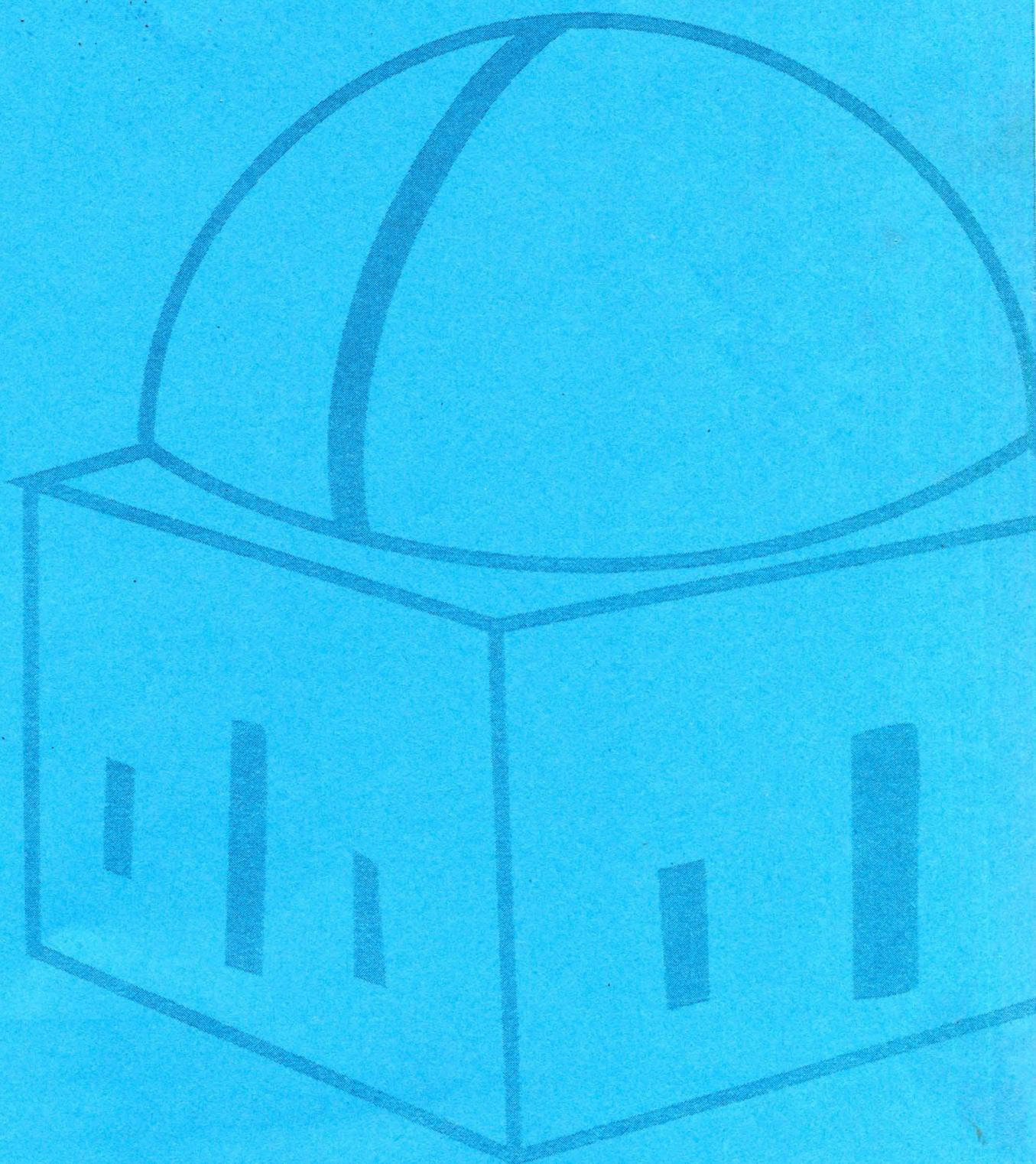


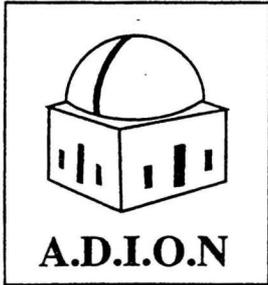
**Association pour le
Développement International de l'Observatoire de Nice**

Association reconnue d'utilité publique par décret du 15 septembre 1966

BULLETIN N° 35 – 36

Années 2001 & 2002



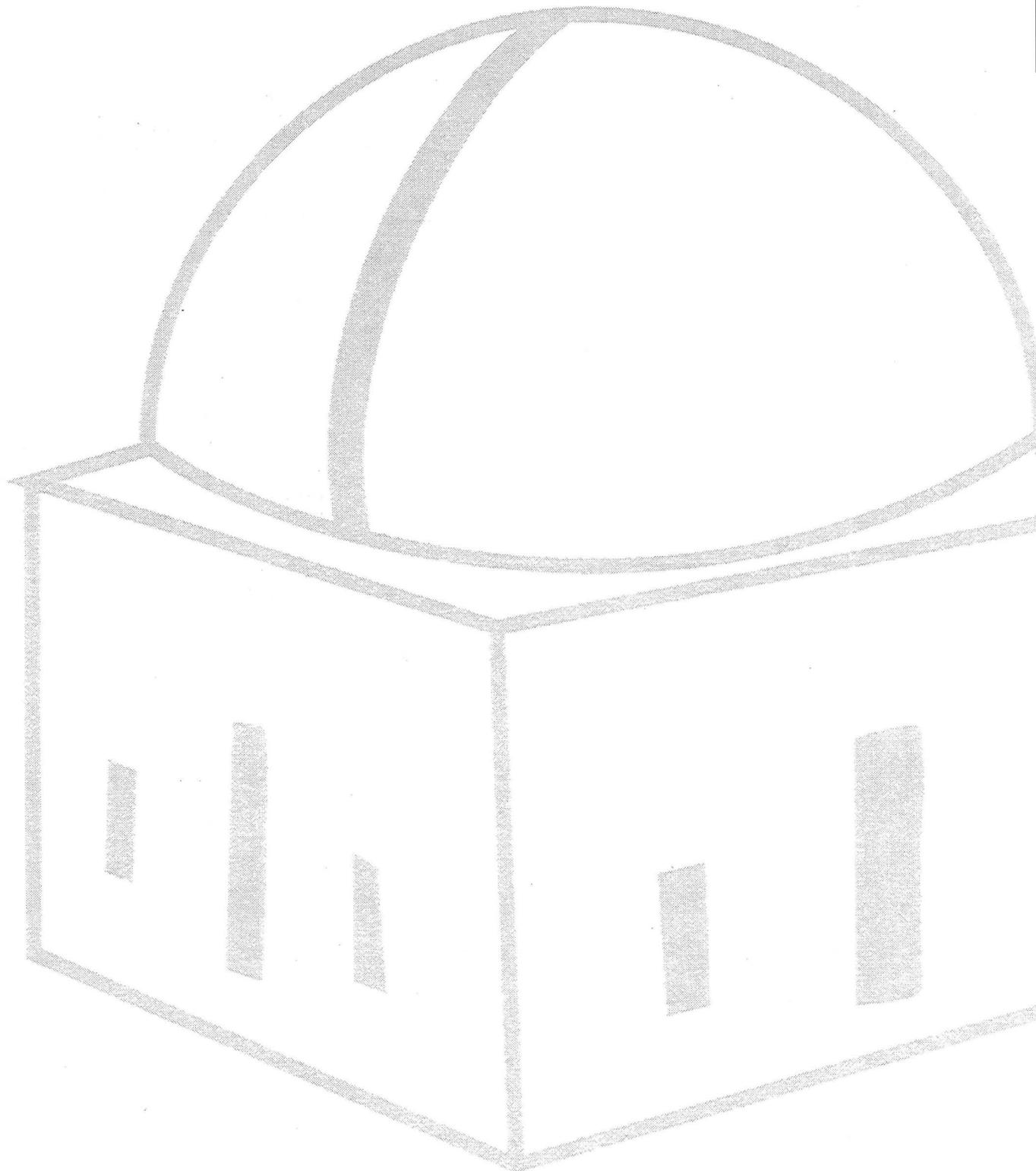


**Association pour le
Développement International de l'Observatoire de Nice**

Association reconnue d'utilité publique par décret du 15 septembre 1966

BULLETIN N° 35 – 36

Années 2001 & 2002



Sommaire

	PAGE
Editorial	3
Présentation de l'ADION	4
Adresses utiles	5
Distinctions honorifiques décernées aux membres de l'OCA	6
Echos d'activités à l'Observatoire de la Côte d'Azur	7
La forme de la Terre : un concept pluridisciplinaire (F.Deleflie,P.Exertier,G.Métris)	9
Invariants au milieu des fluctuations turbulentes (A.Celani,U.Frisch,M.Vergassola)	17
Le Coronographe Interférentiel Achromatique : lutter pour l'extinction (Y.Rabbia)	23
Les chercheurs étrangers à l'OCA en 2001 et 2002	33
Le programme postdoctoral Henri Poincaré	37
Les activités de l'ADION	49
Programme OCA-ADION pour l'année 2001	51
Compte-rendu de l'assemblée générale du 23 mars 2001	53
Rapport financier de l'ADION pour l'exercice 2000	57
Programme OCA-ADION pour l'année 2002	60
Compte-rendu de l'assemblée générale du 19 juillet 2002	61
Rapport financier de l'ADION pour l'exercice 2001	66
La médaille de l'ADION	71
Comité de la médaille de l'ADION	73
Personnalités auxquelles la médaille a été attribuée	74
Eloge du lauréat de la médaille 2000, W. Dziembowski (G.Berthomieu)	75
Présentation des lauréats des médailles 2001 et 2002	78
Bulletin d'adhésion	81
Membership form	82

Editorial

Pour ce numéro double du Bulletin de l'ADION qui couvre les années 2001 et 2002 vous sont proposées trois communications mettant en valeur chacun des trois départements scientifiques de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA). La géodésie spatiale est depuis longtemps l'un des points d'excellence de notre institut avec une équipe qui est aujourd'hui fortement impliquée dans l'exploitation des satellites récemment lancés ou programmées sur cette thématique. Aussi Pierre Exertier, Gilles Métris et Florent Deleflie, du département CERGA, ont-ils été sollicités afin de vous présenter les derniers développements de ces travaux bien sûr centrés sur une description de la forme de la Terre par la mesure de son champ gravitationnel mais qui irriguent également toutes les sciences de la Terre. Les activités scientifiques du département Cassini en dynamique des fluides, turbulence et phénomènes d'intermittence sont elles aussi reconnues au plus haut niveau international. D'importants progrès ont été enregistrés dans ces domaines connexes, en particulier avec la mise en évidence d'un ordre dans le désordre ou, pour être plus rigoureux, de la conservation de certaines grandeurs statistiques dans les écoulements turbulents, la présence de ces invariants expliquant par ailleurs les lois d'échelle anormales suivies par les grandeurs scalaires associées au fluide. L'article signé par Uriel Frisch, Massimo Vergassola et Andrea Celani vous permettra de mieux cerner ces résultats récents. Le savoir-faire interférométrique du département Fresnel de l'OCA et la maîtrise des techniques instrumentales et optiques par nos collègues ont quant à eux trouvés à s'illustrer brillamment autour d'un nouveau type de coronographe capable d'imager la très proche banlieue des étoiles sans être ébloui afin d'y déceler la présence d'exoplanètes. Les concepts mis en œuvre, les caractéristiques des divers prototypes et les développements sol et espace en cours ou envisagés vous sont présentés par Yves Rabbia avec la fougue qu'on lui connaît.

