

## **Astrophysique observationnelle**

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

### **Cours à Paris et à Marseille (Université de Provence)**

Le cours de cette année poursuit l'étude des questions liées aux progrès de la résolution angulaire en astronomie optique.

La perspective de parvenir à mettre en service, au sol avant de le faire dans l'espace, de grands interféromètres groupant par exemple vingt-sept télescopes de 8 mètres nous a conduits à examiner le genre de science que pourront produire de tels instruments. La possibilité d'obtenir directement au foyer recombinaison des images utilisant efficacement l'énergie captée, grâce au principe de la pupille densifiée présentée les années précédentes, permet d'accéder à des images d'objets compacts peu lumineux.

Il est probable en effet que les techniques d'étoile laser, mises en œuvre sur chacune des sous-ouvertures, permettront de rendre plus brillants les objets faibles et donc de pousser la magnitude limite. L'observation des planètes extra-solaires, et d'objets extra-galactiques devrait ainsi devenir possible avec une résolution atteignant dix ou cent micro-secondes d'arc.

A l'occasion d'un stage à l'Observatoire de Haute-Provence, Ettore Pedretti a pu entamer les simulations numériques d'un nouvel algorithme destiné à mettre en phase 27 télescopes. Ses premiers résultats montrent qu'une convergence rapide est obtenue, même sur des objets bien résolus, en procédant de façon hiérarchisée par triplets d'ouvertures : la figure d'interférence engendrée par un triplet d'ouvertures a l'apparence d'une trame hexagonale « nid d'abeilles » que l'on centre en ajustant deux des phases.

En superposant trois images ainsi traitées, provenant de trois triplets d'ouvertures, apparaît une trame « nid d'abeilles » plus fine qu'il faut encore centrer en agissant sur deux phases, en utilisant cette fois un critère de netteté. Le processus est répété avec 27 ouvertures. Appliqué simultanément en plusieurs couleurs, l'algorithme utilise enfin une méthode d'analyse des excédents fractionnaires pour

passer des solutions de mise en phase monochromatiques à la solution égalisant les chemins optiques en lumière blanche.

Les résultats sont spectaculaires, montrant la formation d'image d'une étoile triple, ou d'une étoile de diamètre résolu, dont les taches deviennent visibles. Il reste à préciser les limitations de la convergence, notamment pour les objets colorés complexes. Il reste aussi à comparer différentes variantes entre elles et avec les autres algorithmes possibles.

L'utilisation des informations chromatiques dans les images fournies par un réseau de télescopes est intéressante pour l'analyse spectrale des sources, qui fournit des informations très riches sur les conditions physiques, mais aussi pour la mise en phase de l'interféromètre. Les techniques dites de « spectrographie intégrale de champ », auxquelles a beaucoup contribué l'Observatoire de Marseille, semblent très adaptées au cas d'un réseau comportant de nombreux télescopes et un recombineur à pupille densifiée. En particulier, l'utilisation d'une grille de micro-lentilles remplaçant la fente d'entrée d'un spectrographe permet d'obtenir un spectre pour chaque élément d'image, les micro-images de la pupille formées par chaque lentille se comportant comme autant de fentes.

Les perspectives de construction de grands miroirs, et d'interféromètres les utilisant, dépendent fortement des progrès en cours en matière de miroirs légers et peu coûteux. Après le succès du miroir actif de 3,5 m qui équipe le New Technology Telescope à l'Observatoire Européen Austral, il apparaît que la voie des miroirs actifs, et de mosaïques formées de tels éléments, est devenue la plus prometteuse. Pour préparer la construction de l'interféromètre « Optical Very Large Array », à 27 télescopes de 1,5 m, un miroir actif de 1,5 m, un verre ordinaire épais de 24 mm a été construit en collaboration par l'Observatoire de Haute-Provence (CNRS) et le Collège de France.

