimales pour mener à bien sa mission : scruter l'Univers profond, à la recherche des objets les plus lointains du cosmos. Ses tours de 40 m de haut abritent quatre des plus grands miroirs astronomiques du monde. Fabriqués en Allemagne et polis en France, ils mesurent 8,20 m de diamètre. Chacun d'eux peut détecter une étoile quatre milliards de fois moins lumineuse que celles que l'on peut voir à l'œil nu, et seize fois moins lumineuse que celles que peut observer le télescope spatial *Hubble*. Certes, l'observatoire américain Keck, le rival direct du VLT, situé au sommet d'un volcan hawaiien, possède bel et bien deux télescopes dont les miroirs mesurent chacun 10 m de diamètre. Mais ces derniers sont segmentés en

plusieurs parties, ce qui rend leur réglage plus délicat. Les Européens, eux, ont volontairement misé sur des miroirs un peu plus petits, mais d'un seul tenant. Pour éviter que ces énormes disques d'une vingtaine de tonnes ne s'effondrent comme des crêpes sous leur propre poids, les ingénieurs de l'ESO ont mis au point un système d'"optique active" : plusieurs fois par seconde, la position de 150 points du miroir est automatiquement ajustée de façon à ce que la courbe de celui-ci reste toujours parfaite, quelle que soit l'inclinaison du télescope.

Dans la course à l'obtention des meilleures images astronomiques, aucun détail n'est laissé au hasard. « Notre objectif est de faire de cet observatoire, si ce n'est le meilleur, du moins, l'un des meilleurs », avoue sans détours Roberto Gilmozzi, le directeur du VLT. « Il y a dix ans encore, l'astronomie européenne était derrière l'américaine. Aujourd'hui, grâce au VLT, cette tendance s'inverse. »

Tous les six mois, entre 350 et 400 demandes d'observation arrivent sur les bureaux des dirigeants de l'ESO, et ce nombre est en constante augmentation. Le VLT est en passe de devenir l'observatoire le plus convoité de la planète, et cela, après seulement deux ans de fonctionnement. Les demandes proviennent en grande majorité des pays membres de l'organisation (Allemagne, France, Italie, Pays-Bas, Suisse, Belgique, Suède et Danemark, suivant l'ordre décroissant de leurs contributions financières) et portent, à parts égales, sur quatre grands domaines : la cosmologie (étude de la structure et de l'histoire de l'Univers), les galaxies et les noyaux galactiques, l'évolution stellaire (vie et mort des étoiles), et, enfin, un thème plus large qui englobe à la fois l'étude du milieu interstellaire, les formations stellaire et planétaire, et la recherche d'exoplanètes (les planètes extérieures au système solaire). A l'heure actuelle, en moyenne, moins d'un tiers de ces demandes sont satisfaites : même si les quatre télescopes ont déjà vu leur "première lumière" entre mai 1998 et septembre 2000, seuls deux d'entre eux sont équipés de tous leurs instruments (caméras optiques et infrarouges, spectrographes) et sont donc réellement opérationnels. Et le nombre de nuits dans une année n'est évidemment pas extensible... Certes, lorsque les deux derniers télescopes seront prêts à l'emploi (courant 2002), le nombre d'heures disponibles pour l'observation augmentera. Mais les demandes devraient croître elles aussi – de nouveaux instruments suscitent souvent de nouvelles idées de recherche –, de sorte que la proportion de demandes finalement satisfaites ne devrait pas beaucoup changer. « Ce facteur de pression est nécessaire, analyse Jacques Breysacher, le responsable du département des astronomes visiteurs de l'ESO, car il permet de sélectionner les meilleurs projets. »

Il n'est pas question de perdre ne serait-ce qu'une heure d'observation

Des nuits entières à regarder... les écrans

Aux commandes de chaque télescope, un ingénieur et un astronome passent la nuit devant les écrans d'ordinateurs. Le premier contrôle la position des miroirs, la vitesse du vent, l'humidité de l'air. Le second surveille la zone du ciel observée et la qualité de l'image obtenue.

