

CARLINA : un prototype d'hypertélescope

Alors que l'Europe et les Etats-Unis envisagent pour la prochaine décennie la construction de télescopes de plus de 30 m de diamètre dotés de miroirs segmentés, les chercheurs rêvent à l'étape suivante, qui offrira des instruments capables de voir des planètes extrasolaires de la taille de la Terre et même d'y distinguer des détails tels que les changements de saison ou la présence d'une éventuelle couverture végétale.

L'Observatoire de Haute-Provence ne se limite pas à ses coupoles emblématiques qui émergent de la forêt de chênes. Plus discrets, de nombreux bâtiments remarquablement intégrés dans le domaine abritent des activités très diverses. C'est précisément vers l'un de ces bâtiments que nous nous dirigeons. Responsable scientifique du projet CARLINA, Hervé Le Coroller nous accueille avec enthousiasme. Il est avec Julien De Jonghe, le responsable technique. CARLINA est un prototype qui préfigure ce que pourront être les télescopes de demain. Le concept optique a été développé par Antoine Labeyrie au sein du Laboratoire d'Interférométrie Stellaire et Exoplanétaire (LISE), et Hervé Le Coroller a proposé de le mettre en œuvre en utilisant un ballon à

hélium pour porter le dispositif focal où se forment les images. Il s'agit de construire des interféromètres capables de dépasser les limites que rencontrent actuellement les meilleures installations mondiales, telles que le V.L.T.I. de l'observatoire européen austral basé au Chili ou les télescopes Keck installés à Hawaï. L'objectif est de montrer qu'il est possible de gagner en magnitude limite pour observer des cibles beaucoup plus nombreuses, et surtout d'améliorer la capacité d'imagerie de l'instrument dans des proportions très importantes.

Très haute précision

Réalisée par Antoine Labeyrie en 1974, l'expérience I2T avait montré qu'en faisant interférer la lumière issue de deux télescopes, on obtenait une résolution équivalente à celle d'un seul miroir dont le diamètre aurait été égal à la distance séparant les deux télescopes. Ainsi, en combinant les faisceaux de deux petits télescopes éloignés de 100 m on obtenait la même résolution qu'avec un miroir géant de 100 m de diamètre ! Pour cela, il est indispensable que la distance entre l'étoile et le lieu de recombinaison soit absolument égale quel que soit le chemin emprunté par

Avec l'équipe du projet Carlina, Hervé Le Coroller expérimente les principes des futurs hypertélescopes.



Une multitude de petits miroirs disposés sur une portion de sphère renvoient la lumière vers un recombineur situé au foyer. Toute l'instrumentation est embarquée dans une nacelle suspendue à un ballon. L'ensemble est arrimé et positionné depuis le sol par un ensemble de câbles.

la lumière. Or, suivant qu'elle passe par l'un ou l'autre télescope, la lumière parcourt des distances différentes, la rotation de la Terre modifiant en permanence celles-ci. Pour vaincre cette difficulté, les astronomes ont conçu un dispositif appelé ligne à retard. En déplaçant des miroirs sur le chemin optique, il est possible d'en ajuster la longueur. Pour que les interférences se forment correctement, il faut maîtriser ces déplacements avec une précision meilleure que le micron ! Un véritable défi pour une mécanique toujours en mouvement. Dans le monde, une dizaine d'installations parviennent grâce





Astronomie Magazine / D.H.P. - C.N.R.S.

Les petits miroirs de Carlina sont fixes. Ils sont faciles à construire et ne nécessitent pas de monture sophistiquée. Les premiers tests se feront sur trois miroirs de 250 mm espacés de 10 m. Le miroir du premier plan est découvert, les deux autres sont protégés par un cache sphérique.

