

Astrophysique observationnelle

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

Cours et séminaires : le cours et les séminaires n'ont pas eu lieu.

Activités de recherche

Les thèmes de recherche des années précédentes, concernant notamment les perspectives d'imagerie interférométrique à très haute résolution, ont été poursuivis et se traduisent par plusieurs projets à différents stades d'évolution.

Télescope interférométrique prototype (J. Dejonghe, L. Arnold, O. Lardière, D. Vernet, D. Kohler, C. Cazalé)

La construction du télescope prototype, destiné à équiper un grand interféromètre, est arrivée au stade des essais en laboratoire du miroir actif. Les essais complets devraient débiter à l'automne 1999. Pour homogénéiser la température du miroir primaire, et réduire du même coup la convection de l'air au contact du miroir, un système d'injection de courant électrique dans la couche d'aluminium réfléchissante a été essayé et donne des résultats encourageants.

Théorie et pratique de l'interférométrie des tavelures noires (A. Boccaletti, C. Moutou, P. Riaud)

L'étude des possibilités et limitations de l'analyse statistique des tavelures noires, entamée depuis deux ans, a été poursuivie de façon théorique et expérimentale. Les tavelures noires présentes dans la lumière résiduelle d'une étoile autour de laquelle on cherche à détecter des planètes permettent de mieux faire ressortir l'image de ces éventuelles planètes. La mise en service de grands télescopes équipés d'optique adaptative doit permettre d'exploiter la méthode au sol avant de le faire dans l'espace avec le Next Generation Space Telescope.

Proposition d'un coronographe exo-planétaire sur le Next Generation Space Telescope (A. Boccaletti, C. Moutou, A. Labeyrie, F. Vakili, L. Abe, A. Labeyrie)

Suite à la proposition d'un coronographe pour la recherche des exo-planètes avec le télescope Hubble (Labeyrie, 1977), instrument qui a été construit par l'Agence Spatiale Européenne et implanté sur le télescope mais rendu inutilisable par le défaut de construction du télescope, l'idée a été reprise pour une proposition concernant le Next Generation Space Telescope et soumise à l'Agence Spatiale Européenne. Les progrès intervenus depuis en matière d'optique adaptative, de noircissement actif, et d'analyse des tavelures noires permettent d'espérer une forte augmentation de la sensibilité. De plus, l'idée introduite par Roddier & Roddier, d'un masque de phase servant à atténuer la lumière de l'étoile doit permettre de rechercher des planètes plus proches de celle-ci que le traditionnel masque absorbant de Lyot. Il faut cependant parvenir à rendre le masque de phase utilisable en bande spectrale large. L'idée d'un masque réalisé sous la forme d'un hologramme de Bragg est explorée à cette fin.

Études préliminaires d'interféromètres dans l'espace (A. Boccaletti, C. Moutou, P. Riaud, A. Labeyrie)

L'étude d'un interféromètre spatial de 100 m « Exo-Earth Discoverer », conçu pour la détection de planètes extra-solaires, s'est poursuivie avec des simulations numériques poussées. Celles-ci ont confirmé les possibilités d'un coronographe de Roddier à masque de phase qui lui serait associé. Le concept a été présenté à la NASA comme variante possible du projet « Terrestrial Planet Finder », qu'un accord récent avec l'Agence Spatiale Européenne doit permettre de fusionner avec le projet européen DARWIN pour un lancement en 2012. La version proposée fournit des images, plutôt qu'un simple signal modulé, et cela améliore la discrimination de la lumière zodiacale et exo-zodiacale.

L'étape plus lointaine d'un « Exo-Earth Imager », version de 150 km comportant une centaine d'éléments, est également étudiée. Des simulations numériques ont montré qu'il peut en principe produire des images instantanées d'une Terre qui serait éloignée de 3 parsecs (10 années lumière). La qualité d'image, suffisante pour voir les continents et les grandes formations nuageuses, pourrait permettre de voir aussi des « taches vertes », pas nécessairement vertes mais indiquant la présence de photosynthèse.