MOT D'ORDRE : EFFICACITÉ

Pour parvenir à contenter le plus grand nombre d'astronomes possible, il n'est donc pas question de perdre ne serait-ce qu'une heure d'observation. Un seul mot d'ordre : efficacité. La vie de la centaine de personnes qui travaillent sur le mont Paranal est donc réglée comme du papier à musique. De toute façon, les distractions sont plutôt rares dans cet environnement hostile. Le personnel habite dans un camp installé à 300 m en aval des télescopes et dont les rues portent des noms

PHOTOS V. GREFFOZ

Lever de rideau

Chaque soir, au moment où s'ouvre le toit des télescopes, le soleil couchant effleure les lourdes structures de métal qui soutiennent les miroirs de 8,20 m de diamètre. Les observations sont sur le point de commencer.

évocateurs : "rue de la Soif", "Soif de la solitude"... Les habitations sont réduites à leur plus simple expression : un petit préfabriqué rectangulaire dans lequel tiennent un lit, un bureau, un petit frigo et un radiateur en prévision des froides nuits désertiques. Dans le frigo, quelques bouteilles d'eau et des sodas : l'alcool est interdit, en dehors de rares soirées organisées.

Pendant la journée, alors que les astronomes dorment, techniciens et ingénieurs s'affairent autour des télescopes. Chaque jour, il faut calibrer les instruments, nettoyer les miroirs en injectant de l'air sous pression pour chasser les poussières, réparer d'éventuels dysfonctionnements des systèmes électroniques. Tous les détecteurs, c'est-à-dire les instruments qui enregistrent les images à la sortie des miroirs, doivent être refroidis en permanence à –200 °C, afin que le signal qu'ils recueillent ne soit pas troublé par la température ambiante. Les techniciens les immergent donc quotidiennement dans de grands Thermos remplis d'azote liquide. Puis, en fin d'après-midi, les responsables de l'équipe de jour se réunissent avec ceux de l'équipe de nuit – les astronomes et les pilotes des télescopes – pour faire le point. Les manœuvres peuvent alors débuter.

TOUTE LUMIÈRE EST BANNIE

Il est 18h15, et le soleil est déjà bas dans le ciel. Lentement, dans le plus grand silence, le toit du premier télescope s'entrouvre. Sur les côtés de l'immense tour de métal, des dizaines de petits volets se soulèvent de concert : l'air doit circuler le plus librement possible autour du miroir pour ne pas perturber, par ses turbulences, les observations. A travers les volets, la lumière orangée du soleil couchant vient alors caresser le miroir et sa froide structure de métal. Dehors, le second télescope est déjà en train de s'orienter en direction de la zone du ciel qu'il doit observer.

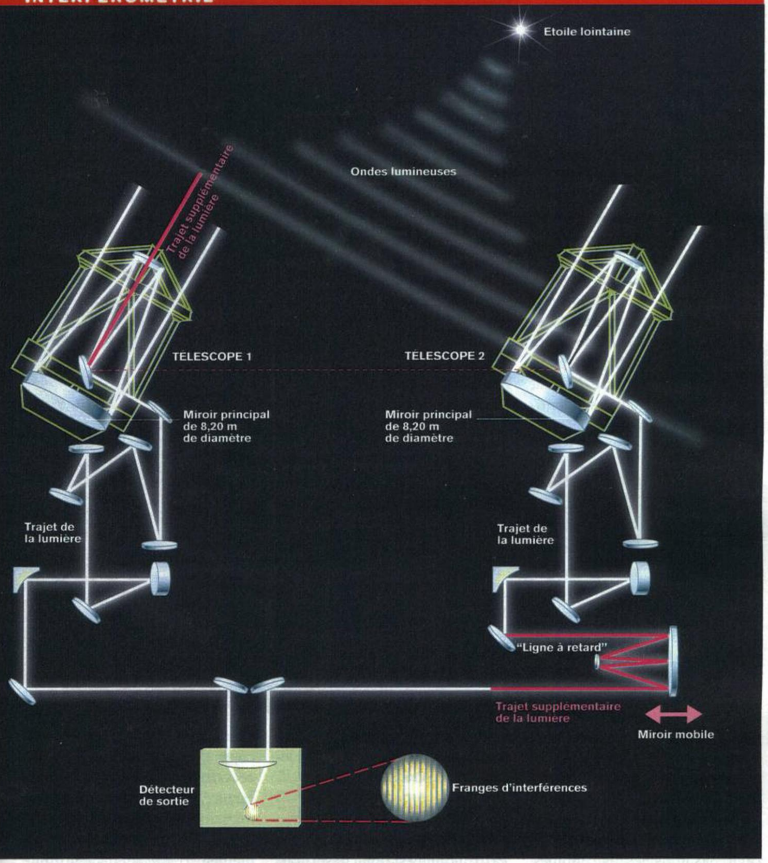
Maintenant, la nuit est parfaitement noire. Toute lumière est désormais bannie : les stores des bâtiments doivent être parfaitement clos, et les rares voitures qui descendent au camp ou en remontent doivent se diriger à la faible lueur de leurs veilleuses. La voûte céleste est d'un éclat incomparable. Des milliers d'étoiles scintillent dans le ciel presque jusqu'à l'horizon. Il est 19h30, les observations commencent.

