

## **Astrophysique observationnelle**

M. Antoine LABEYRIE, membre de l'Institut  
(Académie des Sciences), professeur

De nouvelles évolutions concernant les techniques de haute résolution angulaire utilisées en Astronomie ont été traitées cette année dans le cours.

### *Évolution des optiques adaptatives*

Depuis que l'idée en a été proposée dans les années 1950, les systèmes d'optique adaptative corrigeant la turbulence atmosphérique ont connu une évolution spectaculaire qui commence à porter ses fruits.

### *Recherche d'exo-planètes : spectrographes actifs et imagerie par tavelures noires*

Depuis la première détection spectroscopique, par Mayor & Queloz en 1995, de ce qui pourrait être une planète associée à une étoile, plusieurs autres découvertes ont été annoncées. Cela suggère de rechercher les moyens d'améliorer les spectrographes, pour raffiner l'observation des effets spectraux ; et de tenter d'obtenir des images de ces planètes.

En ce qui concerne les spectrographes, la résolution spectrale et la sensibilité aux faibles vitesses radiales peuvent être sensiblement accrues en leur appliquant les techniques d'optique adaptative utilisées dans les télescopes. Cela doit permettre d'affiner le spectre et de le stabiliser avec une ou plusieurs longueurs d'ondes de laser servant de référence.

### *Tendances actuelles pour les projets de grands télescopes au sol*

Un récent congrès en Suède a été consacré aux projets de grands télescopes. Une tendance nouvelle est l'utilisation de miroirs mosaïques, minces et asservis par les techniques de l'optique active. Une floraison de tels projets s'annonce, et cela pourrait conduire à des télescopes géants, larges de 25 m ou plus.

*Vers un projet d'Interféromètre à Grands Télescopes*

L'avènement prévisible de grands télescopes, larges de 10 à 15 m et beaucoup moins coûteux que leurs prédécesseurs, incite à étudier la possibilité d'en grouper quelques douzaines pour constituer un grand interféromètre. En effet, l'optique adaptative renforce considérablement l'efficacité de grandes ouvertures. Les progrès récents, décrits dans le cours de l'année précédente, concernant la théorie de la formation des images pour les ouvertures diluées, montre aussi que des images à haute définition peuvent être obtenues directement au foyer recombinaison de tels systèmes.

*Étude entamée d'un télescope de 8 à 10 m pour l'interférométrie au sol*

L'avant-projet d'un gros télescope, utilisant les nouvelles techniques d'optique adaptative, et adapté à l'utilisation interférométrique au sein d'un groupe de télescopes identiques, est étudié à l'Observatoire de Haute-Provence. Des éléments prototypes sont en construction.

*Construction d'un miroir actif*

Un élément critique, nécessaire pour les réseaux interférométriques de petits et grands télescopes, mais aussi pour les grands télescopes isolés, est le miroir élémentaire mince et actif. La construction d'un miroir actif de 1,5 m est en chantier à l'Observatoire de Haute-Provence. Le verre ordinaire utilisé pour le miroir peut contribuer à abaisser le coût de grandes mosaïques.

*Présence soupçonnée de trous noirs binaires au centre de certaines galaxies*

Parmi les cibles prévisibles des observations à haute résolution angulaire, les noyaux actifs de galaxies tiennent une place de choix. La présence d'une concentration de masse importante, des millions ou des milliards de masses solaires hébergées par un trou noir central, semble être confirmée par les observations récentes du télescope Hubble. L'hypothèse d'un trou noir binaire est évoquée par certains pour expliquer par exemple la présence de bras spiraux. Le trou noir binaire pourrait résulter de la capture du noyau d'une autre galaxie à l'occasion d'une collision. Le système binaire massif qui en résulterait émettrait des ondes gravitationnelles dont on peut se demander si elles produisent un effet de lentille variable, éventuellement détectable.

A. L.

SÉMINAIRES D'ASTROPHYSIQUE GÉNÉRALE AU COLLÈGE DE FRANCE

Thierry MONTMERLE, (Service d'Astrophysique du CEA, Saclay) : Les rayons X, un nouveau moyen d'investigation des régions de formation d'étoiles.