Mis en forme par moulage, recuit, puis poli, le miroir a été posé sur une trentaine d'actuateurs. Un analyseur d'onde, installé au centre de courbure avec un correcteur d'Offner à deux lentilles, donne la carte des déformations par la méthode de Roddier, où deux images défocalisées sont exploitées pour obtenir les courbures. Il est ainsi possible de corriger la forme du miroir très flexible.

Ces résultats encourageants laissent entrevoir la possibilité de fabriquer de grandes mosaïques en verre ordinaire, vingt fois moins coûteuses que les vitrocéramiques à faible dilatation utilisées depuis quelques décennies pour les miroirs massifs des grands télescopes, mais aussi pour les segments épais de 75 mm du télescope Keck. Le premier miroir est destiné à équiper le télescope prototype de l'interféromètre OVLA.

L'ambitieux projet de la NASA concernant un successeur du télescope Hubble, le « Next Generation Space Telescope » entre dans une phase active de préparation. L'un des objectifs concerne la détection des planètes extra-solaires, objectif maintenant affiché par la NASA comme l'une de ses priorités. La NASA évoque

aussi la perspective de construire ultérieurement une flottille de télescopes similaires, volant indépendamment mais selon une géométrie contrôlée avec grande précision pour recombinaison interférométriquement les images.

Le télescope Hubble aurait peut-être déjà obtenu des images d'exo-planètes si la « Faint Object Camera » construite dans ce but par l'Agence Spatiale Européenne n'avait été rendue inopérante, dans son mode coronographique, par le défaut de construction du télescope. Depuis la proposition que j'avais faite en 1976, qui entraîna la construction de cette caméra, la possibilité d'un gain appréciable est apparue en appliquant la méthode dite des « tavelures noires », dont j'avais dans un cours précédent décrit le principe avant de le publier.

Avec plusieurs groupes européens et américains, nous proposons pour le NGST un coronographe utilisant ce principe. L'instrument pourrait comporter un masque de phase, selon l'idée proposée par F. et C. Roddier, dont l'avantage théorique est de rétrécir la tache aveugle entourant l'étoile dans le champ. Un spectrographe pourrait permettre de rechercher sur les planètes détectées la présence de bandes spectrales analogues à celle de la chlorophylle.

Le miroir de 8 m devra être fort léger, et la solution, mentionnée les années précédentes, comportant une membrane piégée dans des ondes stationnaires de lumière cohérente, pourrait être étudiée.

Des études poussées sont engagées de part et d'autre de l'Atlantique pour de petits interféromètres spatiaux destinés à l'astrométrie de position. Dans cette voie, une géométrie différente qui semble intéressante utiliserait comme support une structure de poutrelles formant un icosaèdre, et portant de petits miroirs pour observer simultanément dans les douze directions correspondant aux axes de l'icosaèdre. Dans chaque direction, un télescope dilué formé de cinq petits miroirs et d'un miroir secondaire fournirait une image à haute résolution. La bonne rigidité mécanique de l'icosaèdre s'accompagne d'une bonne rigidité des solutions mathématiques permettant de restituer les positions des étoiles. Le principe semble extrapolable, pour atteindre de grandes bases, au cas d'une flottille icosaédrique sans liens matériels entre les éléments, mais l'efficacité des stratégies de balayage reste à étudier.

L'idée de telles flottilles pour obtenir de grands interféromètres dans l'espace, que j'avais avancée dans les années 80, semble être en passe de s'imposer pour les dimensions dépassant quelques dizaines de mètres. Le projet DARWIN de l'Agence Spatiale Européenne est basé sur cette approche, et les études américaines semblent aussi évoluer dans cette direction après s'être longtemps cantonnées aux systèmes rigides déployables.

Il semble possible d'agrandir ainsi les bases jusqu'à une centaine de kilomètres, mais peut-on espérer aller beaucoup plus loin ? La limitation principale provient du débit de photons par élément résolu sur l'objet observé. Les quelques cas connus de ce que l'on croit être des étoiles à neutrons émettant de la lumière,

dont quelques pulsars, pourraient en principe être observés avec des bases atteignant 100 000 km si la luminance extrême de l'objet central, large de quelques dizaines de kilomètres, n'est pas atténuée par des enveloppes diffusantes. Quelques éléments de solutions techniques envisageables pour ce type d'observation ont été évoqués au cours.