La qualité des recherches conduites à l'OCA est aussi manifeste à travers les distinctions honorifiques venant saluer les compétences et les réalisations de ceux ainsi honorés. C'était le cas en 2002 des membres de l'équipe du Laser Lune (CERGA) ainsi que de MM Tristan Guillot et Jean-Pierre Rivet (Cassini); sincères félicitations.

Témoignent également de ce dynamisme scientifique les nombreuses invitations faites en direction de nos collègues étrangers pour des séjours parfois de plusieurs mois, voire d'une année ou plus pour les étudiants en thèse ou en séjour postdoctoral. La liste de ces visiteurs pour les deux dernières années vous est communiquée avec pour chacun le sujet de collaboration. Une place particulière est à nouveau réservée aux résultats obtenus par les boursiers "Henri Poincaré" de l'OCA au cours de cette période. La sélection 2003 des candidats retenus au titre de ce programme postdoctoral cofinancé par le CNRS et le Conseil Général des Alpes-Maritimes ainsi que son résultat sont par ailleurs portés à votre connaissance.

La remise de la Médaille de l'ADION représente toujours un événement important de la vie de notre association. Prononcé à cette occasion en 2001, l'éloge de Wojteck Dziembowski, lauréat de la médaille 2000, a été rédigé par Gabrielle Berthomieu. Mme Margaret Geller et M. Rainer Weiss ont été distingués pour 2001 et 2002. Un résumé de l'impact de leurs recherches vous est fourni. Les cérémonies de remise de ces deux médailles auront lieu cette année et nous espérons que vous pourrez vous libérer pour assister à ces moments privilégiés.

En vous souhaitant une agréable lecture, bien cordialement,

Eric SLEZAK
Secrétaire Général de l'ADION

PRÉSENTATION DE L'ADION

L'ADION a été créée en 1962 :

« ... L'Association dite ASSOCIATION POUR LE DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL DE L'OBSERVATOIRE DE NICE a pour but de favoriser les activités internationales de l'Observatoire de Nice [...] d'attribuer à des chercheurs français et étrangers des bourses d'études ou des subventions [...] d'organiser régulièrement des colloques et symposiums sur l'Astrophysique ... »

Extrait des Statuts - conformes à la Loi sur les Associations dite « LOI 1901 »

L'ADION a été reconnue d'Utilité Publique en 1966.

Siège social

Observatoire de la Côte d'Azur
Boite Postale n°4229
Boulevard de l'Observatoire
06304 Nice Cedex 4
France

Composition du Conseil (2000-2004)

Président	Hans SCHOLL
Vice-Présidente	Hélène FRISCH
Trésorière	Catherine RENAUD
Secrétaire Général	Eric SLEZAK
Membres	Danièle BENOTTO Renata FELDMAN Alain NOULLEZ Philippe STEE jean-Claude THOREL

Membres d'honneur de l'ADION

Monsieur le Préfet des Alpes-Maritimes
Monsieur le Maire de la Ville de Nice
Monsieur le Directeur des Enseignements Supérieurs
Monsieur le Recteur de l'Académie de Paris
Monsieur le Recteur de l'Académie de Nice
Monsieur le Président de l'Université de Nice-Sophia-Antipolis

Adresses utiles

Observatoire de la Côte d'Azur

Observatoire de Nice

Boulevard de l'Observatoire
Boite Postale n°4229
06304 Nice Cedex 4

Téléphone : 04 92 00 30 11

Télécopie : 04 92 00 30 33

Observatoire de Calern

2130, Route de l'Observatoire
Caussols
06460 Saint Vallier de Thiey

Téléphone : 04 93 40 54 54

Télécopie : 04 93 40 54 33

CERGA

Avenue Copernic
Roquevignon
06130 Grasse

Téléphone : 04 93 40 53 53

Télécopie : 04 93 40 53 33

A.D.I.O.N.

Observatoire de la Côte d'Azur

Boulevard de l'Observatoire

BP n°4229

F - 06304 Nice Cedex 4

France

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

Tristan GUILLOT

Chargé de Recherche au CNRS ; département G.D. Cassini

a été **médaille de bronze du CNRS** au titre de l'année 2002. Cette distinction récompense les premières simulations numériques cherchant à modéliser les détails de structure et de composition chimique des exoplanètes géantes très proches de leur primaire.

Jean-Pierre RIVET

Chargé de Recherche au CNRS ; département G.D. Cassini

a été fait **Chevalier dans l'ordre des Palmes Académiques** par l'Education Nationale en 2002. Cette distinction récompense ses nombreuses activités pédagogiques visant aussi bien les étudiants des différents cycles scolaires et universitaires que le grand public (visites diurnes et nocturnes, nuits "coupoles ouvertes" de l'OCA, "Science en Fête", etc.).

L'Équipe du Laser Lune

du département CERGA

a été honorée en 2002 par un **award** de la *National Space Development Agency of Japan* pour l'obtention en décembre 2001 des premiers echos laser sur le satellite artificiel LRE et la première détermination de son orbitographie qui en a résultée.

L'ADION adresse toutes ses félicitations aux lauréats.

ÉCHOS d'ACTIVITÉS
à
l'OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR

La forme de la Terre : un concept multidisciplinaire

Florent Deleflie, Pierre Exertier, Gilles Métris

Département CERGA

<http://wwwrc.obs-azur.fr/cerga/gmcl/>

Le lancement et la programmation de nouvelles missions spatiales d'étude du champ de gravité terrestre -CHAMP, lancée en 2000, GRACE, lancée en 2002, et GOCE prévue pour 2005- font entrer pleinement la géodésie spatiale dans le troisième millénaire : ces différents satellites devraient en effet permettre de décrire le champ de gravité terrestre avec une précision jamais encore atteinte. Les intérêts sont multiples car, à travers l'étude du champ de gravité, c'est le fonctionnement de la Terre dans son ensemble qu'il est possible d'appréhender : mouvements et déformations de la Terre solide, des océans et de l'atmosphère notamment.

Les progrès de la géodésie ont été constants depuis l'époque où l'Ecole de Pythagore a pour la première fois proposé une forme sphérique pour la Terre. Le lancement le 4 octobre 1957 du satellite géodésique Spoutnik 1 a propulsé la géodésie dans le monde spatial. De nos jours, la précision centimétrique sur la position des satellites artificiels permet aux géodésiens d'aboutir à des résultats qui intéressent aussi bien les géophysiciens et les astronomes, que les collectivités et le grand public. La géodésie aborde en effet une gamme d'études bien plus étendue que la seule cartographie : mécanique céleste, physique fondamentale, géophysique, géodynamique, océanographie...

Dans le cadre de ces nouvelles missions d'étude du champ de gravité terrestre, nous nous proposons ici d'explicitier les concepts essentiels utilisés en géodésie pour décrire de plus en plus précisément la forme de la Terre. Nous nous proposons également d'envisager dans quelle mesure ces concepts assurent à la géodésie une place centrale parmi l'ensemble des Sciences de la Terre.

La géodésie naît avec la nécessité de mesurer des parcelles de terres destinées à être cultivées, et avec la nécessité de définir l'horizontale lors de la construction de bâtiments. Il s'agit donc à l'origine d'une technique de terrain, caractérisée par la mesure de distances entre plusieurs points proches les uns des autres, et par la définition de plans topographiques. La réalisation de ces plans topographiques repose sur des systèmes de référence locaux définis par la direction de la force de pesanteur qui constitue la verticale. Les plans horizontaux, perpendiculaires à la verticale, sont définis comme la surface libre d'un liquide en équilibre : sur une surface horizontale, les liquides ne s'écoulent pas.

A l'échelle d'une parcelle cultivée, on peut considérer avec une précision suffisante les verticales comme parallèles entre elles et les surfaces horizontales comme des plans. A l'échelle d'un pays, d'un continent, ou de la planète, ce n'est plus du tout le cas...

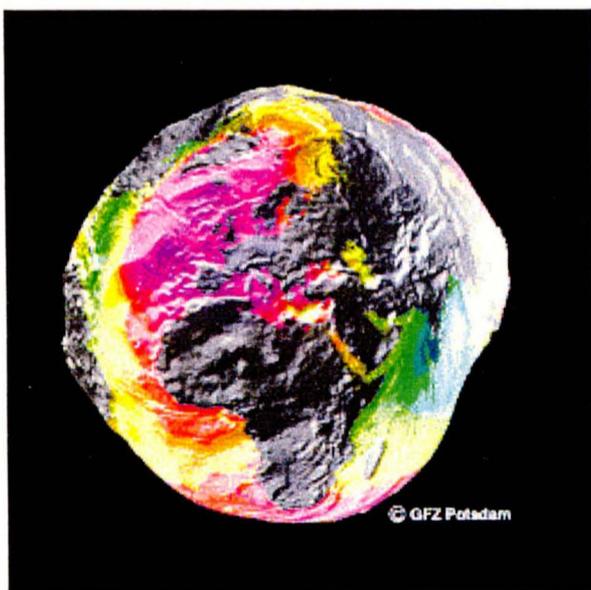
Quelle forme a la Terre ?

Il est acquis depuis l'Antiquité que la Terre a, en première approximation, la forme d'une sphère, grâce à l'observation de son ombre lors d'éclipses de Lune. C'est Erathosthène qui, le premier, associe l'idée de forme à celle de dimension : il avait calculé le rayon terrestre avec une précision de l'ordre d'un pour cent. Au XVII^e siècle, Newton suggère qu'en raison

de la force axifuge créée par la rotation de la Terre sur elle-même, la Terre est aplatie aux pôles. L'expérience avait confirmé le résultat issu de la théorie de la gravitation, grâce à deux expéditions organisées par l'Académie des Sciences : l'une en Laponie (1736-1737), l'autre au Pérou (1735-1744) ; les mesures par chacun des deux groupes de la longueur d'un arc de méridien avaient montré qu'un degré de méridien correspond à une distance plus grande près du pôle que près de l'équateur, puisque le rayon de la Terre y est justement plus grand.