Dans la salle de contrôle remplie d'écrans d'ordinateurs, chaque équipe de nuit en charge d'un télescope est réduite au minimum : un ingénieur-pilote et un astronome-observateur. Ils s'apprêtent à passer onze heures devant leurs ordinateurs, jusqu'au lendemain matin. Un léger tressaillement secoue le bâtiment pendant quelques secondes. « Tiens, un tremblement de terre », remarque Olivier Marco, l'astronome en

INTERFÉROMÉTRIE

L'union fait la force

■ Il est techniquement impossible, aujourd'hui, de construire un télescope de 200 m de diamètre, qui permettrait d'observer des objets extrêmement lointains ou très peu lumineux (comme des étoiles ou des planètes lointaines, par exemple). Les concepteurs du VLT ont donc eu l'idée de mettre en pratique un principe découvert dans les années 70 par le scientifique français Antoine Labeyrie : l'interférométrie. En théorie, lorsque deux télescopes distants de 200 m observent la même étoile au même moment, ils la voient aussi précisément qu'un seul miroir de 200 m de diamètre. En pratique, l'obtention d'une image est très délicate : l'étoile observée étant rarement à la verticale des télescopes, les chemins parcourus par la lumière jusqu'aux miroirs des deux télescopes sont de longueurs inégales (voir le dessin ci-contre). Il faut donc allonger légèrement le trajet de la lumière à la sortie d'un des deux instruments (ci-contre, le télescope 2) pour que les deux rayons de lumière arrivent parfaitement en même temps sur le détecteur de sortie. Pour cela, les astronomes utilisent une "ligne à retard", sur laquelle se déplace un miroir mobile. La position de celui-ci doit être constamment ajustée au millième de millimètre près, et ce, tout au long du déplacement de l'étoile dans le ciel. En mars dernier, les astronomes du VLT ont réussi à faire fonctionner ensemble deux petits télescopes de 40 cm et à obtenir leurs premières "franges d'interférences". D'après l'écartement de ces franges, ils peuvent déduire le diamètre d'une étoile très lointaine (voir le tableau ci-dessous), ce que ne permet pas un télescope classique. Lorsque les quatre grands télescopes de 8,20 m et les trois télescopes auxiliaires de 1,80 m fonctionneront ensemble sur le mont Paranal, les scientifiques obtiendront non plus des franges, mais de vraies images. Peut-être auront-ils alors la chance d'observer les contours d'une exoplanète ?



ILLUSTRATIONS D. GALLAND, SOURCE ESO

charge du premier télescope. Personne ne semble très surpris : la région est en effet régulièrement en proie à ce genre d'événement. Cette secousse ne devait pas être très forte, car le premier télescope ne s'est pas arrêté. En cas de séisme plus sérieux, un système de pinces, placées tout autour des miroirs, agrippe instantanément ces derniers pour les préserver des chocs. Heureusement, cela n'arrive que rarement. Les nuits où l'humidité de l'air ou la vitesse du vent, trop fortes, obligent les scientifiques à fermer les télescopes, sont un peu plus fréquentes.