Avant d'installer dans l'espace de grands systèmes optiques, l'évolution des télescopes au sol devrait se poursuivre tant que leur usage restera rentable vis-à-vis des télescopes spatiaux. Plusieurs groupes étudient actuellement des télescopes géants, comportant une monture unique pour un miroir mosaïque léger dont la dimension pourrait atteindre 100 m, comme c'est le cas pour certains radio-télescopes. L'étude entamée en Suède pour un télescope de 25 m s'oriente maintenant vers des dimensions plus grandes, et vers la mise en œuvre de déformations adaptatives sur le miroir primaire lui-même, qui pourrait comporter des éléments minces de 10 cm portés par des actuateurs.

L'Observatoire Européen Austral n'a pas encore achevé son grand projet comportant quatre télescopes de 8 m, mais étudie déjà un télescope de 100 m. A l'Observatoire de Haute-Provence, un nouveau type de monture « à cage sphérique » a fait l'objet d'un début d'étude et semble présenter une structure plus simple et plus versatile que celles envisagées pour ces télescopes géants, et permettant d'utiliser trois degrés de liberté angulaire, ce qui est utile pour relier interférométriquement plusieurs télescopes.

A. L.

#### SÉMINAIRES D'ASTROPHYSIQUE GÉNÉRALE AU COLLÈGE DE FRANCE

Jean SURDEJ, (*Institut d'Astrophysique, Université de Liège, Belgique*) : Quasars et lentilles gravitationnelles.

Patrice CORPORON, (*Observatoire de Grenoble*) : La binarité des étoiles de Herbig vue par l'optique adaptative et la spectroscopie.

Rosine LALLEMENT, (*Service d'Aéronomie du CNRS, Verrières-le-Buisson*) : L'environnement solaire : de la surface du soleil aux parois de la Bulle Interstellaire Locale.

Valerio FARAONI, (*Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, British Columbia, Canada*) : Can we detect gravitational waves using their effect as gravitational lenses ?

Jacques LASKAR, (*Bureau des Longitudes, Paris*) : Mouvement chaotique des planètes et organisation du Système Solaire.

Pascale EHRENFREUND, (*Leiden Observatory, University of Leiden, The Netherlands*) : Des glaces interstellaires et cométaires à l'origine de la vie : les apports du satellite ISO.

Jean SCHNEIDER, (*Observatoire de Paris-Meudon*) : Développements récents dans l'étude des planètes extra-solaires.

Sylvie VAUCLAIR, (*Observatoire Midi-Pyrénées*) : Le Soleil sismique.

Christoffel WAELKENS, (*Katholieke Universiteit Leuven, Belgique*) : Comètes et disques circumstellaires.

### **Travaux des groupes associés à la chaire**

Le groupe informel contribuant aux recherches de haute résolution angulaire comprend, sur plusieurs sites, des chercheurs, techniciens et étudiants appartenant à des établissements différents, notamment l'Observatoire de Haute-Provence (CNRS) et l'Observatoire de la Côte d'Azur qui exploite et perfectionne sur le site de Calern le Grand Interféromètre à 2 Télescopes (GI2T). Le polissage de miroirs est effectué par D. Vernet dans un atelier installé à Grasse.

**Observations interférométriques avec le GI2T** (Farokh Vakili, Denis Mourard, Daniel Bonneau, Alain Blazit)

Cet instrument qui reste unique avec ses deux télescopes de 1,5 m espacés de 67 m, et sa combinaison de résolution angulaire et spectrale, a été équipé cette année d'un nouveau système de recombinaison, la table REGAIN construite à Marseille par le Laboratoire d'Astronomie Spatiale. L'observation a été suspendue pour ces aménagements importants, mais l'analyse de données antérieures a fourni la matière d'articles sur l'atmosphère en expansion de l'étoile P Cygni et le disque entourant l'étoile gamma Cassiopee. Des perfectionnements apportés aux algorithmes de réduction des images ont permis d'en extraire une information plus fine.