Une forme de la Terre liée à son champ de pesanteur

Ce sont donc des mesures géométriques qui caractérisent les débuts de la géodésie. La forme de la Terre est décrite par des surfaces horizontales et par leurs normales, en d'autres termes par la description du niveau moyen des mers. Ce niveau est également défini au-dessous des continents, et constitue la référence par rapport à laquelle on compte les altitudes. Cette surface, qui dans les océans coïncide exactement avec le niveau de la mer au repos (sans marées ni courants), est nommée *géoïde*.



Le géoïde, aux déformations fortement exagérées. Cette surface correspond à une surface d'équilibre, le long de laquelle les liquides ne s'écoulent pas.

Contrairement aux apparences, il ne s'agit pas là d'un problème purement géométrique, puisqu'il est fondé sur le phénomène de la pesanteur. « Toute la question de la forme de la Terre est fondée sur la loi selon laquelle la source de pesanteur agit », écrit déjà Clairaut en 1746. La force de pesanteur est la somme de la force centripète de gravitation, qui donne une forme sphérique à tout corps céleste suffisamment massif et étendu, et de la force axifuge engendrée par la rotation du corps sur lui-même. C'est cette force axifuge qui le rend donc aplati aux pôles.

Puisque la verticale est définie comme la direction de la force de pesanteur, il est équivalent de décrire la forme de la Terre (i.e. le géoïde) par une succession de plans horizontaux que par une succession de vecteurs représentant cette force de pesanteur. C'est une grandeur qui est non seulement est beaucoup plus facilement mesurable (par des gravimètres notamment), mais c'est surtout une grandeur qui permet de décrire la forme de la Terre d'une manière beaucoup plus précise, en rendant compte des différences de densité du sous-sol à différentes profondeurs. De ce point de vue, il est beaucoup plus adapté de décrire la forme de la Terre en termes de champ de pesanteur que d'une manière purement géométrique.

La pesanteur est loin d'être uniforme à la surface de la Terre. Ses variations en latitude sont liées essentiellement à la rotation diurne (variation relative de l'ordre d'un pour cent entre les valeurs aux pôles et à l'équateur). D'autres variations, notamment en longitude, sont liées quant à elles à la répartition des masses à la surface et à l'intérieur de la Terre. A l'échelle locale, elles traduisent les différences de relief (la topographie), y compris dans les fosses océaniques ; à l'échelle globale de la planète, elles correspondent aux grandes

déformations du globe et aux différences de viscosité dans les couches successives constituant la Terre solide, de zéro à 600 kilomètres de profondeur, voire plus.

La détermination des variations spatiales de la pesanteur a ainsi permis de beaucoup mieux décrire le géoïde assimilé jusqu'alors par les méthodes géométriques à un ellipsoïde de révolution aplati aux pôles. Il est apparu que le niveau moyen des mers comporte en réalité un certain nombre de déformations. Ces déformations par rapport à l'ellipsoïde de référence, peuvent être vues comme des creux et des bosses qui peuvent atteindre 100 mètres sur des distances de plusieurs milliers de kilomètres, comme entre l'Est et l'Ouest de l'Océan Atlantique. On caractérise ainsi une déformation à l'aide d'une amplitude verticale (hauteur du creux ou de la bosse) et d'une longueur d'onde spatiale (distance caractéristique sur laquelle s'étend la déformation). Le relief accidenté du fond océanique - fosses et monts sous-marins, plaines abyssales, dorsales - déforme quant à lui le géoïde d'une amplitude de l'ordre de quelques mètres sur de très courtes longueurs d'onde.

Les mesures locales de gravité : les gravimètres

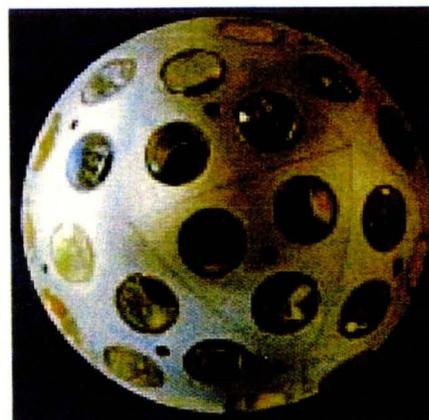
La manière la plus immédiate de mesurer la gravité en un point est sans doute d'observer la chute libre d'un corps. C'est sur ce principe que reposent les gravimètres absolus. Les gravimètres relatifs mesurent la différence de gravité entre deux points occupés successivement, par un pendule par exemple. L'unité de mesure de ces différences de gravité qui correspondent aux effets du relief est le milligal (mgal). Dans cette unité, la valeur moyenne de la gravité terrestre vaut 980000 mgal. On constate ainsi par exemple que les Andes ont un pouvoir attracteur de quelque 200 mgal plus élevé que la fosse des Caraïbes.

Sur le site de l'O.C.A. du plateau de Calern, le gravimètre absolu FG-5 de la communauté gravimétrique française vient régulièrement effectuer des mesures depuis 1998. Les variations annuelles de la gravité qu'il a mises en évidence sont actuellement en cours d'analyse au CERGA, afin d'interpréter ces variations en termes d'effets géodynamiques locaux.

Les orbites des satellites artificiels, des « mesures » à l'échelle globale

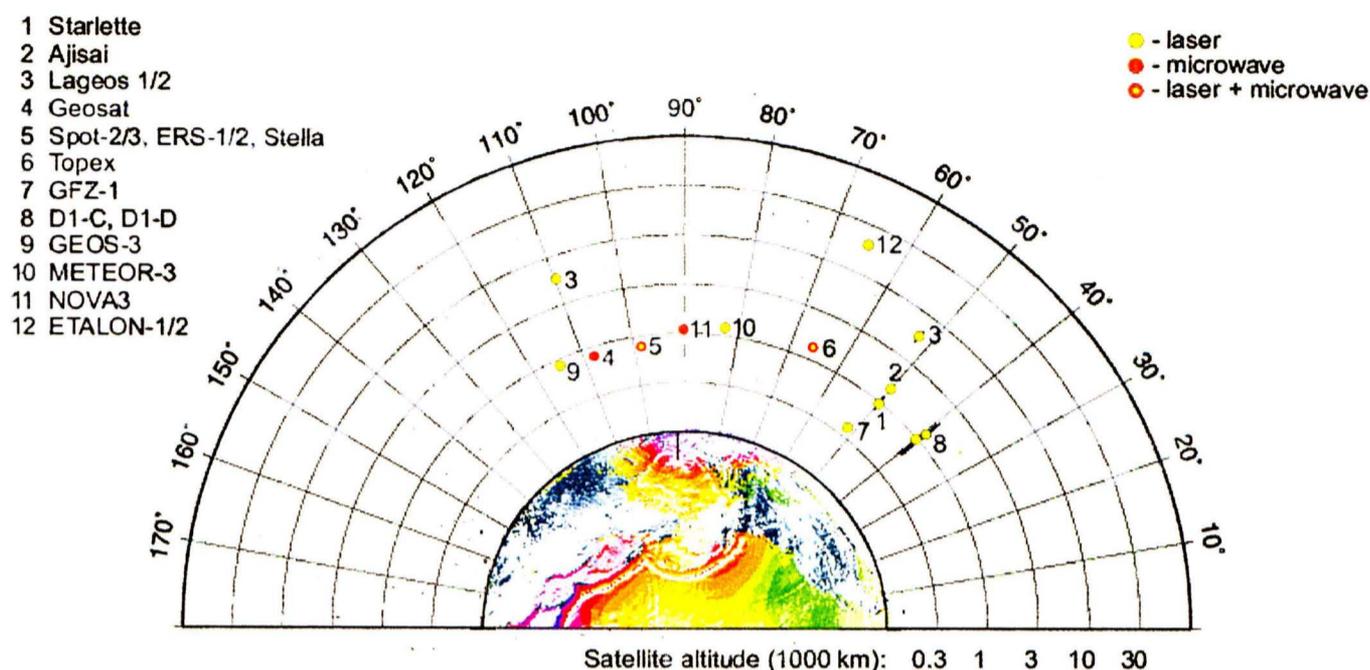
Les grandes ondulations du géoïde ont été mises en évidence en étudiant les trajectoires des satellites artificiels, trajectoires fortement soumises aux variations de l'attraction gravitationnelle de la Terre. Les mouvements des satellites constituent ainsi indirectement des mesures du champ de gravité (et non pas du champ de pesanteur puisque la force axifuge due à la rotation diurne n'agit pas directement sur les satellites).

En effet, les mathématiques démontrent, et c'est relativement intuitif, que si les mesures de terrain permettent de traduire en terme de gravité l'influence d'un excès ou d'un déficit de masse dans une région du globe relativement peu étendue (présence de chaînes de montagnes par exemple), les mouvements des satellites, eux, sont surtout sensibles à des déformations d'ensemble de la planète.



Le satellite STELLA

Les satellites offrent ainsi la possibilité de rattacher entre elles les mesures locales de gravité, et ce d'une manière uniforme : en comparant les mesures locales à une même



Satellites, paramètres orbitaux et systèmes de suivi employés pour l'élaboration du modèle de champ de gravité GRIM5-S1

référence (l'orbite), il est possible de s'affranchir dans une certaine mesure des erreurs liées à l'utilisation à la surface de la Terre d'instruments différents ayant leur précision propre.

De plus, les orbites de satellites permettent une détermination du champ de gravité avec une précision homogène dans l'espace. Ce que la réunion de toutes les mesures locales ne peut assurer, puisque ces mesures locales ne peuvent pas être réalisées au milieu des océans par exemple, ou dans des endroits de la surface terrestre difficilement accessibles.

Depuis trente années déjà, l'analyse des perturbations orbitales subies par les satellites constitue la base des études de dynamique orbitale, études qui visent à développer en parallèle les modèles d'orbites des satellites artificiels et la connaissance des effets géophysiques et géodynamiques qui perturbent leurs mouvements : les effets gravitationnels ter-

restres, les effets gravitationnels extérieurs (Lune, Soleil, planètes du Système Solaire), et les effets non gravitationnels (freinage atmosphérique, pression de radiation, effets relativistes...). C'est l'un des thèmes centraux de l'Equipe « Géodésie et Mécanique Céleste » de l'OCA/CERGA.

Cette analyse des perturbations orbitales consiste à reconstituer les trajectoires effectives des satellites, en comparant leurs positions déduites des observations aux positions prévues par les modèles de forces. La recherche de ce lien est basée sur l'ajustement des paramètres, et en particulier des paramètres du champ de gravité terrestre, décrivant le champ de force. Cet ajustement garantit un écart minimal entre positions observées et positions calculées.

