

Le quatrième miroir, déformable, comporte 5300 actionneurs

BIBLIOGRAPHIE

S. Ramsay et al., **The ESO Extremely Large Telescope instrumentation programme**, *Advances in Optical Astronomical Instrumentation 2019*, article 1120303, 2020.

The science case for the European Extremely Large Telescope : The next step in mankind's quest for the universe, ESO, septembre 2010 : www.eso.org/public/products/books/book_0003

The E-ELT construction proposal, ESO, décembre 2011 : www.eso.org/public/products/books/book_0046

Programme de construction de télescopes géants aux États-Unis : www.noao.edu/us-elt-program/overview.php

En plus des perturbations que nous venons de décrire, l'atmosphère ajoute d'autres effets non désirés. Les turbulences et la répartition irrégulière de la température provoquent des modifications locales de l'indice de réfraction : les rayons lumineux provenant d'objets lointains sont alors légèrement déviés, de quoi déformer l'image qui se forme dans le télescope. C'est principalement pour éviter cet effet qu'on met en orbite dans l'espace des télescopes, comme *Hubble* ou le futur télescope *James-Webb* de la Nasa, de l'Esa et de l'Agence spatiale canadienne.

Là encore, cet effet, qui rendrait inutile l'effort de construire un télescope géant, du moins en ce qui concerne le pouvoir de résolution, peut être compensé. La solution se trouve du côté des techniques dites « d'optique adaptative » : il s'agit essentiellement d'utiliser des miroirs dont la surface est déformable de façon à contrebalancer les distorsions dues à l'atmosphère. Bien que ces techniques existent déjà et soient mûres, leur application à un miroir de 39,3 mètres constitue un défi hors de portée. Ainsi, dans l'ELT, c'est le quatrième miroir qui est déformable. Il comporte 5300 actionneurs et mesure 2,4 mètres de diamètre pour seulement 2 millimètres d'épaisseur. Ce miroir est l'un des éléments les plus cruciaux et délicats de l'ELT.

DES LASERS DANS LE CIEL

L'origine de ces techniques d'optique adaptative remonte au milieu du xx^e siècle, mais elles n'ont été appliquées à l'astronomie qu'à partir des années 1990 avec l'augmentation de la puissance de calcul informatique. On les applique désormais aussi en ophtalmologie et, plus récemment, en imagerie cellulaire. Différents observatoires ont développé ces techniques, parmi lesquels l'ESO. L'un des télescopes de 8,2 mètres qui composent le VLT est équipé d'un miroir déformable pour de l'optique adaptative. Toutefois, jusqu'à il y a peu, cette technique n'était utilisable que pour étudier certaines régions précises du ciel : celles qui contenaient une étoile assez brillante pour servir de référence. Cette limitation a été dépassée grâce au développement des « étoiles laser ».

De quoi s'agit-il ? Pour que les techniques d'optique adaptative fonctionnent, il faut en permanence prendre des images d'objets de référence, les analyser et engendrer ainsi les commandes à envoyer aux actionneurs pour déformer les miroirs et corriger l'image. Puisque l'atmosphère évolue très vite, le système de contrôle doit être lui aussi très rapide. Mais pour cela, il faut que les étoiles de référence soient suffisamment brillantes, ce que l'on ne trouve hélas pas dans la plupart des régions du ciel. Pour résoudre le problème, on crée des étoiles artificielles en tirant divers faisceaux laser. Ces derniers excitent la couche de sodium gazeux se trouvant à 80 kilomètres d'altitude dans la mésosphère, ce qui produit des points lumineux dont l'éclat équivaut à celui d'une étoile naturelle.

L'ELT devrait être équipé de huit lasers de ce type afin de produire autant d'étoiles artificielles. Ces lasers de grande puissance ont été développés et brevetés par l'ESO. Avec l'aide de partenaires industriels, l'ESO a optimisé leur production pour les adapter aux besoins spécifiques de l'ELT.

DÉFIS ET RÉCOMPENSES

La construction de l'ELT, bien qu'elle ait son lot de problèmes inhérents à des projets de cette envergure, se déroule jusqu'ici comme prévu. En ce qui concerne les différentes parties du télescope, les principales difficultés se concentrent en ce moment autour du miroir primaire et du quatrième miroir, celui de l'optique adaptative. Du point de vue global, la principale difficulté sera le maintien des miroirs dans les bonnes positions et les bonnes formes à chaque instant. C'est là une exigence essentielle pour obtenir une image au plan focal libre de toute aberration. Sans cela, tout l'intérêt d'avoir un télescope géant sera perdu.

