

Astrophysique observationnelle

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

I. Cours et séminaires

Le cours n'a pas eu lieu.

II. Activités de recherche du Laboratoire d'Interférométrie Stellaire et Exo-planétaire (LISE)

Le groupe de recherche LISE associé à la chaire d'Astrophysique observationnelle est hébergé à l'Observatoire de Haute Provence et à l'Observatoire de la Côte d'Azur, où il a rejoint l'UMR Gemini et accroît son activité sur le site de Calern, où pourrait être construit un hypertélescope Carlina-2.

Le personnel du LISE comporte, au 1^{er} septembre 2005, Ralph Krikorian (maître de conférences au Collège de France), Julien Dejonghe (technicien Collège de France), David Vernet (technicien Collège de France), Virginie Borkowski (ATER Collège de France), Olivier Lardièrre (maître de conférences Collège de France). Le LISE accueille actuellement deux doctorants : Sophie Gillet, qui est également professeur agrégé de physique, et Marc Guillon (boursier normalien) ainsi qu'un agent administratif, Vanessa Olivo (emploi jeune).

Frantz Martinache a soutenu sa thèse en juin 2005, après avoir travaillé six mois au télescope Subaru à Hawaïi. Il est actuellement en séjour post-doctoral à Cornell.

Construction d'un hypertélescope Carlina (H. Le Coroller, J. Dejonghe, D. Vernet, F. Martinache, C. Arpesella, A. Labeyrie)

Le prototype Carlina-1 d'hypertélescope a été équipé d'un troisième miroir et d'un correcteur focal pour l'aberration sphérique. Des méthodes pour co-sphériser les miroirs avec une précision atteignant le micron sont étudiées. L'étude entamée

d'une version agrandie Carlina-2 se poursuit par la prospection de sites possibles dans les Alpes du Sud, et à l'étranger, notamment dans le Haut Atlas marocain, en collaboration avec des astronomes de l'Université de Marrakech. Il s'agit notamment de trouver des sites de canyons suffisamment encaissés pour rendre inutile l'utilisation d'un ballon.

Une caméra à comptage de photons, nécessaire pour effectuer des pauses très courtes afin de figer la turbulence et les résidus d'oscillations, a été spécialement étudiée et est en cours de construction. Un densifieur de pupille, permettant de concentrer l'intensité lumineuse sur un petit nombre de franges d'interférence, est également en cours de fabrication.

Le prototype Carlina-1 permettra de valider l'ensemble de la chaîne optique d'un hypertélescope, ouvrant ainsi la voie à des projets de plus grande ampleur.

Analyseur d'onde pour ouvertures diluées par « tavelures dispersées »

(V. Borkowski, F. Martinache & A. Labeyrie)

L'instrument prototype a été amélioré, et le traitement des images obtenues en laboratoire avec une étoile artificielle est entamé par V. Borkowski et F. Martinache.

Coronographie extrême holographique pour l'imagerie des exo-planètes et la recherche de vie extra-solaire (A. Labeyrie)

Le travail a été poursuivi sur le montage de simulation au laboratoire de Calern, mais la perspective de composants améliorés, à matrices de micro-miroirs notamment, utilisables en tant qu'hologramme dynamique, a conduit à mettre ce montage en attente.

Étude d'un imageur hypertélescope pour le Very Large Telescope Interferometer (O. Lardière & V. Borkowski)

O. Lardière a poursuivi, par simulation numérique, l'étude de l'imageur hypertélescope VIDA qu'il a proposé à l'*European Southern Observatory* pour équiper le *Very large Telescope* au Chili. V. Borkowski a fait des simulations numériques afin d'étudier la possibilité d'appliquer la méthode des speckles dispersés au cophasage des télescopes du VLTI.

Les simulations ont montré que pour une configuration avec les quatre télescopes de 8 m, la magnitude limite dans le visible est 4 pour mesurer les erreurs de mise en phase avec une précision coronographique, $\lambda/100$; on peut également espérer atteindre la magnitude 8 pour une précision de $\lambda/10$.