Les essais prévus par la NASA, en 2003, d'un interféromètre spatial à satellites multiples, selon la proposition effectuée par A. Labeyrie en 1982, pourraient permettre en cas de succès de parvenir rapidement à des configurations de grande dimension. La puissance d'observation de la civilisation terrestre s'en trouvera augmentée un million de fois pour ce qui concerne la résolution.

Le principe de l'imagerie interférométrique à pupille densifiée, exposé dans les cours des années précédentes, permet d'envisager la recherche d'exo-planètes dans l'infra-rouge en utilisant un coronographe pour atténuer la lumière de l'étoile dans l'image. Des simulations et calculs de sensibilité ont été effectués, ainsi qu'une comparaison avec les concepts DARWIN et Terrestrial Planet Finder

étudiés respectivement par l'ESA et la NASA. L'instrument proposé apparaît plus sensible à surface collectrice égale.

Mise en phase adaptative d'ouvertures multiples diluées (E. Pedretti, P.J. Auillans, P.A. Viguier, A. Labeyrie)

E. Pedretti étudie, dans le cadre de sa thèse entamée en octobre 1998, les algorithmes de mise en phase pour N ouvertures éloignées, au sol ou dans l'espace. Les résultats en cours de publication, présentés au colloque « Working on the fringe », démontrent la convergence de plusieurs routines et les limites de magnitude stellaire pour leur utilisation. Un montage de simulation en laboratoire, encore incomplet, a déjà permis de vérifier en partie la théorie de l'imagerie à pupille densifiée.

Étude d'un précurseur au sol pour les interféromètres spatiaux à pupille densifiée : projet CARLINA (E. Pedretti, A. Labeyrie)

A. Labeyrie a présenté dans plusieurs colloques le projet « CARLINA » d'un télescope géant dilué, dont le diamètre pourrait atteindre 200 m ou plus. Des essais préliminaires ont permis de conclure à la possibilité d'utiliser un ballon captif pour porter l'optique focale, solution qui pourrait être intéressante en termes de flexibilité et de coût. C'est le principe de l'imagerie à pupille densifiée, exposé dans le cours des années précédentes, qui semble permettre d'exploiter efficacement un miroir dilué géant, formé de plusieurs dizaines ou centaines d'éléments. Un tel projet pourrait préparer les versions spatiales « Exo-Earth Discoverer » et « Exo-Earth Imager » mentionnées ci-dessus.

Travaux des groupes associés à la chaire

Grand Interféromètre à 2 Télescopes (Farokh Vakili, Denis Mourard, Daniel Bonneau, Alain Blazit)

L'installation d'un nouveau combineur d'images a été effectuée, et les essais d'observation repris. Simultanément, l'analyse de données antérieures a été poursuivie et donné lieu à plusieurs articles.

Étude d'un concept de télescope géant (Luc Arnold)

L. Arnold a présenté au colloque « Extremely Large Telescopes » un concept de télescope multiple extrapolant le principe du Multi-Mirror Telescope du Mt Hopkins (Arizona).

Astrophysique théorique (Ralph Krikorian)

R. Krikorian a étudié cette année des problèmes théoriques en matière de rotation relativiste, d'optique en relativité générale et de transfert de rayonnement.

PUBLICATIONS

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

« A coronagraphic dark-speckle imager for NGST », C. Moutou, A. Boccaletti & A. Labeyrie, « The NGST : science drivers and technological challenges », 34^e Colloque International d'Astrophysique de Liège, Belgique, p. 121, 1998.

« Scintillation in scalar-tensor theories of gravity », C. Bracco & P. Teysandier, *A&A* **339**, p. 921, 1998.

« Note on Fermat's principle in general relativity », R.A. Krikorian, *Nuovo Cimento* **113 B**, 537, 1998.

« On the rotation of fluids in a relativistically rotating container », D.H. Sedrakian & R.A. Krikorian, soumis à *Nuovo Cimento B*.