à cette technique à obtenir des images d'une résolution inégalée qui leur permettent, par exemple, de mesurer le diamètre des étoiles et même d'en reconnaître la forme. Pour aller plus loin, il faut multiplier le nombre de télescopes pour améliorer la richesse des images, et augmenter la distance qui les sépare pour obtenir une plus grande résolution. Un développement qui serait plus facile si on pouvait se passer des lignes à retard. Voici donc le premier point que se propose de résoudre CARLINA. En plaçant les miroirs sur une portion d'une grande sphère virtuelle, la lumière peut se recombiner sur la surface focale sans différence de marche. On corrige toutefois l'aberration de sphéricité avec une optique particulière. On peut alors imaginer des centaines de miroirs dispersés sur une très grande surface pour composer l'équivalent d'un seul miroir de plusieurs centaines de mètres. Il suffirait pour cela de trouver une formation géologique suffisamment vaste et présentant l'aspect d'une portion de sphère. "Un grand cratère ou

un fond de vallée convenablement orienté conviendrait très bien", explique Hervé Le Coroller. L'équipe a déjà décelé plusieurs lieux sur la planète où de telles formations existent sous un ciel de très bonne qualité. Déployés dans un tel site, les miroirs formeront une surface focale à plusieurs centaines de mètres au-dessus du sol. Comment y installer le recombineur où se forment les images, en plein ciel ? La première idée est de construire un pylône ou, si la topographie le permet, de tendre des câbles entre les deux versants de la vallée pour suspendre cette optique. Et pourquoi ne pas innover aussi dans ce domaine ? Une nacelle suspendue à un ballon ne pourrait-elle pas faire l'affaire ? C'est cette dernière idée qui est retenue pour le démonstrateur technique de l'Observatoire de Haute-Provence. La nacelle portant l'instrumentation sera suspendue au niveau de la sphère focale sous un trépied de câbles tendus par un ballon à hélium. Arrimée au sol par trois autres câbles, sa position sera contrôlée en permanence en agissant sur

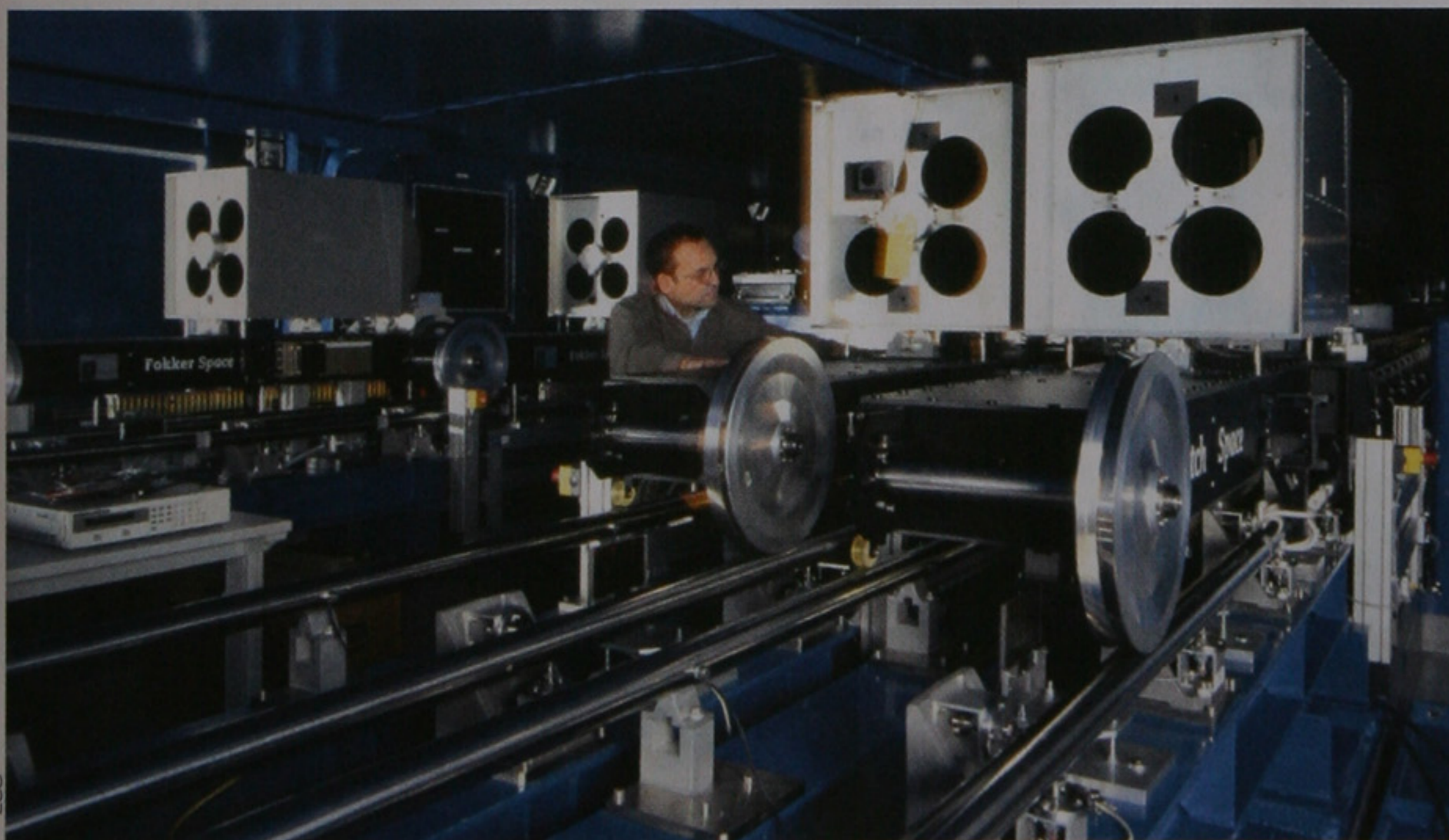
la longueur de ces derniers. Les premiers essais ont montré que ce dispositif permettait d'assurer une précision de positionnement satisfaisante.