Participation à l'étude du télescope mosaïque de 100 m OWL proposé par l'Observatoire Européen Austral (O. Lardière, V. Borkowski, A. Labeyrie)

Nous avons terminé l'étude, demandée par l'Observatoire Européen Austral, sur la possibilité d'ajouter un mode hypertélescope sur OWL et d'optimiser le

remplissage de sa surface collectrice de 100 m pendant les premières années de sa mise en service. Nous avons montré que la meilleure stratégie de remplissage comporterait des anneaux concentriques, qui permettraient d'observer en faisant une densification de pupille radiale. Cela permettrait, la 1^{re} année, d'intensifier le pic d'interférence d'un facteur 5.6, par rapport à l'image Fizeau, c'est-à-dire sans densification. La 2^e année, le gain serait seulement 2,3. L'intensification est limitée par la contrainte que les segments doivent être jointifs, afin d'asservir leur positionnement relatif au moyen de capteurs situés aux bords. En l'absence de cette contrainte, le gain pourrait être de 16 la 1^{re} année.

Étude d'un hypertélescope spatial *Luciola* de première génération

(A. Labeyrie, O. Lardière, A. Blazit, D. Mourard, M. Brangier, P.O. Giscard, J. Lozi)

Ce travail est poursuivi en expérimentant sur une maquette le pilotage par pression de radiation solaire d'un satellite. À cet effet, la maquette est placée dans une enceinte vitrée et suspendue à un fil de torsion. Bien que l'expérience ne soit pas effectuée sous vide, une déflexion est observée sous l'action du rayonnement solaire. L'auto-pointage vers le soleil n'a pas encore pu être vérifié. Des simulations numériques détaillées de cet auto-pointage ont été programmées et effectuées à l'occasion d'un stage par M. Brangier. Elles ont mis en évidence une configuration dépointée plus stable qui perturbe l'auto-pointage. Une modification de la voile solaire est étudiée pour résoudre ce problème. P.O. Giscard et J. Lozi, pendant leur stage, ont étudié deux variantes du système de métrologie fine par laser destiné à analyser les erreurs de la configuration géométrique. Ils ont aussi simulé numériquement un algorithme utilisant, pour la métrologie grossière à l'échelle du millimètre, des mesures de temps de vol d'impulsions laser. Un article est en préparation pour décrire le concept *Luciola*.

Miroirs piégés par laser (M. Guillon, A. Labeyrie, en collaboration avec R.V. Stachnik et J.-M. Fournier)

Les expérimentations de M. Guillon lui permettent de préciser les conditions permettant de piéger dans l'air des micro-goutelettes d'huile. Un financement de la NASA a permis d'amorcer une collaboration avec des équipes de Harvard, de Bryn Mawr et de l'EPFL à Lausanne. Ces équipes, et celle du LISE, se sont réunies à Lausanne pour confronter leurs approches.

Étude d'un hypertélescope pour le Dôme C (A. Labeyrie)

En attendant la construction d'hypertélescopes dans l'espace, le Dôme C, proche du Pôle Sud, est un site qui semble bénéficier de propriétés atmosphériques exceptionnellement favorables, et notamment de vent très faible. Plusieurs projets d'instruments astronomiques sont proposés, notamment un hypertélescope à télescopes multiples nommé KEOPS, étudié par l'équipe de F. Vakili à l'Université de Nice.

Nous avons étudié un concept différent, nommé Perce-Neige, utilisant une grande structure de hamac suspendue à plusieurs ballons captifs et portant des petits miroirs à chacun de ses nœuds. Le miroir géant dilué ainsi obtenu est pointable au moyen de treuils, et peut donc avoir une forme parabolique. Des calculs de flexion du hamac, en fonction de la hauteur de l'étoile visée, sont encore nécessaires pour déterminer la course des vérins asservis portant chaque miroir, et la dimension maximale de l'ouverture, qui, pourrait être de l'ordre du kilomètre.