**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, Antoine Labeyrie)

Cette année a vu la mise en route et les essais en laboratoire de la partie la plus difficile du télescope prototype : le miroir actif de 1,5 m. Ces essais s'avèrent concluants et prouvent qu'il est possible de piloter une trentaine de petits moteurs pour contrôler la forme d'un miroir mince (24 mm) en verre ordinaire peu coûteux avec la tolérance requise, de l'ordre d'une centaine de nanomètres. Les essais de guidage de la monture boule ont par ailleurs repris avec un nouveau logiciel de pilotage, et donnent également des résultats positifs. Une nouvelle solution mécanique concernant le translateur hexapode a été étudiée, et une maquette réalisée.

**Coronographie et tavelures noires pour l'imagerie d'exo-planètes** (Anthony Boccaletti, Claire Moutou, Dominique Kohler, Farokh Vakili, Antoine Labeyrie)

La méthode dite des tavelures noires (« dark speckle imaging »), d'abord mentionnée à l'occasion d'un cours des années précédentes, apparaît maintenant

comme un complément utile aux méthodes d'observation coronographiques mises en œuvre au sol et dans l'espace pour l'imagerie d'exo-planètes.

Une seconde mission d'observation au sol, effectuée en Septembre à l'Observatoire de Haute-Provence, a permis d'essayer un correcteur de Wynne permettant d'élargir la bande spectrale utilisée et de découvrir deux compagnons stellaires. Pour pousser la sensibilité, il est maintenant envisagé de construire une caméra à comptage de photons utilisant un tube à CCD bombardé.

L'instrument « Faint Source Coronagraphic Camera » proposé à la NASA, en collaboration avec d'autres équipes américaines et européennes, pour le télescope Hubble, n'a pas été retenu, mais il fait, sous une forme améliorée, l'objet d'une nouvelle proposition pour le futur « Next Generation Space Telescope ».

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

Un nouveau concept mécanique de monture orientable, adapté aux grands télescopes, a été étudié de façon préliminaire à l'Observatoire de Haute-Provence. La mise en phase de miroirs mosaïques fait l'objet d'une collaboration avec l'Observatoire de Marseille, où une méthode nouvelle est d'ores et déjà expérimentée sur des petits éléments.

Un rapprochement avec l'équipe suédoise de Lund qui étudie un télescope de 25 à 50 m a été entamé et concrétisé par une visite de deux responsables à l'Observatoire de Haute-Provence et l'Observatoire de Marseille.

**Études préliminaires d'interféromètres dans l'espace** (Antoine Labeyrie)

Un concept amélioré d'interféromètre spatial est proposé à l'Agence Spatiale Européenne dans le cadre de ses études entamées sur la faisabilité de réseaux optiques larges de plusieurs kilomètres, études qui prolongent celles entamées dans les années 1980 par A. Labeyrie pour le projet TRIO. Le « Exo-Earth Discoverer » proposé forme des images à pupille densifiée qui sont exploitables par coronographie lorsque l'on veut observer les abords d'une source brillante, par exemple pour voir les planètes d'une étoile proche.

L'utilisation de miroirs auxiliaires, voguant à grande distance pour permettre l'observation d'étoiles à neutrons avec des bases de 10 000 à 100 000 km, a fait l'objet d'un début d'étude.