Les observations sont réalisées, pour les satellites d'altitudes élevées (de l'ordre de quelques milliers de kilomètres), par un

réseau de stations d'observations, comme celle du plateau de Calern, réparties sur toute la surface de la planète. Ces stations utilisent plusieurs techniques de géodésie spatiale : mesures de distance au moyen de tirs laser, effet Doppler notamment. Grâce à ces techniques, la position des satellites est connue avec une précision de quelques centimètres, niveau de précision indispensable pour pouvoir associer les perturbations centimétriques des orbites à des déformations du géoïde de quelques centimètres, sur des longueurs d'onde de 1000 kilomètres ou plus.

L'exploitation des orbites de satellites est donc basée sur la recherche de liens entre les effets et les causes. L'utilisation de constellations de satellites d'altitudes et d'inclinaisons largement différentes assure une détermination très fiable des coefficients du champ de gravité depuis de nombreuses années. Cette détermination s'accompagne d'une augmentation constante de la précision et de la résolution des modèles, de plusieurs milliers de kilomètres il y a vingt ans à quelques centaines aujourd'hui.

Les modèles de champ de gravité : des modèles globaux

Pour les raisons évoquées ci-dessus, le rôle de plus en plus prépondérant des satellites justifie que les modèles de champ de gravité soient désormais des modèles globaux. Ces modèles s'appuient sur un modèle mathématique qui permet d'exploiter à la fois les mesures au sol et les mesures basées sur l'observation du mouvement des satellites.

Les modèles de champ de gravité sont ainsi constitués par un certain nombre de coefficients numériques qui décrivent la répartition de densité en surface et en profondeur et qui décrivent donc la structure profonde du globe. Chaque coefficient correspond à un certain type de

déformation, caractérisée également par une amplitude et une longueur d'onde sur la Terre. Le nombre de ces coefficients est d'autant plus important que le modèle est capable de traduire des déformations du champ de gravité à des échelles petites. Par exemple, un champ à 3 coefficients peut décrire uniquement la forme ellipsoïdale de la Terre (un coefficient pour la masse, un deuxième pour le rayon de la sphère, un troisième caractérisant l'écart entre cette sphère, et un ellipsoïde de révolution). Dans cet exemple, un seul coefficient (le troisième) traduit donc une déformation qui, en l'occurrence, a une longueur d'onde de l'ordre de 10000 kilomètres (un quart de méridien terrestre).

Les modèles les plus récents comportent maintenant des milliers de termes, et traduisent des déformations pouvant atteindre quelques centaines de kilomètres. On peut citer par exemple les modèles GRIM (dont la version la plus récente GRIM5-S1 calculée par les équipes allemandes du GFZⁱ à Potsdam, les équipes françaises de l'OMPⁱⁱ à Toulouse et de l'O.C.A./CERGA à Grasse).

Les nouvelles missions spatiales d'étude du champ de gravité

Le spectre spatial des déformations du champ de gravité accessible aux mesures est donc très large. Les satellites actuels permettent de détecter des déformations à la surface de la Terre plus grandes que 800 kilomètres de longueur d'onde.

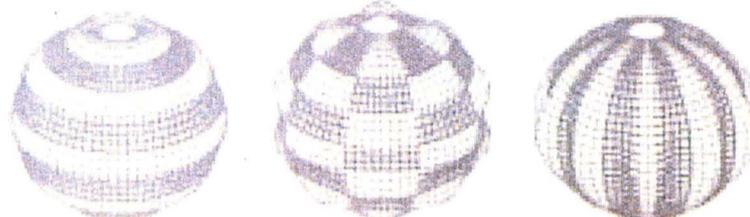
Pour détecter, dans les orbites, des signatures de déformations du géoïde plus petites que 800 kilomètres, il est nécessaire d'augmenter la sensibilité des satellites, c'est-à-dire de les placer sur des orbites plus basses. C'est ainsi que le satellite CHAMP orbite depuis le 15 juillet 2000 à quelques centaines de kilomètres d'altitude. Il en est de même pour GRACE

Plus le nombre de coefficients est grand, plus le modèle retranscrit des déformations fines de la Terre. Les calculs successifs au cours du temps de ces coefficients mettent en évidence les variations temporelles.

Déformation décrite dans un modèle de champ à trois coefficients : le bourrelet équatorial



Déformations les plus fines décrites dans un modèle de champ comprenant une centaine de coefficients



Modèle mathématique de représentation du champ de gravité

(lancée en mars 2002) et la future mission GOCE (2005).

Mais à ces altitudes basses, les forces non gravitationnelles qui agissent sur le mouvement des satellites ne peuvent être modélisées avec grande précision à tout instant en tout point de l'espace, en raison de leur caractère non prédictible. L'utilisation de modèles, et en particulier de modèles de densité de la haute atmosphère, est donc limitée. C'est pourquoi ces satellites emportent à leur bord des accéléromètres, qui mesurent directement les accélérations non gravitationnelles subies par le satellite.

Le positionnement centimétrique de ce type de satellites est réalisé à l'aide de récepteurs GPS embarqués à bord. Les satellites GPS sont en effet situés bien plus haut, à quelque 15000 kilomètres d'altitude. A ces altitudes, la constellation GPS représente le meilleur moyen de positionner les satellites bas avec une précision suffisamment fine pour exploiter pleinement le gain en sensibilité obtenu en plaçant les satellites CHAMP, GRACE et GOCE à basse altitude. Le CERGA est impliqué dans la mission CHAMP et participe à la préparation de l'exploitation des données issues de la mission GRACE.



Le satellite CHAMP

Rôle de la géodésie dans la description d'une planète en évolution permanente

Ces nouvelles missions, associées à près de quarante ans de mesures de géodésie spatiale, devraient donc permettre de décrire des déformations du géoïde de l'ordre de quelques centaines de kilomètres.

D'une manière plus générale, en cumulant les mesures sur des périodes de temps bien choisies, ce sont les différentes sources de déplacements globaux de masses qu'il sera possible d'étudier d'une manière plus fine.

Déjà, les satellites existants ont permis de mettre en évidence un certain nombre de variations temporelles du champ de gravité

de la Terre à différentes échelles de temps, et montrent ainsi que le champ de gravité varie en tout point du globe en des proportions qui sont loin d'être négligeables. En particulier, le CERGA participe à l'analyse des trajectoires des premiers satellites laser (LAGEOS-1, STARLETTE, lancés respectivement en 1976 et 1975) ; l'analyse des données laser, acquises sur environ 16 ans, ont notamment permis de déterminer la marée océanique à 18,6 ans (amplitude de quelques centimètres), prévue par la théorie et non observée jusqu'alors.

Citons deux exemples désormais bien connus de variations temporelles du champ de gravité, à deux échelles de temps différentes.

Les marées terrestres, phénomènes analogues à celui des marées océaniques, font monter et descendre tous les points d'un continent deux fois par jour d'une hauteur de quelques dizaines de centimètres.

Autre exemple, le rebond post-glaciaire, dû à la relaxation des régions polaires après la fonte des glaciers il y a 5000 ans, entraîne une atténuation de l'ellipticité terrestre. Cela se traduit par une variation séculaire des coefficients du champ de gravité correspondants, et une « remontée » des régions polaires de l'ordre de quelques millimètres par an.

Il sera sans doute aussi possible de déterminer, en termes de mouvement de masse, les modifications d'orbite de satellites bas dues aux modifications de hauteur de neige sur des régions comme la Sibérie ou le Canada.

La géodésie : une Science multidisciplinaire

Cette détermination des déplacements de masse à l'échelle globale est fortement liée à la compréhension du fonctionnement du système Terre (terre solide, océans,

atmosphère, glaces) ainsi que des phénomènes d'interaction (océans – atmosphère en particulier). La géodésie spatiale est ainsi désormais capable de mettre en évidence des effets concrets de la géophysique globale.

Et puisque s'intéresser aux effets, c'est s'intéresser aux causes, la géodésie permet de raffiner certains modèles de structure interne : les modèles de densité des sous-sols à grande profondeur, ou de rigidité de la lithosphère, sont fortement contraints par la mesure des modifications de gravité ou par la modification centimétrique de la position des stations d'observations situées aux limites des plaques tectoniques. La connaissance de la topographie du champ à grandes longueurs d'ondes est ainsi liée au fonctionnement de tout le moteur du système Terre.

Dans un autre domaine, celui de l'océanographie spatiale, l'observation des océans par altimétrie a beaucoup contribué à étudier la forme de la Terre : un radar embarqué à bord des satellites océanographiques comme TOPEX-POSEIDON (1992) ou Jason-1 (2001) mesure les distances qui les séparent de la surface des océans avec une précision centimétrique. L'Equipe « Géodésie et Mécanique Céleste » a exploité ces données entre 1992 et 1999 afin d'étudier la variabilité du niveau de la Méditerranée ; les résultats montrent des signaux annuels et semi-annuels (d'amplitudes 10 centimètres et 5 centimètres respectivement), ainsi qu'une hausse du niveau moyen d'environ 8mm/an. Ces signaux sont reliés aux phénomènes de réchauffement, qu'ils soient périodiques (les saisons) ou séculaires (dont l'origine est éventuellement entropique). Outre la détermination par géodésie spatiale des évolutions du niveau moyen des mers, un des prochains défis à relever avec JASON et ENVISAT (projets dans lesquels le CERGA est impliqué), consistera à

déterminer une « topographie dynamique », surface qui reflète la circulation océanique.

L'étude du champ de gravité terrestre et de ses variations temporelles trouve donc de nombreuses applications dans les Sciences de la Terre et dans le monde de la Physique en général : toutes les expériences de pointe réalisées dans l'environnement terrestre doivent maintenant prendre en compte les résultats les plus récents de la géodésie spatiale, et en particulier ceux liés aux études du champ de gravité. Par exemple pour exploiter les mesures des horloges les plus précises, qu'elles soient situées au sol ou dans la Station Spatiale Internationale.

D'un point de vue astronomique, les applications de la géodésie spatiale sont essentiellement liées à l'orientation de la Terre dans l'espace, et aux différentes théories de la rotation des planètes. Puisqu'il ne peut pas y avoir d'étude de rotation sans étude de forme et de structure, les applications en planétologie sont évidentes. Des expériences de géodésie sont déjà programmées sur Mars, à travers l'expérience NEIGE (2005) conduite au CNES. Et la transposition à d'autres planètes des modèles développés pour décrire le fonctionnement du système Terre, en particulier des modèles de champ de gravité, pourrait s'avérer fort utile pour expliquer, par exemple, des mécanismes fins sur la Terre exacerbés sur d'autres planètes ou inversement.