L'époque où l'on restait des heures durant dans le froid est bien loin

LE CIEL PAR ÉCRAN INTERPOSÉ

L'époque où les astronomes restaient des heures durant dans le froid, un bonnet sur la tête et l'œil rivé à leur télescope, est bien loin. Aujourd'hui, ils n'observent plus le ciel que par écran interposé. Certains n'observent même plus du tout : pour des raisons d'efficacité, la moitié des observations qui ont lieu à Paranal sont réalisées non pas par l'astronome qui en a fait la demande mais par le personnel permanent du VLT. Le chercheur reçoit ensuite les images sur CD-Rom ou DVD, sans s'être jamais déplacé. Ce mode de fonctionnement "en service" ne ravit pas tous les astronomes, mais il a ses avantages, comme l'explique Rémi Cabanac, astronome au VLT : « Je sais que certains chercheurs n'aiment pas laisser à d'autres le soin de faire leurs observations. Mais, si un scientifique vient passer une nuit à Paranal et que les conditions météorologiques sont mauvaises, il devra renouveler sa demande et attendre au minimum six mois pour revenir. En revanche, s'il a demandé une observation en mode service, elle sera reprogrammée les nuits suivantes jusqu'à ce qu'elle puisse être réalisée. »

Les astronomes permanents de l'ESO, quant à eux, même s'ils passent leur temps à exécuter les demandes d'autres scientifiques, semblent plutôt satisfaits de leur sort, comme en témoigne Olivier Marco : « Nous voyons passer sous nos yeux les programmes astronomiques les plus intéressants menés à l'heure actuelle. Pendant une heure, nous allons observer une région de formation d'étoiles en infrarouge, puis des galaxies lointaines, puis une supernova. C'est très stimulant, et l'on apprend énormément. »

Par ailleurs, Olivier Marco, comme tous les astronomes attachés au VLT, consacre tout de même 50 % de son temps à ses recherches personnelles (en l'occurrence, l'étude des gaz qui tombent dans les trous noirs), qu'il mène dans les locaux de l'ESO à Santiago.

ASTRONOMIE "INDUSTRIELLE"

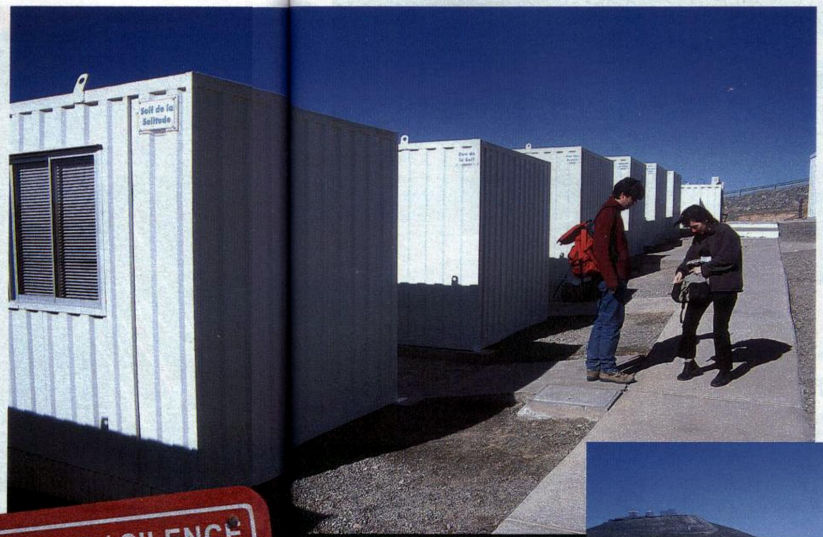
Autrefois plutôt traditionnelle, l'astronomie est donc désormais passée au stade industriel. « Ici, chacun a son rôle, on ne perd pas une minute, c'est un peu comme dans une usine », décrit Rémi Cabanac. « Mais c'est grâce à cela que le VLT est l'observatoire le plus efficace à l'heure actuelle. »

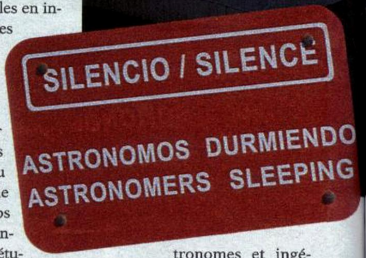
Un discours que l'on retrouve dans la bouche de Gautier Mathys, le responsable des trente astronomes et ingénieurs qui travaillent sur les télescopes : « Notre but est de mettre cet outil d'observation très puissant à disposition de toute la communauté scientifique. Pour cela, il faut que nous assurions le meilleur rendement scientifique possible. Aujourd'hui, nous perdons moins de 4 % du temps d'observation à cause de réglages ou de problèmes techniques : le rendement du VLT équivaut déjà à celui des meilleurs télescopes existants, après seulement deux ans de fonctionnement, ce qui est une vraie performance. » Les premiers à profiter de cette efficacité sont bien sûr les pays membres de l'ESO, mais Américains et Australiens sont de plus en plus nombreux à s'associer à des chercheurs européens et à demander du temps d'observation sur le VLT. Preuve que l'instrument est effectivement performant.