« Kilometric arrays of 27 telescopes : studies and prototyping for elements of 0.2 m, 1.5 m and 12-25 m size », A. Labeyrie, *SPIE volume 3350*, Astronomical interferometry, Kona, 20-24 March 1998.

« Present performance of the dark-speckle coronagraph », A. Boccaletti, C. Moutou, A. Labeyrie, D. Kohler & F. Vakili, *A&A S* **133**, 629, 1998.

« Exo-Earth Discoverer, a free-flyer interferometer for snapshot imaging and coronagraphy », A. Labeyrie, in Proc. of the *conf. extrasolar planets : formation, detection and modelling*, Lisbon, 17 April-1 May 1998.

« Search for C60+ in the ISO spectrum of the reflection nebula NGC7023 », C. Moutou, K. Sellgren, A. Léger & L. Verstraete, *A&A*, 1998, sous presse.

« PAHs in reflection nebulae and fullerenes in the ISM », C. Moutou et al, 1998, « *Solid matter in the ISM : the ISO revolution* », Eds. Joblin, Jones and d'Hendecourt, sous presse.

« Numerical simulations of the Exo-Earth Discoverer », A. Boccaletti, P. Riaud, C. Moutou & A. Labeyrie, soumis à *A&A*, Novembre 1998.

« Une technique pour l'astronomie du prochain millénaire », A. Labeyrie, *Terres Marines* n° 15, 30-33, 1998.

« Evolution of Dust Shells and Jets in the Inner Coma of Comet C/1995 01 (Hale-Bopp) », O. Lardièrre, J.-C. Merlin & S. Garro, 1998, *Earth Moon and Planets* (Special Issue on Comet Hale-Bopp).

« Conservation laws for multilevel transfer problems », A. Nikoghossian, R.A. Krikorian, à paraître dans *Astrofizika*, 1999.

« Light rays in gravitating and refractive media : A comparison of the field to particle and Hamiltonian approaches », à paraître dans *Astrofizika*, 1999.

« Superfluidity in relativistic rotating frames », R. Krikorian and D. Sedrakian, en préparation.

« Relativistic radiation transport according to Noonans's theory of the photon in a refractive and gravitational medium », R. Krikorian, en préparation.

« Refined laboratory simulations of dark-speckle coronagraphy », A. Boccaletti, C. Moutou, L. Abe & A. Labeyrie, soumis à A&A, Mars 1999.

« Further laboratory simulations of the dark-speckle method », A. Boccaletti, C. Moutou & L. Abe, soumis à A&A.

« A hierarchical phasing algorithm for multi-element optical interferometers », E. Pedretti & A. Labeyrie, A&AS **137**, 1, 1999.

« Feasibility of laser-trapped membrane mirrors in space », A. Labeyrie, in Proc. of *Ultralight space optics challenge workshop*, Napa Valley, March 24-25, 1999.

« Design solutions for extremely large telescopes and their interferometric uses », A. Labeyrie, Workshop *On extremely Large Telescopes*, Sweden, June 1999.

« Snapshot coronagraphy with an interferometer in space », A. Boccaletti, P. Riaud, C. Moutou & A. Labeyrie, à paraître dans *Icarus*.

« A Multiple-Mirror Telescope concept for a very compact 50-m Extremely Large Telescope », L. Arnold, ELT Workshop Proc., Sweden, 1999, in press.

« The OVLA 1.5 m primary as a segment for an Extremely Large Telescope ? », L. Arnold, O. Lardière & J. Dejonghe, ELT Workshop Proc., Sweden, 1999, in press.

Présentations à des congrès

J. Dejonghe, L. Arnold, O. Lardière, J. P. Berger, C. Cazalé, S. Dutertre, D. Kohler, D. Vernet, « The OVLA prototype telescope : status report and perspective for large mosaic mirror », *SPIE Conference 3352*, Kona, Hawaii, March 1998.

O. Lardière, L. Arnold, J. Dejonghe, J.-P. Berger, C. Cazalé, A. Labeyrie, & D. Mourard, « The OVLA prototype telescope control system », *SPIE Conference 3351*, Kona, Hawaii, March 1998.