Place de l'O.C.A. dans ces études

Le CERGA fait partie du Groupe de Recherches en Géodésie Spatiale (G.R.G.S.), qui regroupe la plupart des laboratoires français de géodésie. Outre les mesures et développements instrumentaux réalisés au sein des Equipes « Laser » et « Géodynamique », l'Equipe « Géodésie et Mécanique Céleste » participe quant à elle

plus particulièrement aux études en orbitographie et en altimétrie. Elle a participé à la construction des modèles GRIM4 et GRIM5, et exploite maintenant les mesures du satellite CHAMP, en plus de celles disponibles pour les autres satellites dédiés aux études de la Terre depuis l'espace. Un de ses thèmes majeurs est la recherche de méthodes spécifiques visant à optimiser l'utilisation de la répartition spatio-temporelle des mesures issues des différentes techniques de géodésie spatiale.

ⁱ GFZ : GeoForschungsZentrum

ⁱⁱ OMP : Observatoire Midi-Pyrénées

Invariants au milieu des fluctuations turbulentes

A. Celani¹, U. Frisch² et M. Vergassola²

¹ Institut Non-Linéaire Nice (INLN)

² OCA / Département G.D. Cassini

La turbulence intervient dans les situations physiques les plus diverses, intéressant à la fois les mathématiciens, les physiciens et les astronomes, avec de nombreuses ramifications pratiques en météorologie, ingénierie, médecine et même en finance (les techniques d'analyse et les modèles utilisés pour étudier les tourbillons dans une soufflerie servent parfois pour les fluctuations des marchés boursiers). Mais, plus important encore, la turbulence fait partie de l'expérience quotidienne : nul besoin d'un microscope ou d'un télescope pour observer les volutes de la fumée d'une cigarette, les gracieuses arabesques de la crème versée dans le café ou les enchevêtrements de tourbillons dans un torrent de montagne. Ce que nous voyons est bien sûr très complexe, très désordonné mais est très loin du désordre total. Quand on regarde un écoulement turbulent, même un instantané photographique, ce que l'on voit est autrement plus fascinant que le chaos complet obtenu, par exemple, en projetant une poignée de sable sec sur une feuille de papier. Quand on l'observe, la turbulence est pleine de structures, en particulier de "tourbillons", et c'est ce mélange intime d'ordre et de désordre qui en fait à la fois le charme et une des principales difficultés. Les importants progrès qui se sont produits récemment dans le domaine n'ont fait qu'ajouter à ce charme. Au-delà de l'ordre des structures tourbillonnaires visibles à l'œil, il existe un ordre "quantitatif" qui se dégage lorsque l'on a recours à une approche statistique du problème et que l'on considère l'évolution de grappes de particules transportées par l'écoulement turbulent. Si les particules sont réparties au hasard, leur distribution va rapidement évoluer au cours du temps à cause du caractère chaotique de la turbulence. La découverte récente est qu'il y a toutefois des distributions qui restent invariantes dans le temps et qu'elles sont responsables de l'intermittence observée. Encore une fois la dichotomie ordre-désordre ! Mais... pas de hâte, l'histoire de la turbulence est longue et il vaut mieux prendre le temps de la raconter avec quelques détails pour mieux cerner les résultats récents.

Il est très facile d'obtenir de la turbulence. En fait, chaque fois qu'un fluide s'écoule autour d'un obstacle et que la vitesse est suffisante. On trouve donc de la turbulence un peu partout : les écoulements de l'air autour d'une automobile ou d'un avion – responsable des fameuses "turbulences" pour lesquelles on nous demande d'attacher nos ceintures –, ou encore les mouvements de l'atmosphère en météorologie ou bien les mouvements du gaz constituant les étoiles comme notre Soleil. Sans toute cette turbulence, la pollution urbaine persisterait pendant des millénaires, la chaleur produite par les réactions nucléaires dans les étoiles ne pourrait pas s'en échapper sur une échelle de temps acceptable et les phénomènes météorologiques deviendraient prévisibles à très long terme.

Les équations qui gouvernent les mouvements des fluides, qu'ils soient turbulents ou non, ont été écrites pour la première fois par Claude Navier en 1823. Elles sont souvent appelées

équations de Navier-Stokes en raison des perfectionnements apportés ultérieurement par George Stokes. En fait il s'agit essentiellement des équations de Newton qui relient la force et l'accélération, équations qu'il faut appliquer à chaque parcelle du fluide, ce qui fut fait pour la première fois par Léonard Euler il y a trois siècles. L'apport crucial de Navier a été d'ajouter aux équations d'Euler un terme de friction entre les diverses couches de fluide proportionnel au coefficient de viscosité et aux variations de vitesse. La turbulence est devenue une science expérimentale vers la fin du XIXe siècle quand l'anglais Osborne Reynolds a pu observer la transition du régime laminaire au régime turbulent. Dans un tuyau, si l'eau passe lentement, on aura des filets bien réguliers, c'est-à-dire un écoulement laminaire. Si elle va trop vite, il apparaît un très grand nombre de tourbillons et les pertes de charges dans le tuyau vont être très différentes. Reynolds put mettre en évidence des lois assez simples relatives à n'importe quel tuyau pour cette transition vers la turbulence ; il introduisit un nombre, appelé depuis nombre de Reynolds, qui n'est autre que le produit du diamètre du tuyau D et de la vitesse moyenne de l'écoulement dans le tuyau V , le tout divisé par la viscosité du fluide ν (la viscosité de l'air est environ $0,1\text{cm}^2/\text{s}$, celle de l'eau $0,01\text{cm}^2/\text{s}$), soit $R = DV/\nu$. Reynolds a montré que lorsque ce nombre dépasse une certaine valeur critique, de l'ordre de quelques milliers, alors l'écoulement devient tout d'un coup turbulent. Des transitions analogues mais plus spectaculaires s'observent dans des écoulements ouverts derrière un cylindre.

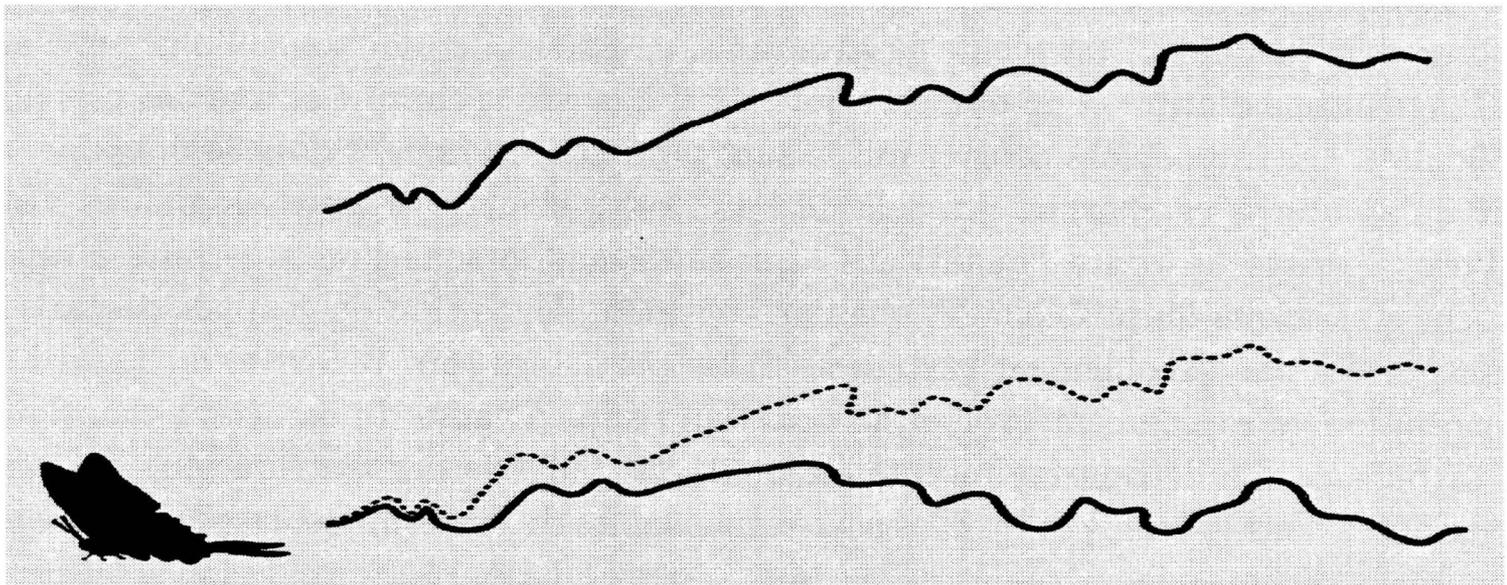


Fig. 1. Un exemple de non-prévisibilité liée à l'effet papillon.

Une caractéristique très importante de ces écoulements turbulents, qui apparaît dès la transition, est leur caractère chaotique. De façon plus précise, les écoulements turbulents apparaissent comme non prévisibles. Qu'est-ce que cela veut dire ? Supposons que l'on connaisse de façon détaillée la configuration de l'écoulement à un instant donné. Alors, bien que cet écoulement soit régi par des équations bien déterminées, déterministes comme nous disons, dans la pratique, il n'est pas possible de prédire l'évolution ultérieure pour des temps longs. L'illustration la plus frappante de ce caractère imprévisible des comportements chaotiques est fournie par la figure 1 où les courbes représentent la trajectoire du point représentatif de l'ensemble du système étudié. La courbe du haut correspond au cas sans perturbation et la courbe du bas à la trajectoire légèrement modifiée, par exemple par la présence initiale d'un battement d'aile d'un papillon comme dans l'effet "papillon" dû au météorologue E. Lorenz. Les deux trajectoires restent d'abord proches

(pour le montrer, la trajectoire du haut est répétée en bas en pointillé), puis s'écartent assez vite. Il n'est ainsi pas possible de prédire en détail le temps qu'il fera au-delà d'environ une dizaine de jours. En géophysique et en astrophysique des nombres de Reynolds gigantesques de centaines de millions et bien au-delà sont monnaie courante. Un point très intéressant est que, lorsqu'on augmente le nombre de Reynolds, ce qui peut se faire par exemple en diminuant sa viscosité, il apparaît de plus en plus de tourbillons de petite taille comme ceux de la figure 2 qui présente un jet turbulent.