La configuration de CARLINA présente un avantage supplémentaire. Les miroirs de petit diamètre sont fixes et ne demandent pas de monture coûteuse. Il est donc facile de commencer avec quelques miroirs, puis d'en ajouter pour augmenter la surface collectrice. En outre, le grand nombre de miroirs permet d'obtenir plus d'éléments de résolution (pixels) dans l'image. Deux caractéristiques qui pourraient conférer aux descendants de CARLINA un rapport performances/prix extrêmement attractif.

Dans l'atelier-laboratoire, les spécialistes expérimentent les meilleures techniques pour améliorer le positionnement et le déplacement de la nacelle. On découvre ainsi une caméra à comptage de photons dont le développement vise à obtenir une sensibilité extrême. L'instrumentation embarquée comptera aussi un correcteur de Mertz pour neutraliser l'aberration de sphéricité et un densifieur de pupille qui améliore la qualité des images. Cette méthode de recombinaison proposée par Antoine Labeyrie permettra notamment d'utiliser un coronographe. Ce dispositif masque les sources brillantes pour mieux étudier leur environnement immédiat sans être ébloui.

A quelques centaines de mètres de là, protégés par une frêle clôture, trois miroirs solidement ancrés dans le sol caillouteux de l'Observatoire attendent que le ballon reprenne son envol. Ce qui ne devrait plus tarder, deux essais étant programmés dans les prochains mois. Ils devraient valider la pertinence des sous-ensembles et leur capacité à fournir ensemble des images d'étoiles d'une redoutable précision. Ce serait alors le début d'une nouvelle aventure : le développement et la construction des premiers hypertélescopes. ■

Christophe Demeulemeester



ESO

Positionnées à une fraction de micron, les extraordinaires lignes à retard – ici au V.L.T.I. – sont indispensables au fonctionnement des interféromètres actuels.