**Théorie de la gravitation** (Ralph Krikorian, Christian Bracco)

Ralph Krikorian et Christian Bracco ont continué indépendamment leurs travaux en théorie de la gravitation et publié plusieurs articles dans ce domaine. Dans le cadre de sa thèse, Christian Bracco a également poursuivi ses observations de photométrie rapide sur le pulsar du Crabe et des étoiles à oscillations quasi-périodiques. Ses calculs concernant l'existence d'une scintillation induite par les ondes gravitationnelles confirment les résultats d'auteurs qui avaient conclu à l'absence d'effet observable, et s'opposent donc aux conclusions d'autres auteurs, dont celles de A. Labeyrie qui avaient été évoquées dans les cours des années

précédentes. Il reste cependant utile de poursuivre les tentatives d'observation de tels effets.

### **Observations avec le Infra-red Space Observatory (ISO) (Claire Moutou)**

Claire Moutou, bénéficiant du poste d'ATER affecté à la Chaire d'Astrophysique Observationnelle par le Collège de France, a pu continuer le travail de réduction d'observations du télescope ISO qu'elle avait entamé à l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay. Elle a publié plusieurs articles sur l'identification de bandes interstellaires diffuses et les nébuleuses par réflexion. La fin de vie du satellite ISO ayant eu lieu comme prévu cette année, Claire Moutou a entamé de nouveaux projets concernant la coronographie stellaire et la recherche d'exoplanètes.

### PUBLICATIONS

« Influence functions of a thin shallow meniscus-shaped mirror », L. Arnold, *Applied Optics* **36**, 2019-2028, 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, *A&A* **317**, 789-792, 1997 (Février).

« Subtle structures in the wind of P Cygni », F. Vakili, D. Mourard, D. Bonneau, F. Morand and Ph. Stee, *A&A* **323**, 183, 1997.

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

« An attempt to detect polarization effects in the envelope of  $\gamma$  Cas with the GI2T interferometer », K. Rousset-Perraut, F. Vakili, D. Mourard, F. Morand, D. Bonneau and Ph. Stee, *A&AS* **123**, 173, 1997.

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

« Removing the photon-centroiding hole in optical stellar interferometry », P. Berio, F. Vakili, D. Mourard, D. Bonneau, *A&AS* **129**, 609, 1998.

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

« Preliminary results of dark-speckle stellar coronagraphy », A. Boccaletti, A. Labeyrie, and R. Ragazzoni, *A&A*, 1998, sous presse.

« 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, *A&A*, sous presse.

« 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**, 787-794, 1997.

« Qualité optique et grands diamètres : “ vérifiez avant d’acheter ! ” », S. Debryne, D. Vernet, *L’Astronomie* **112**, pp. 13-22, Janvier 1998.

« La percée attendue des télescopes géants interférométriques », A. Labeyrie, *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. **325**, Série IIb, p. 45-50, 1997.

« Re-analysis of scintillations effects from gravitational waves », C. Bracco, *A&A* **321**, 985-990, 1997.

« Gravitational wave detection : an optical approach », Bracco, Ch. Tanvir N.R. *et al. (eds.) 37th Herstmonceux conference. The Hubble Space Telescope and the high redshift universe. World Scientific.* Singapore, 459-460.

« Les yeux de la Terre : l’interférométrie à télescopes multiples », A. Labeyrie, *Pour la Science* (en préparation).

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

« On the inner envelope of the Be star gamma Cassiopeiae », Ph. Stee, F. Vakili, D. Bonneau, D. Mourard, *A&A* **332**, 268, 1998.

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

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

« Optical data storage in microfibers », A. Labeyrie, J. P. Huignard and B. Loiseaux, *Optics Letters*, **23**, 4, pp. 301-303, 1998.

« Interferometric Observations of Non-Spherical Winds », F. Vakili, *IAU Co.* **169**, 13, 1998.

« Evidence for one-armed oscillations in the equatorial disk of zeta Tauri from GI2T spectrally resolved interferometry », F. Vakili, D. Mourard, Ph. Stee, D. Bonneau, P. Berio, O. Chesneau, N. Thureau, F. Morand, A. Labeyrie, I. Tallon-Bosc, *A&A* **335**, 26, 1998.