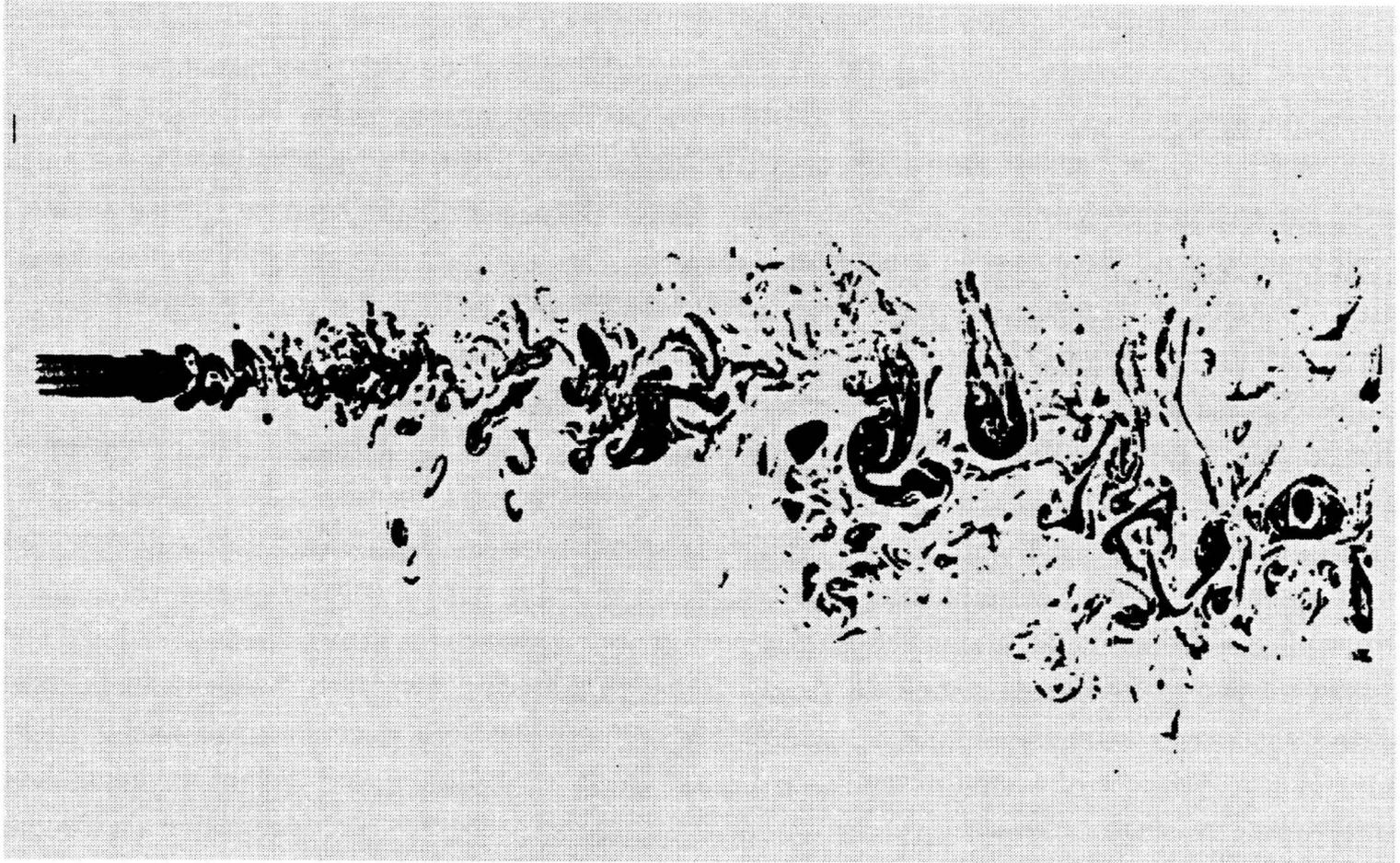


Fig. 2. Jet d'eau turbulent.

Chaque tourbillon est un peu comme une espèce de molécule. C'est ce que l'on appelle des "degrés de liberté". Donc un grand nombre de Reynolds implique qu'il y a beaucoup de degrés de liberté; c'est ce que l'on appelle le régime de turbulence développée. Il est facile d'observer ce régime dans une soufflerie de grande taille comme celles où l'on teste les maquettes d'autos et d'avions. On peut aussi maintenant réaliser des souffleries sur table qui exploitent les propriétés très particulières de l'hélium à basse température. Si on examine le comportement en fonction du temps de la vitesse en un point d'un tel écoulement mesuré par une sonde, on est frappé de l'analogie avec la courbe d'une promenade aléatoire. Cette dernière peut être imaginée comme le relevé en fonction du temps de la position d'un ivrogne arpentant la grand-rue d'un village aux innombrables bistrotts, ivrogne qui déambulerait tantôt dans un sens tantôt dans l'autre sans jamais se souvenir du sens précédent de sa marche au hasard. Il est facile de voir que le déplacement typique d'un tel ivrogne pendant un certain intervalle de temps est proportionnel non pas au temps écoulé mais à sa racine carrée (la même loi que celle qui régit les erreurs dans les sondages d'opinion). Dans un écoulement turbulent développé on trouve que la variation de la vitesse pendant un certain intervalle de temps est proportionnelle non à

la racine carrée mais à la racine cubique du temps écoulé. Cette loi en racine cubique fut obtenue pour la première fois en 1922 par l'anglais Lewis Fry Richardson, remise sur une base plus systématique et générale par le mathématicien russe Andrei Kolmogorov, et a été assez largement validée par des expériences et des simulations à l'ordinateur. Dans un écoulement turbulent, si la variation temporelle de la vitesse en un point est généralement bien donnée par la loi en racine cubique de Richardson, on sait depuis longtemps que ce n'est pas toujours vrai. Déjà en 1843 Adhémar Barré de Saint Venant observe que "les écoulements dans les canaux de grande section, ceux dont nous dirions aujourd'hui qu'ils possèdent un grand nombre de Reynolds, présentent des ruptures, des tourbillonnements et autres mouvements compliqués". Le point intéressant ce sont les ruptures. C'est un fait expérimental que la différence de vitesse de l'écoulement entre deux points voisins peut, à l'occasion, varier de façon très différente de ce que l'on s'attendrait sur la base de la loi en racine cubique de Richardson. Cette dernière décrit bien ce qui se passe "en moyenne" quand on observe le système mais pas les événements rares. Dans un langage plus quantitatif, on peut penser que les solutions des équations de Navier-Stokes, qui décrivent les propriétés hydrodynamiques du fluide, ont dans un sens probabiliste la propriété d'invariance d'échelle. Cela revient physiquement à supposer que les différences de vitesse entre deux points proches n'aient pas la mémoire de la taille caractéristique où la turbulence est engendrée (échelle intégrale), par exemple la taille de l'obstacle autour duquel le fluide s'écoule ou de la soufflerie. L'hypothèse est tout à fait naturelle en turbulence développée où l'échelle intégrale est énorme, voire même infinie quand on considère le problème du point de vue mathématique. La conséquence de l'invariance d'échelle serait que la moyenne de la différence de vitesse sur une certaine distance, élevée à la puissance p , devrait varier comme cette distance élevée à une puissance dont l'exposant est proportionnel à p . Dans cette vision "autosimilaire" de la turbulence, les divers exposants sont déterminés par une simple analyse dimensionnelle sans qu'il soit nécessaire de résoudre les équations de Navier-Stokes. Des expériences et des simulations numériques ont montré que l'invariance d'échelle supposée est en fait brisée et que la turbulence développée est "intermittente" : les écarts à ce que l'on s'attendrait sur la base des prédictions dimensionnelles sont de plus en plus fortes à mesure que l'on observe des échelles de plus en plus petites. D'un point de vue quantitatif, cela se reflète dans les exposants précités qui ont des valeurs "anormales" non prévues par l'analyse dimensionnelle.

Pendant des années, cette intermittence a été seulement décrite au travers de modèles phénoménologiques ayant très peu de contact avec les équations de la mécanique des fluides. Le tournant de l'histoire est en 1994 quand Robert Kraichnan prédit que l'intermittence et les lois d'échelle anormales sont présentes dans un problème, régi par une dynamique linéaire, le problème du "scalaire passif". Un exemple type est un polluant transporté par un écoulement turbulent "synthétique" dont le champ de vitesse est choisi délibérément invariant d'échelle et donc dépourvu lui-même d'intermittence. Que le champ transporté devienne néanmoins très fortement intermittent (comme le révèlent par exemple les simulations numériques de la figure 3) est l'intuition majeure de R. H. Kraichnan. Pour l'apprécier, il suffit de dire que même certains des auteurs des théories perturbatives, qui permettent maintenant de prévoir les valeurs anormales des exposants, avaient pensé qu'un tel système ne pouvait pas être intermittent et que c'est Kraichnan

lui-même qui les a convaincus que cela était tout à fait fallacieux et les a poussés dans la direction correcte.

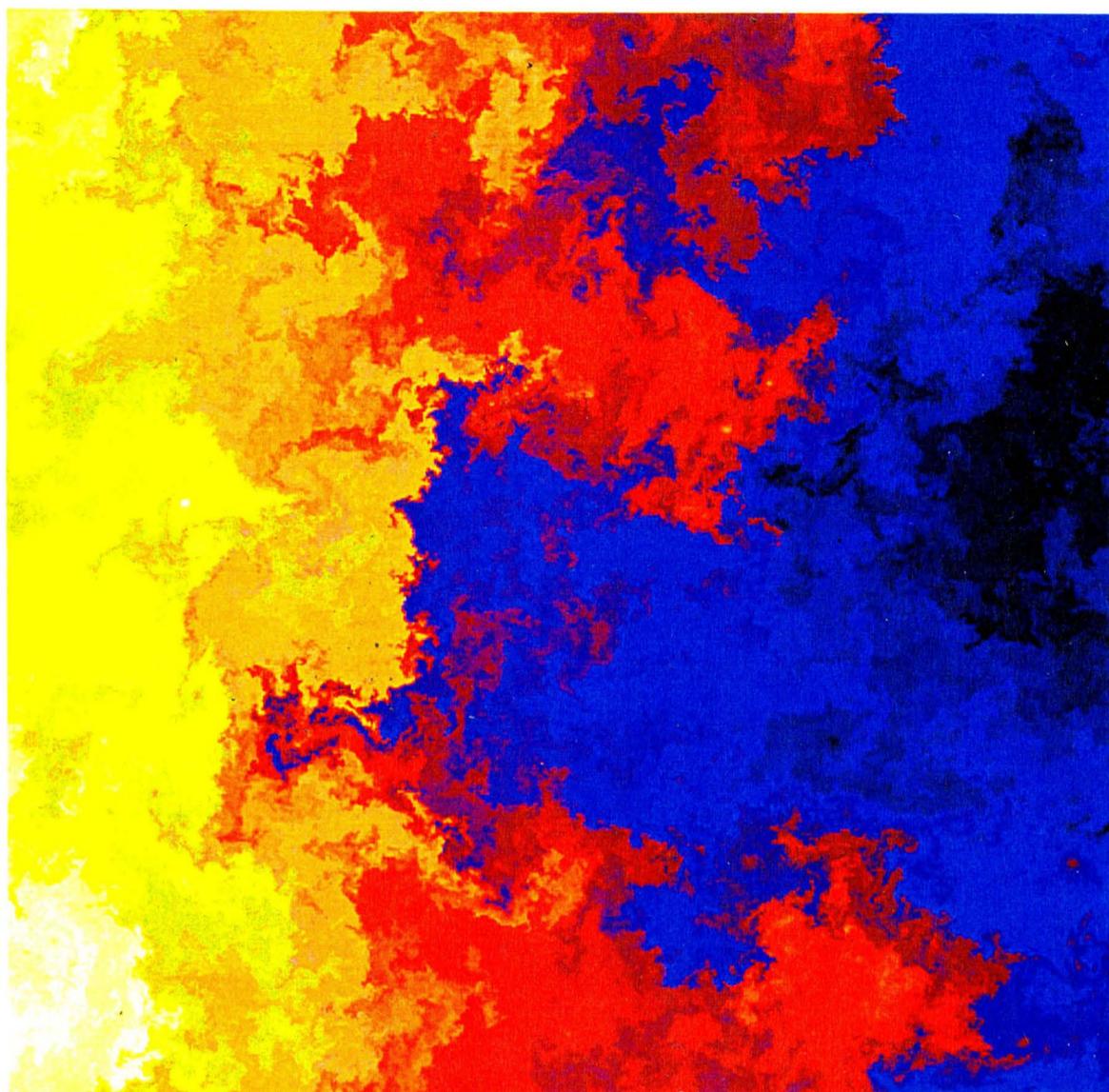


Fig. 4. Concentration d'un scalaire passif transporté par un écoulement turbulent bi-dimensionnel du type de l'atmosphère ou de l'océan, simulé numériquement à l'IDRIS, CNRS, sur une grille 2048 x 2048.