Michel MAYOR, (Observatoire de Genève) : Planètes ou naines brunes : où est la limite ?

Daniel Y. GEZARI, (NASA, Goddard Space Flight Center, Washington) : Mid-Infrared Imaging Observations of Luminous Star Formation Regions and the Galactic Center.

Agnès ACKER, (Observatoire de Strasbourg) : Structures fines et instabilités dans les enveloppes éjectées par des étoiles en fin d'évolution.

Bruno LOPEZ, (Observatoire de la Côte d'Azur) : Perte de masse des étoiles évoluées — Ce que nous montrent les observations.

Daniel ROUAN, (Observatoire de Paris-Meudon) : Performances et premiers résultats astrophysiques de PUEO, la bonnette d'Optique Adaptative du télescope Canada-France-Hawaii.

Jean GAY, (Observatoire de la Côte d'Azur) : Coronographie Interférentielle Achromatique (CIA).

Anne-Marie HUBERT, (Observatoire de Paris - Meudon) : Pulsation et activité dans les étoiles chaudes à enveloppe étendue.

Corinne CHARBONNEL, (Observatoire Midi-Pyrénées, Laboratoire d'Astrophysique) : Observations de D, He et Li dans différents environnements : Crise pour la nucléosynthèse primordiale ou défi pour l'évolution stellaire ?

### **Travaux de recherche effectués par le groupe d'interférométrie stellaire à l'Observatoire de Haute-Provence et l'observatoire de Calern**

**Prototype de télescope de 1,5 m pour un interféromètre « Optical Very Large Array »** (David Vernet, Luc Arnold, Julien Dejonghe, Olivier Lardière, Claude Cazalé, Dominique Kohler, Jean-Pierre Berger, Emeric Le Floch, Antoine Labeyrie)

Le miroir actif de 1,5 m fait l'objet d'essais, après une phase de programmation, de câblage et d'essais électroniques. Le polissage d'un second miroir de 1,5 m est entamé.

**Conception d'un grand télescope adapté à l'interférométrie** (André Baranne, Gérard Lemaître, Luc Arnold, Julien Dejonghe, Antoine Labeyrie)

Le concept d'un nouveau type de grand télescope est étudié. Il s'agit d'une monture sphérique ajourée, d'un type nouveau, contenant un miroir mosaïque sphérique à supports actifs, contrôlé par une source lumineuse installée au centre de courbure. A. Baranne et G. Lemaître ont calculé des solutions optiques nouvelles à quatre miroirs, particulièrement intéressantes pour l'usage prévu.

**Détectabilité des ondes gravitationnelles par leur effet de lentille** (Christian Bracco, Antoine Labeyrie)

La théorie de l'effet a été étudiée par C. Bracco dans le cadre de son travail de thèse, et placée dans le contexte de la controverse actuelle sur l'existence de

la scintillation gravitationnelle. Un calcul publié par Bertotti semble prouver que l'effet de scintillation n'existe pas. Cependant, la complexité du phénomène, analysé dans le cadre de la Relativité Générale, requiert une étude plus approfondie.

Du fait des incertitudes théoriques, il n'est pas inutile de tenter des observations : c'est ce qu'a entrepris C. Bracco avec S. Darbon en utilisant un photomètre rapide à diode à avalanche au télescope de 1,93 m de l'Observatoire de Haute-Provence. Ils recherchent, sur des sources d'arrière plan angulairement proches de sources possibles d'ondes gravitationnelles, une modulation attribuable à la scintillation gravitationnelle. Un sous-produit éventuel des observations effectuées avec le photomètre rapide pourrait être la détection de nouveaux pulsars optiques.

**Observation de tavelures noires pour l'imagerie d'exo-planètes** (Anthony Boccaletti, Dominique Kohler, Antoine Labeyrie)

La méthode d'imagerie exploitant les interférences destructrices qui produisent les tavelures noires, décrite dans le cours de l'année précédente, pourrait permettre de détecter des planètes extra-solaires, depuis le sol ou l'espace. Des simulations numériques, des simulations sur un montage optique de laboratoire, et des calculs analytiques ont permis de préciser les possibilités et les limites de la méthode, et de préparer des observations.