« Note on Fermat’s principle in general relativity », R.A. Krikorian, *Il Nuovo Cimento*, **113B**, N. 4, Avril 1998.

« 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, à paraître.

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

« Search for correlations between Diffuse Interstellar Bands », C. Moutou, J. Krelowski, L. d’Hendecourt, J. Jamoraszcz, *A&A*, 1998, sous presse.

« 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.

« Identification of new IR features at 15.8 and 16.4 microns in ISO spectrum of NGC7023 », C. Moutou, K. Sellgren, A. Léger & L. Verstraete, en préparation.

« 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.

« Exo-Earth Discoverer, a free-flyer interferometer for snapshot imaging and coronagraphy », A. Labeyrie, en préparation.

### Présentations à des congrès

Ph. Stee, D. Mourard, D. Bonneau, L. Koechlin, A. Labeyrie, F. Morand, I. Tallon-Bosc, F. Vakili, « The mean angular diameter of  $\delta$  Cephei measured by optical long-baseline interferometry », *R. Ferlet, J.-P. Maillard, B. Raban (eds.) 12th IAP Astrophysics Meeting, Variable stars and the astrophysical returns of microlensing surveys*. Ed. Frontieres, Gif-sur-Yvette, 407-409, 1997.

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 », *IX<sup>es</sup> Rencontres de Blois*, Juin 1997, à paraître.

C. Moutou, K. Sellgren, A. Léger, L. Verstraete, D. Rouan, M. Werner, M. Giard, « SWS spectrum of the reflection nebula NGC7023 », in « *Star formation with ISO* », Lisbonne, Juin 1998.

C. Moutou, « PAHs in reflection nebulae and fullerenes in the ISM », in « *Solid matter in the ISM : the ISO revolution* », Les Houches, Février 1998.

A. Boccaletti, *Tenerife, ASP Conference, Series « Brown Dwarves and extra-solar planets »*.

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, sous presse.

C. Moutou, « Le Coronographe à tavelures noires », *Journées SFSA à Nice*, 1998.

O. Lardière, L. Arnold, J.-P. Berger, J. Dejonghe, N. Guillermin, « The OVLA prototype telescope control system », *SPIE Conference 3351*, Kona, Hawaii, March 1998, sous presse.

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, 20-24 March 1998, à paraître.

A. Labeyrie, « Exo-Earth Discovered, 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, à paraître.

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, à paraître.

C. Moutou, *participation à l'école de Cargèse sur les planètes extra-solaires (communication (cours) d'A. Labeyrie sur la coronographie)*, Juin 1998.

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

### Conférences publiques et enseignements

« Mieux voir l'Univers », A. Labeyrie, Simiane, juillet 1997 et Saint Michel l'Observatoire, Août 1997.

« Télescopes géants pour mieux voir les étoiles, leurs planètes, et l'Univers lointain », A. Labeyrie, séminaire du *Magistère des Sciences de la Matière*, École Normale Supérieure de Lyon, 25 Novembre 1997.

« La Haute Résolution Angulaire », A. Labeyrie, exposé aux étudiants du DEA *Analyse & traitement des données sur les milieux astrophysiques* de l'Université de Strasbourg, OHP, Mars 1997.

« Projet d'interférométrie et super-télescope », A. Labeyrie, exposé aux étudiants du DEA *Analyse & traitement des données sur les milieux astrophysiques* de l'Université de Strasbourg, OHP, Mars 1998.

« La détection des planètes extra-solaires », C. Moutou, exposé aux étudiants du DEA *Analyse & traitement des données sur les milieux astrophysiques* de l'Université de Strasbourg, OHP, Mars 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 paraître.

**Étudiants en thèse :**

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

Christian Bracco : « Détection des ondes gravitationnelles par imagerie ».

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

A. Labeyrie, membre Jury de thèse :

— Guy Perrin (IAP, Décembre 1996).

— Jérôme Schmitt (Paris VI, IAP, 17 Décembre 1997).