A. Labeyrie, « Kilometric arrays of 27 telescopes : studies and prototyping for elements of 0.2 m, 1.5 m and 12-25 m size », *SPIE volume 3350, Astronomical interferometry*, Kona, Hawaii, 20-24 March 1998.

D. Mourard, N. Thureau, P. Antonelli, P. Bério, J.C. Blanc, A. Blazit, J.L. Boit, D. Bonneau, P. Chesneau, J.M. Clause, J.M. Corneloup, R. Dalla, M. Dugue, A. Glentzlin, L. Hill, A. Labeyrie, J. Le Merrer, S. Menardi, G. Merlin, G. Moreaux, R. Petrov, S. Rebattu, K. Rousselet-Perraut, Ph. Stee, I. Tallon-Bosc, J. Trastour, F. Vakili, C. Verinaud, C. Voet and G. Waultier, « The GI2T/RE-GAIN interferometer », *SPIE-3350*, Kona, April 1998.

A. Labeyrie, « Exo-Earth Discoverer, a free-flyer interferometer for snapshot imaging and coronagraphy », in Proc. « *Extrasolar Planets : formation, detection and modelling*, inv. conference », Lisbonne, 27 April-1 May 1998.

A. Labeyrie, « Direct searches : imaging, dark speckle and coronagraphy », in *NATO ASI Planets outside the Solar System*, conférencier invité, Cargèse, Corse, 5-15 mai 1998.

A. Labeyrie, « NGST Planetary coronagraphic imager, a proposed coronagraphic and dark-speckle imager with integral field spectrography », *Workshop « The Next Generation Space Telescope : Science Drivers and Technological Challenges »*, 34th International Astrophysical Colloquium, Liège, 15-18 juin 1998.

A. Boccaletti, « La méthode des speckles noirs », Séminaire DESPA, Observatoire de Paris-Meudon, 26 février 1999.

E. Pedretti, « Phasing algorithms for multi-element optical interferometers », to appear in *Working on the Fringe*, Dana Point (USA), PASP, May 1999.

A. Boccaletti, poster « Coronagraphie sur NGST, NEF : NGST Exo-planet Finder », Forum du Programme National de Haute-Résolution Angulaire en Astronomie, Grenoble, 14-16 juin 1999.

A. Labeyrie, « Exo-Earth Imager for exo-planet snapshots with resolved detail », *Working on the Fringe*, Dana Point (USA), May 1999.

A. Labeyrie, « Réseaux Imageurs post-VLTI », Forum du Programme National de Haute Résolution Angulaire en Astronomie, Grenoble, 14-16 juin 1999.

Conférences publiques et enseignements

« Quelques applications physiques de la théorie des tétrades », R.A. Krikorian, Université d'État d'Erevan, septembre 1998.

« Equations de Maxwell dans les référentiels en rotation relativiste », R.A. Krikorian, Université d'État d'Erevan, septembre 1998.

« Direct searches : imaging, dark speckle and coronagraphy », A. Labeyrie, in *NATO ASI Planets outside the Solar System*, conférencier invité, Cargèse, Corse, 5-15 mai 1998.

« À la recherche des planètes extrasolaires et de la vie dans l'Univers », A. Labeyrie, Aix-en-Provence, 9 octobre 1998.

Étudiants en thèse :

Anthony Boccaletti : « Coronagraphie et speckles noirs pour l'imagerie de planètes extra-solaires ».

Christian Bracco : « Détection des ondes gravitationnelles par imagerie » (Thèse soutenue le 15 octobre 1998, à l'Observatoire de Haute-Provence).

Olivier Lardière : « Télescopes automatiques et grands interféromètres optiques : architecture électronique et logicielle ».

Ettore Pedretti : Thèse entamée sur les « techniques de mise en phase pour les interféromètres à ouvertures multiples ».

A. Labeyrie, membre Jury de thèse :

— Sébastien Morel (Université Paul Sabatier, Toulouse III, novembre 1998).