Les Chiliens, quant à eux, se voient réserver 10 % du temps d'observation sur les télescopes installés sur leur territoire. La communauté astronomique chilienne étant encore assez peu importante (moins d'une cinquantaine de membres), elle doit s'associer avec des chercheurs d'autres pays pour rentabiliser le temps qui lui est acquis. Mais, selon Hernán Julio Illanes, directeur d'une toute jeune revue astronomique chilienne grand public, *Astronomia 2000*, « il est certain que de telles conditions incitent de plus en plus les jeunes Chiliens à s'orienter vers les sciences du ciel ».

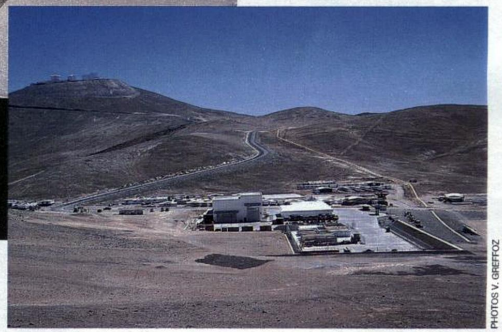
LA FIN DES PETITS MIROIRS ?

Devant ces nouveaux temples de l'astronomie que sont les quatre grands télescopes du VLT, ce que l'on appelle aujourd'hui les petits télescopes (de 1 à 4 m de diamètre), comme ceux installés à l'observatoire de La Silla, à 600 km au sud du mont Paranal, sont-ils voués à disparaître ? Chaque année, le VLT engloutit à lui seul la moitié du budget de l'ESO, c'est-à-dire 50 millions d'euros (330 millions de francs), et les principaux contributeurs de l'organisme, c'est-à-dire la France, l'Allemagne et l'Italie, ne semblent pas vraiment disposés à allonger leurs crédits. « Pour l'instant, il n'est pas question de fermer les télescopes de La Silla », assure Daniel Hofstadt, le représentant de l'ESO au Chili. Tous les astronomes reconnaissent en effet que les petits miroirs ont encore un rôle non négligeable à jouer dans l'histoire de l'astronomie. Certes, le VLT est particulièrement performant pour observer, en quelques heures, des objets spécifiques et lointains. Mais les petits télescopes, moins convoités, peuvent se concentrer sur des observations plus répétitives et automatiques, et cela, pendant plusieurs années. Ainsi, c'est grâce à un télescope de 1,20 m installé à La Silla que les astronomes suisses de l'observatoire de Genève ont découvert un tiers des soixante exoplanètes répertoriées à ce jour, en étudiant





Rue de la Soif
« Silence, astronomes endormis »... Ce panneau marque l'entrée du camp de l'observatoire, à 300 m en aval des télescopes. Ici, les allées entre les préfabriqués s'appellent "Soif de la solitude", "rue de la Soif"...