On dispose maintenant d'une véritable théorie de l'intermittence qui utilise des outils mathématiques empruntés à la théorie quantique des champs. Les exposants anomaux ont pu être calculés par des théories perturbatives dans lesquelles le petit paramètre est lié, soit au degré d'irrégularité du champ des vitesses, soit à la dimension de l'espace, et, dans certains cas heureux comme par exemple le spectre d'énergie d'un champ magnétique, de manière exacte non-perturbative. Quant au régime non-perturbatif en général, il a pu être analysé par une méthode de Monte Carlo Lagrangienne. Le point le plus important est que ces calculs ont permis de dégager l'idée physique des lois statistiques de conservation et de faire apparaître encore une fois de l'ordre au milieu du désordre des fluctuations turbulentes. De quoi s'agit-il ? Si vous distribuez des particules et les laissez entraîner par le fluide, la nature turbulente de l'écoulement fera qu'elles auront des trajectoires chaotiques. Il n'y a donc pas trop de sens à essayer de les suivre en détail, une par une, et la meilleure stratégie est d'avoir recours à une approche statistique. En clair, on distribue les particules un très grand nombre de fois avec une certaine distribution de probabilité initiale pour leurs positions et on étudie comment la distribution de probabilité de leurs positions va évoluer au cours du temps. Une distribution prise au hasard va presque

sûrement changer; les particules auront en particulier tendance à se séparer les unes des autres à cause de la nature turbulente de l'écoulement. C'est la partie de désordre à laquelle tout le monde s'attend. La surprise est venue quand on a trouvé qu'il y avait aussi de l'ordre : certaines distributions ne changent pas au cours du temps, ce que l'on appelle des intégrales statistiques du mouvement. Par le mot statistique, on veut souligner que l'ordre ne fait son apparition que lorsqu'un très grand nombre de distributions initiales de particules est considéré. Dans chacune d'elles la position des particules va évidemment changer au cours du temps, mais la distribution de probabilité reste invariante quand on considère l'ensemble. Comme en mécanique classique, les quantités conservées jouent un rôle dynamique très important. Les lois de conservation statistique ne font pas exception et l'on trouve que les distributions de probabilités conservées sont responsables de l'intermittence. Tout cela a été démontré de manière systématique pour la concentration d'un polluant. L'extension de telles idées au problème complet de la turbulence fait actuellement l'objet de recherche. Les plus optimistes espèrent une solution pour bientôt alors que d'autres, dont nous faisons partie, pensent que de nombreuses années peuvent encore être nécessaires pour éclaircir toute la complexité du problème complet de la turbulence. Ce qui est clair et accepté par tout le monde est que d'importants progrès ont été accomplis et que nous sommes maintenant un peu moins ignorants sur un problème qui défie les physiciens, les mathématiciens et les ingénieurs depuis au moins un demi millénaire.

Le Coronographe Interférentiel Achromatique : **lutter pour l'extinction**

Yves Rabbia / Observatoire de la Côte d'Azur / Département Fresnel

1. Introduction

Le CIA (Coronographe Interférentiel Achromatique) est apparu de différentes façons dans les activités de l'OCA, et une certaine confusion peut accompagner dans l'esprit des collègues, ces diverses manifestations, qu'elles concernent des séminaires, des groupes de travail, des demandes de crédits ou simplement des bons de commande. Il importe de cadrer le paysage et de donner, outre des rappels de principes génériques, les divers avatars de ce Coronographe Interférentiel Achromatique qui hante les couloirs de l'OCA . Cette note en fournit l'occasion.

2. En guise d'historique

2.1. Au début était le bruit ...

La spectroscopie de Michelson-Fourier pratiquée dans l'infrarouge thermique (disons aux longueurs d'onde plus grandes que 3 microns) se heurte à un problème de «bruit d'ambiante». En gros le rayonnement ambiant, issu de l'atmosphère et des miroirs du télescope, passe à travers le Michelson et subit le même processus d'interférence et de modulation affectant le rayonnement de l'étoile, ce qui est à la base de cette méthode de spectroscopie. Ainsi un signal parasite (du bruit modulé) vient polluer l'interférogramme obtenu où il corrompt et peut même masquer l'information concernant l'étoile.

Une façon de réduire cet inconvénient est le « retournement de pupille » (rotation de 180° dans le plan pupillaire) dans un bras de l'interféromètre, de manière à ce que le rayonnement d'*ambiante*, issu de sources incohérentes réparties sur la pupille, ne produise qu'une interférence destructive (ce qui débarrasse l'interférogramme de ce signal encombrant issu du de l'*ambiante*), alors que le rayonnement de l'étoile (source cohérente dans un plan image et située sur l'axe de visée) continue tranquillement d'interférer avec elle-même, sans même savoir qu'il y a du bruit et du bricolage pupillaire. C'est une telle approche que Jean Gay de l'OCA préconisait et étudiait en 1995.

2.2. Daniel cherchait un compagnon

Sirius ! Une troisième composante à mettre en évidence, mais tellement plus faible que les autres, que sa détection était largement compromise, voire désespérément illusoire. Les brillants compagnons ne laissaient aucune chance au troisième d'apparaître à l'observateur, quasiment ébloui. Ce compagnon éclipsé était, à l'époque l'une des préoccupations de Daniel Benest. Une rencontre de couloir, ou des propos de table, conduisirent à une discussion devant un tableau. Puis une réflexion diffuse, disparate, désordonnée agita Jean Gay, l'insomniaque, d'où comme on peut le craindre dans tout feuilleton : il arriva ce qui arriva.

2.3. Et Jean dit : «que la lumière soit, mais ailleurs ...»

Ce problème (source principale empêchant, pour cause d'éblouissement, de voir ce qu'il y a autour) qui prenait de plus en plus d'importance en Physique Stellaire (cf. colloque Meudon, fin 95) fit ainsi la rencontre du problème du bruit d'*ambiante* en spectroscopie de Fourier, et le résultat fut un mélange qui ne ressemblait plus à aucun des deux et qui ouvrait une perspective nouvelle.

Un montage à «retournement de pupille» permettait d'isoler la source sur l'axe par rapport aux sources hors d'axe et de maximiser sa contribution. Comment provoquer la situation symétrique (ou complémentaire) où la source sur l'axe serait éliminée et l'environnement stellaire privilégié ? Bigre ! (ou Youpi, ou je ne sais quoi) dit alors Jean : « je déphase de π sur un bras de l'interféromètre, les ondes qui interfèrent sont en opposition de phase et, au lieu de l'interférence constructive habituelle, j'ai une interférence destructive capable d'éliminer la source sur l'axe et l'éblouissement qu'elle provoque. Les sources hors d'axe, rendues incohérentes par le retournement de pupille, échappent à ce processus destructif et peuvent être perçues par mon détecteur, jusqu'ici aveuglé. »

2.4. Un pas de plus et nous y voilà

Déphasage de π ! Facile ? Oui, avec une lame demi-onde par exemple. Mais demi-onde, c'est bien pour une seule longueur d'onde, pas pour tout un intervalle spectral (qu'il est indispensable d'étendre pour collecter la puissance délivrée si parcimonieusement par les compagnons peu lumineux). Nouvelle rencontre bénéfique, résurgence d'une éducation où les «Bruhat» (manuels de Physique, aujourd'hui injustement ignorés, voire dédaignés) occupaient une place de choix. Le passage par un foyer provoque un déphasage de π , quelle que soit la longueur d'onde. Pour faire moderne on dit «déphasage achromatique». C'est le souvenir du dessin, apparaissant dans le Bruhat (et rarement ailleurs), qui remis cette propriété dans la réflexion de Jean.

Mais comment insérer ce passage par foyer dans un bras de l'interféromètre ? Surtout qu'il faut aussi effectuer un retournement de pupille. Justement ! (à nouveau : bigre ou youpi ...!) Un œil-de-chat accompli, par construction, les deux missions simultanément. Ainsi sortait des limbes, un montage qui devrait pouvoir s'appliquer à la coronographie stellaire : voir autour d'une étoile en éliminant cet éblouissement tyrannique et péremptoire. Il fallait mettre tout ça en musique, c'est-à-dire se pencher sur la modélisation mathématique et l'examen des propriétés, puis des performances, puis sur la réalisation.

C'est là que Jean m'embarqua dans cette affaire (une de plus) et que j'eus cette inexplicable maladresse (on est parfois distrait) de désigner le «bidule» comme Coronographe Interférentiel Achromatique alors que cet acronyme était déjà connu dans d'autres applications. J'aurais pu éviter, et choisir par exemple *Full Bandwidth Interfero-Coronagraph*. Trop tard le coup est parti, mille excuses. Puis se trouvèrent embarqués des étudiants : Charles Manghini, Jérôme Vaillant, Jean Charles Petit, Rémy Parmentier, Pierre Kueneman, mais surtout Pierre Baudoz, qui fit son stage de DEA puis sa thèse sur le CIA (Déc. 1999) - dont il a été le *key-person* avec la fidèle et efficace collaboration de Jean Louis Schneider, qui demeure encore aujourd'hui fortement impliqué -. Depuis quelques mois Jean Pierre Rivet et Laurent Escarrat (thèse) ont rejoint JG, JLS et YR dans le groupe appelé NEC (*Nulling Et Coronographie*) Jean ayant préféré éviter l'appellation Coronographie Ou *Nulling* que, dans un moment de distraction, j'avais également proposée.