**Proposition d'un coronographe à tavelures noires pour le télescope Hubble** (Anthony Boccaletti, Antoine Labeyrie, Kjetil Dohlen, Fabien Malbet, Daniel Gezari, François Roddier, Claude Roddier, Roberto Ragazzoni)

La proposition d'un instrument nommé « Faint Source Coronagraphic Camera » a été faite à la NASA en Avril 1997 par une large collaboration internationale. Il s'agit d'en équiper le Télescope Spatial Hubble lors d'une mission de maintenance en 2002. L'instrument exploiterait le principe d'observation des tavelures noires publié par A. Labeyrie et devrait permettre d'observer des planètes extra-solaires.

Après plusieurs mois de travail préparatoire via Internet, les intervenants répartis à Hawaii, Washington, Boulder, Boston, Padoue, Grenoble, Toulouse, Marseille et Saint Michel l'Observatoire se sont réunis en ce dernier endroit pour finaliser le projet d'instrument qui a été présenté à la NASA.

#### PUBLICATIONS

« On the Role of the Transversality Equations in Lagrangian Relativistic Dynamics », R. A. Krikorian, *Il Nuovo Cimento*, Vol. 110B, N. 8, 1995.

« Orbital motion of DF Tauri from speckle interferometry », E. Thiébaud, Y. Balega, I. Balega, I. Belkine, R. Foy, A. Blazit and D. Bonneau, *Astron. Astrophys.*, 304, L17-L20, 1995.

« On a variational formulation of uniformly accelerated motion in special relativity », R. A. Krikorian, *Il Nuovo Cimento*, Vol. 111B, N. 6, 1996.

« The lagrangian formalism in the radiative transfer theory », R. A. Krikorian and A. G. Nikoghossian, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, Vol. 56, N° 3, pp 465-469, 1996.

« Jet-like structures in  $\beta$  Lyrae ? », P. Harmanec, F. Morand, D. Bonneau, J. Jiang, E. F. Guinan, D. S. Hall, D. Mourard et al, *Astron. Astrophys.*, 312, 879, 1996.

« On the kinematics of the envelope of  $\gamma$  Cassiopeiae », Ph. Stee, *Astron. Astrophys.*, 311, 945-950, 1996.

« A Lunar Optical Very Large Interferometer (LOVLI) with simplified optics », Arnold L., Labeyrie A., Mourard D., *Advances in Space Research*, 18, N° 11, pp 11 (49)-(11) — 58, 1996.

« Polarization effects in stellar interferometry », K. Rousselet-Perraut, F. Vakili, D. Mourard, *Optical Engineering*, Vol. 35 N° 10, 2943-2955, october 1996.

« Influence functions of a thin shallow meniscus-shaped mirror », L. Arnold, Vol. 36, N° 10, *Applied Optics*, 1997.

« The mean angular diameter of  $\delta$  Cephei measured by optical long-baseline interferometry », D. Mourard, L. Koechlin, D. Bonneau, A. Labeyrie, F. Morand, Ph. Stee, I. Tallon-Bosc and F. Vakili, *Astron. Astrophys.*, 317, pp 789-792, 1997.

« Polarization effects in aperture synthesis arrays », K. Rousselet-Perraut, F. Vakili, D. Mourard, *Optical Engineering*, Vol. 36 N° 4, 980-987, april 1997.

« Effects of the atmospherical spectral decorrelation on the visibility measurements in Michelson Interferometry », Ph. Berio, D. Mourard, F. Vakili, J. Borgnino, and A. Ziad, *JOSA-A*, 14, pp 114-121, 1997.

« Removing the photon-counting hole in optical interferometry », P. Berio, F. Vakili, D. Mourard, D. Bonneau and F. Morand, *soumis Astron. Astrophys.*, 1997.

« Can interfero-polarimetry constrain extended atmosphere's models ? », K. Rousselet-Perraut, *soumis Astron. Astrophys.*, 1997.