Astrophysique théorique et relativité générale (R. Krikorian)

Durant l'année 2005-2006 l'étude de certains problèmes théoriques de superfluidité et de supraconductivité a été poursuivie, en particulier dans le cas des référentiels en rotation.

1) Il a été montré, en collaboration avec D. Sedrakian (Université d'État de Yerevan), que si les neutrons et protons dans le cœur des étoiles à neutrons sont supposés « superfluides », les électrons étant considérés non-superfluides, dans le cadre de la relativité générale, il est possible d'expliquer la génération de champs magnétiques toroïdaux dans les pulsars.

2) Une formulation covariante des équations décrivant la dynamique des filaments tourbillonnaires dans les supraconducteurs de deuxième espèce a été obtenue. Ces équations permettent d'une part d'étudier le processus de relaxation des filaments tourbillonnaires lorsqu'un champ magnétique variable est appliqué, d'autre part d'établir la relation entre l'induction magnétique et la densité des filaments tourbillonnaires dans le cas stationnaire.

Publications

Livre

« An Introduction to Optical Stellar Interferometry », A. Labeyrie, S.G. Lipson & P. Nisenson, Cambridge, 2006.

Articles de vulgarisation

« Des miroirs géants en pointillé », A. Labeyrie, La Recherche, 2005.

« Les hypertélescopes », A. Labeyrie, Pour la Science, 2006.

Articles publiés dans des journaux à comité de lecture

« Longitudinal Optical Binding of High Optical Contrast Microdroplets in Air », M. Guillon, O. Moine, B. Stout, Phys. Rev. Lett. 96, 143902 (2006).

« Field Enhancement in a Chain of Optically Bound Dipoles », M. Guillon, Opt. Exp. 14, 3045 (2006).

« Rotating superconductors and the method of natural invariance », R.A. Krikorian & D.M. Sedrakian, *NuovoCimentoB* 120, 1329, 2005.

« Toroidal magnetic fields in pulsars », D.M. Sedrakian R.A. Krikorian, à paraître dans *Astrophysics*, 2005.

« Covariant formulation of the dynamical equations of quantum vortices in type 2 superconductors », D.M. Sedrakian & R.A. Krikorian, soumis à *Phys. Rev. D*.

Présentations invitées dans des colloques

« Hypertelescope Camera », V. Borkowski, H. Le Coroller, J. Dejonghe, JENAM Liège, juillet 2005.

« Optical Binding in Air », M. Guillon, Proc. PIERS, Cambridge (MA, USA), pp. 437-441 (2006).

« Optics of Laser Trapped Mirrors for Large Telescopes and Hypertelescopes in Space », A. Labeyrie, M. Guillon, J.-M. Fournier, Proc. SPIE San Diego, 2005.

« Optical Trapping in Rarefied Media, Towards Laser-Trapped Space Telescopes », M. Guillon, Proc. SPIE San Diego, 5930, p. 461, 2005.

« Hypertelescope camera », V. Borkowski, ESO workshop « OWL instrument concept », 2005.

« For exo-planet imaging : from ELT's to interferometers and hypertelescopes », A. Labeyrie, IAU Workshop, Villefranche, 2005.

Articles publiés dans des actes de colloques

« Dispersed fringes tracker », V. Borkowski, 2005, Workshop « From VLTI to VLTI-2 », Nice.

« Hypertelescopes without delay lines » (the Carlina Project), V. Borkowski, « Distant worlds », JENAM 2005.

« The dispersed speckles cophasing system for direct imaging with VIDA », « ESO-EII Workshop ».

Conférences publiques

« Imaging extra-solar planets and their vegetation patterns with a 100 km hypertelescope », A. Labeyrie, Conférence publique à l'occasion du 90^e anniversaire de Charles Townes, Berkeley, oct. 2007.

« Les télescopes du futur », A. Labeyrie, Journées de la Science, Université de Nice, 2006.