PHOTOS V. GREFFOZ

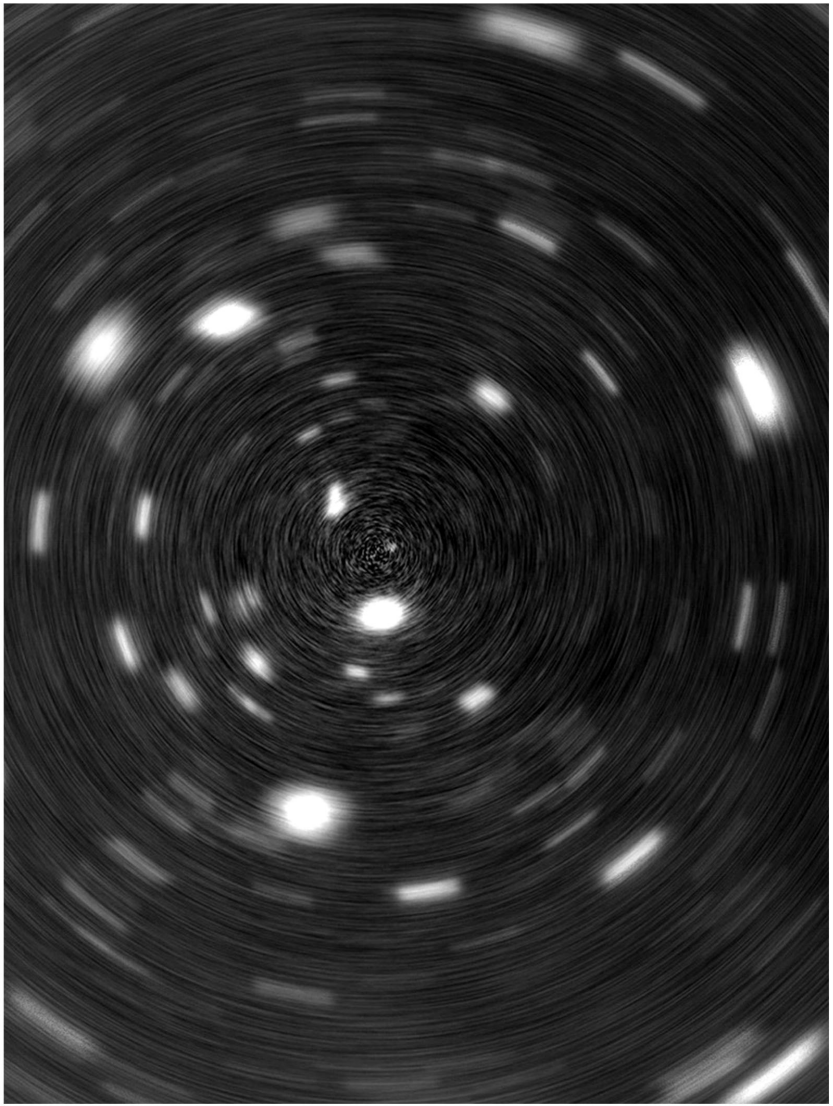
Pas un nuage!
Cette photo du Chili prise depuis l'espace révèle de façon saisissante le climat parfaitement sec de la région du VLT (à droite, le Pacifique). Des conditions d'observation idéales.

MARCO.

les infimes variations de vitesse d'un très grand nombre d'étoiles.

Les astronomes du VLT, quant à eux, pensent déjà à aller au-delà de la simple détection de la présence d'exoplanètes : ils espèrent bien observer réellement les contours de ces nouveaux mondes dans quelques années. En effet, si les grands télescopes de Paranal ont déjà fait leurs preuves séparément, ils ont avant tout été conçus pour fonctionner ensemble, par interférométrie (voir l'encadré plus haut). Ils devraient même être associés à plusieurs petits télescopes auxiliaires de 1,80 m, placés sur le mont Paranal. La résolution de l'ensemble sera alors équivalente à celle d'un miroir de 200 m de diamètre, ce qui permettrait de distinguer la silhouette d'un homme sur la Lune! « Nous pourrions prendre des photos du site d'atterrissage d'*Apollo* », s'amuse Roberto Gilmozzi. Plus sérieusement, ce dispositif unique au monde devrait permettre d'obtenir les images des toutes premières étoiles et galaxies qui ont existé dans l'Univers, mais aussi d'observer les nuages de matière s'accréter autour des trous noirs, d'étudier les disques protoplanétaires qui encerclent les étoiles pour comprendre comment se forment les planètes, et, peut-être, d'observer la silhouette d'une exoplanète. « L'interférométrie va réellement révolutionner l'astronomie », commente Roberto Gilmozzi.

Sa résolution permettrait de distinguer la silhouette d'un homme sur la Lune

En mars dernier, l'équipe en charge de l'interférométrie a réussi à coupler deux petits télescopes de 40 cm installés pour l'occasion sur le mont Paranal. Forts de ce premier succès, les scientifiques comptent bien réussir le couplage de deux grands télescopes d'ici la fin de l'année. Puis, vers 2007-2010, les quatre grands miroirs et les trois miroirs auxiliaires devraient fonctionner ensemble. Le VLT sera alors véritablement l'observatoire optique et infrarouge le plus puissant du monde.

Il est 6h30, et le jour filtre à travers les stores de la salle de contrôle. Il est temps, pour les astronomes, d'aller se coucher. Dans quelques heures, l'équipe de jour viendra prendre le relais. ■