« Optimality of relativistic motions », R. A. Krikorian, *Il Nuovo Cimento*, accepté 1997.

« An attempt to detect polarization effects in the envelope of  $\gamma$  Cas with the GI2T interferometer », K. Rousselet-Perraut, F. Vakili, D. Mourard, F. Morand, D. Bonneau and Ph. Stee, *Astron. Astrophys. sous presse*, 1996.

« Subtle structures in the wind of P Cyg », F. Vakili, D. Mourard, D. Bonneau, F. Morand and Ph. Stee, *Astron. Astrophys.*, *sous presse*, 1997.

« Preliminary results of dark-speckle stellar coronagraphy », A. Boccaletti, R. Ragazzoni, D. G. Sandler & A. Labeyrie, *Astron. Astrophys.*, *en préparation 1997*.

« Evidence for long term variable sub-milliarcsecond structures in the hydrogen envelope of  $\gamma$  Cas », R. Hirata, D. Lemignant, Ph. Stee, F. Vakili, D. Mourard, F. Morand and I. Tallon-Bosc, *Astron. Astrophys., en préparation, 1997.*

« A new start for the VLTI », D. Mourard, F. Paresce, T. Bedding et al., *ESO Messenger*, 83, mars 1996.

« Current steps towards kilometric arrays of many telescopes : prospects for snapshot images with 10-4 " resolution », A. Labeyrie, in *Optical Telescopes of Today and Tomorrow*, proc. Landskrona 1996 coll., A. Ardeberg ed., SPIE vol. 2871, 1997.

« Qualité optique et grands diamètres : évitez de vous faire piéger ! », S. Debruyne, D. Vernet, *L'Astronomie*, à paraître, 1997.

« La percée attendue des télescopes géants interférométriques », A. Labeyrie, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, à paraître, 1997.

« Les yeux de la terre : l'interférométrie à télescopes multiples », A. Labeyrie, *soumis à La Recherche, 1997.*

« Une nouvelle génération de télescopes », A. Labeyrie, *Revue Planétariums 1997*, Association des Planétariums de langue française.

« A dark-speckle camera for detecting exo-planets with the Hubble Space Telescope », A. Labeyrie et al., *en préparation, 1997.*

« Optical data storage in micro-fibers », A. Labeyrie, J.-P. Huignard and B. Loiseaux, *soumis à Optics Letters, 1997.*

### Présentations à des congrès

A. Labeyrie, « La percée attendue des télescopes géants interférométriques », Académie des Sciences, Journée Scientifique « Perspectives de l'optique astronomique », 20 novembre 1996.

D. Mourard, « La Haute Résolution Angulaire en Astronomie », Conférence, Fort-de-France, Martinique, avril 1997.

A. Labeyrie, « L'astronomie des hautes résolutions angulaires », Conférence au congrès de la Société Astronomique de Nantes, Journées de Nantes, avril 1997.

A. Boccaletti, « A Dark Speckle camera for exo-planet imaging with the HST : the Faint Source Coronagraphic Camera », Blois, Juin 1997.

R. A. Krikorian, « Relativistic rotation and pulsar electrodynamics », Colloque Franco-Arménien d'Astronomie, Byurakan., 29 septembre-4 octobre 1995.

A. Boccaletti, « Simulations of Dark-Speckle for the Hubble Space Telescope », Workshop PASP : « Brown dwarfs and extrasolar planets », Canaries, mars 1997, à paraître.

F. Morand, D. Bonneau, D. Mourard and P. Harmanec, « Observations of the close binary system  $\beta$  Lyrae with the GI2T interferometer », Workshop ESO, Garching, 18-21 june 1996.

D. Mourard, « Observations of Cepheids with the VLTI », Workshop ESO, Garching, 18-21 june 1996.

R. Hirata, D. Lemignant, Ph. Stee, F. Vakili, D. Mourard, A. Okazaki et al., « Spectro-interferometry of  $\gamma$  Cas by GI2T », East Asian Meeting on Astronomy, Tokyo, july 1995.

### **Conférences publiques**

« Mieux voir l'Univers », A. Labeyrie, Simiane 1997.