Que nous réserve le plus grand œil de la planète ? Les premières découvertes dépendront dans une large mesure de l'ordre selon lequel les différents instruments, qui ont chacun des qualités spécifiques, arriveront à l'observatoire. Peut-être concerneront-elles les galaxies, les planètes ou les trous noirs. Toutefois, celui qui aurait le plus d'impact, bien que la perspective en soit plus éloignée dans le temps, serait d'obtenir l'image d'une planète semblable à la Terre en orbite autour d'une étoile de type solaire.

L'ELT est une machine extrêmement complexe qui, tout en pesant plus de 3600 tonnes et en étant aussi haute qu'une cathédrale, devra viser des objets stellaires avec une précision de quelques millièmes de degré et fournir des images d'une qualité exceptionnelle à différents instruments scientifiques. Ces derniers sont eux-mêmes des machines gigantesques dont la conception est techniquement très délicate. Le gant est relevé. ■





Ces panicules de diverses variétés de riz sont conservées et étiquetées après la récolte au conservatoire Basudha, fondé en Inde par l'auteur.

© Zoé Savitz

L'ESSENTIEL

> Avant les années 1960, l'Inde possédait 110 000 riz indigènes aux caractéristiques diverses, mais 90 % ont disparu des cultures aujourd'hui.

> Seules quelques variétés à hauts rendements poussent dans les champs, nécessitant des intrants et ayant de médiocres performances dès que les

conditions environnementales sont défavorables.

> Cependant, Vrihi, un réseau de banques de semences, régénère et documente les riz traditionnels afin de les rendre aux paysans indiens.

L'AUTEUR



DEBALI DEB
fondateur de la ferme
Basudha et de la banque
de semences de riz Vrihi,
en Inde

Sauver les riz traditionnels indiens

En Inde, certaines variétés indigènes de riz résistent aux inondations, aux sécheresses et à moult autres catastrophes. Reste à en relancer la culture...

Un jour de l'été 1991, après avoir passé des heures à étudier la biodiversité des bois sacrés du sud du Bengale-Occidental (État de l'est de l'Inde) dans la chaleur brûlante, je me suis dirigé vers la hutte de Raghu Murmu, un jeune homme du peuple des Santals. Raghu m'a accueilli à l'ombre d'un énorme manguier, pendant que sa fille allait chercher de l'eau fraîche et des sucreries à base de riz. Tandis que je les savourais, j'ai remarqué que l'épouse de Raghu, enceinte, buvait un liquide rougeâtre. Mon hôte m'expliqua qu'il s'agissait d'amidon obtenu en cuisant du bhutmuri, un riz que l'on nomme aussi « tête de fantôme », peut-être à cause de son enveloppe sombre... Cet amidon « restaure le sang des femmes qui n'en ont pas assez pendant la grossesse et après l'accouchement », précisa Raghu. J'en déduisis que l'amidon de bhutmuri était censé guérir l'anémie des femmes enceintes et en *post partum*. Une autre variété de riz, le paramai-sal – le « riz de longévité » – favorise pour sa part la croissance des enfants, me signala aussi Raghu.

Plus tard, j'ai établi que le bhutmuri fait partie des quelques variétés indigènes de riz d'Asie du Sud riches en fer et en certaines vitamines B. Le paramai-sal est pour sa part riche en antioxydants, en micronutriments et en amidon digeste, que le corps convertit facilement en énergie. Au moment de ma rencontre avec Raghu, ces variétés rares de riz étaient des nouveautés pour moi, comme l'étaient leurs noms évocateurs et leurs usages médicinaux traditionnels. Une fois rentré chez moi à Calcutta, j'ai réalisé une recherche bibliographique sur la diversité génétique du riz indien, et compris la chance que j'avais eue de rencontrer Raghu. Les petits riziculteurs comme lui, cultivant et appréciant la valeur des riz indigènes, sont en effet aussi menacés que les variétés de riz elles-mêmes.

Au cours des années qui ont suivi, je me suis familiarisé avec les nombreuses variétés indigènes indiennes. Leurs propriétés sont étonnamment diverses et utiles : certaines résistent aux inondations, à la sécheresse, à la salinité ou aux attaques de parasites ; d'autres sont riches en vitamines ou en >