3. Principes de base pour le CIA

En bref, le CIA est un système imageur basé sur un interféromètre de Michelson-Fourier modifié par l'insertion d'un montage œil-de-chat dans l'un des bras, montage qui provoque un déphasage achromatique de π et un retournement de pupille. Le résultat, comme on va le voir, est de fournir une image où idéalement n'apparaît plus aucun photon de l'étoile visée, tandis que les motifs environnants apparaissent en une double image dont les composantes jumelles sont disposées symétriquement par rapport à l'axe de visée.

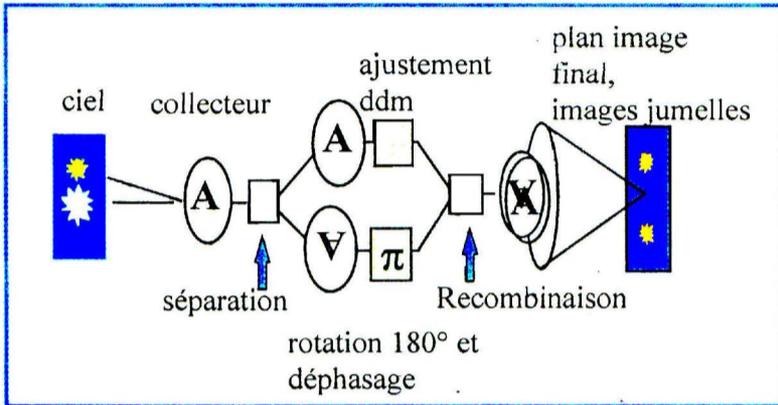
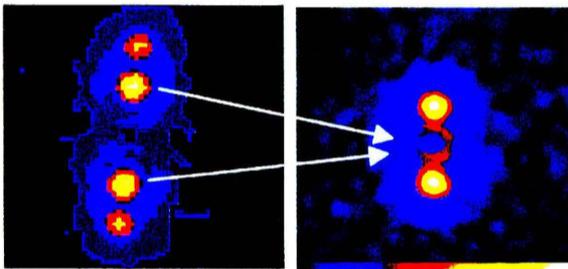


Schéma fonctionnel du CIA

(ddm = différence de marche)

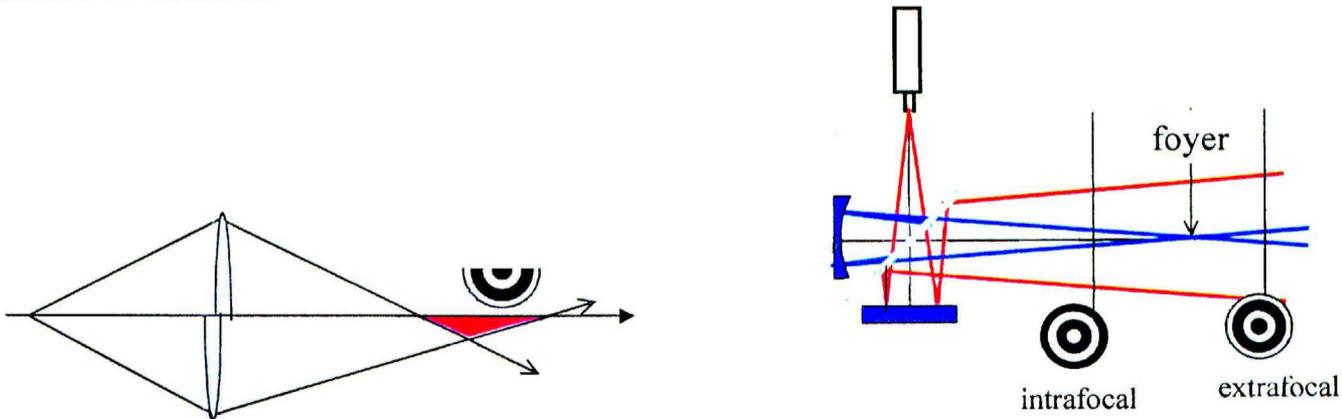


A gauche, une étoile binaire vue hors d'axe sans effet coronographique.

A droite ; en mettant la composante brillante sur l'axe de visée, on élimine sa contribution de l'image qui montre alors la double image du compagnon demeuré hors d'axe (OHP, 152 cm, $\lambda = 2.2 \mu\text{m}$, 1997). Un résidu d'étoile-sur-l'axe mal éteinte forme la sorte de halo faiblement lumineux.

3.1. Le point clef de l'approche

C'est ce déphasage achromatique de π , tellement oublié qu'il rencontra d'abord le doute et l'incrédulité, voire le mépris. Diverses explications ou justifications apparaissent dans la littérature et s'illustrent par l'expérience des franges de Meslin. Les réactions plutôt négatives nous ont amenés à reproduire cette expérience avec une « manip » dont le principe est schématisé ci-dessous.

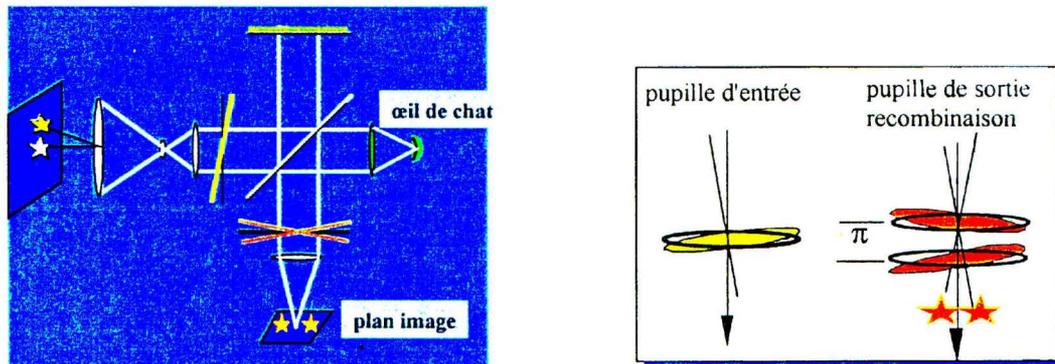


Expérience de Meslin avec demi-lentilles (division de front d'onde) et nouvelle approche avec lame séparatrice (division d'amplitude). Le principe est d'utiliser deux faisceaux d'ouvertures différentes et d'examiner leur interférence avant et après passage d'une des deux ondes par un foyer. Le centre noir après passage par le foyer, illustre le déphasage de π .

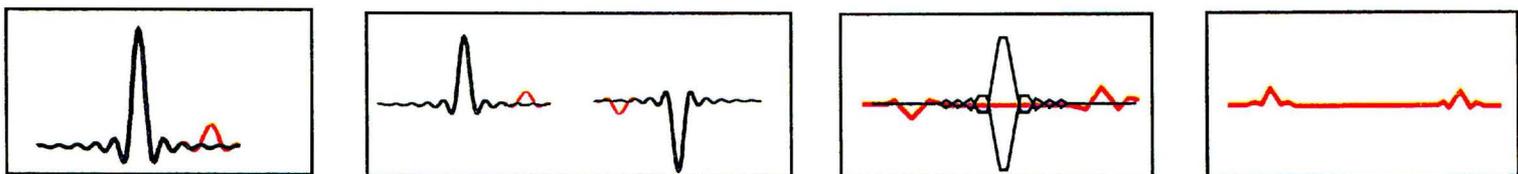
Notons toutefois que sans le retournement de pupille, le déphasage affecterait aussi bien l'objet central que son voisinage et le but ne serait pas atteint. On va le voir plus loin.

3.2. Montage générique

Les dessins qui suivent illustrent comment le schéma fonctionnel est traduit en terme d'interféromètre de Michelson - Fourier et comment sont gérées d'une part les fronts d'onde et d'autre part les amplitudes complexes.



Ces figures illustrent le comportement des fronts d'onde. La source sur l'axe donne un front d'onde perpendiculaire au faisceau parallèle obtenu après collimation du faisceau en sortie de télescope. Il le reste dans chaque bras, mais subit dans le bras avec œil-de-chat un retournement par rotation de pupille (auquel il est insensible) et un déphasage de π qui rend l'onde en opposition de phase avec celle de l'autre bras. Lors de la recombinaison l'interférence est destructive ; aucun photon n'accède au plan image, les photons sont renvoyés vers le ciel. En revanche, le front d'onde issu d'une source hors d'axe n'est pas perpendiculaire à la direction de propagation et se trouve après retournement dans l'œil-de-chat avec un basculement opposé. Le déphasage de π sera sans effet car les deux fronts d'onde à la recombinaison n'auront plus de partie commune capable d'interférer. Et dans le plan image, chacun fournira sa propre image du compagnon. Sans le retournement de pupille, les contributions «sur l'axe» et «hors d'axe» se retrouveraient à la sortie parallèles à l'orientation d'entrée, avec déphasage de π , et tout serait alors éteint par interférence destructive. La figure suivante illustre ce principe en termes d'amplitudes complexes.



De gauche à droite : amplitude complexe (idéale) au foyer du télescope ; amplitudes virtuelles au foyer vues sur chaque bras ; amplitudes recombinaison au foyer commun ; distribution d'énergie détectée, deux images jumelles du compagnon et (idéalement) rien d'autre.

Au foyer du télescope on trouve les distributions d'amplitude complexe (fonction d'Airy en amplitude) respectives de l'étoile et du compagnon. En sortie, avant recombinaison, on a virtuellement des amplitudes semblant provenir de deux plans images distincts où les amplitudes sont renversées verticalement (déphasage de π) et symétrisées horizontalement (retournement de pupille). La recombinaison en un foyer commun additionne les deux contributions recentrées, ce qui provoque la disparition de la contribution de l'étoile par simple soustraction des amplitudes, alors que les amplitudes du compagnon sont présentes en

deux positions symétriques par rapport au foyer. La détection (module au carré des amplitudes) fait apparaître deux images jumelles. Ainsi le plan image est-il libre de photons stellaires et permet de « sortir » le compagnon en deux images symétriques.

3.3. Des contraintes sévères

Tel que décrit jusqu'ici, le principe ne fait pas apparaître deux contraintes de base qui posent des spécifications exigeantes sur les conditions de fonctionnement.

- Une différence de marche nulle (vraiment très nulle)

L'interférence destructive se doit d'être à son maximum d'efficacité, ce qui n'a lieu qu'à la condition d'avoir entre séparation et recombinaison des trajets optiques égaux à une très faible fraction de longueur d'onde près. La différence de marche (ddm ou OPD pour *optical path difference*) donne une sorte de pondération de la contribution de l'étoile à éteindre. Quand la ddm est nulle, la pondération vaut zéro. Cette contrainte est d'autant plus sévère qu'on demande une réjection forte ; un rapport énergie collectée / énergie résiduelle de l'ordre de 10^6 fait partie des buts, et c'est alors un équilibrage à $\lambda/1000$ qu'on doit atteindre et maintenir.

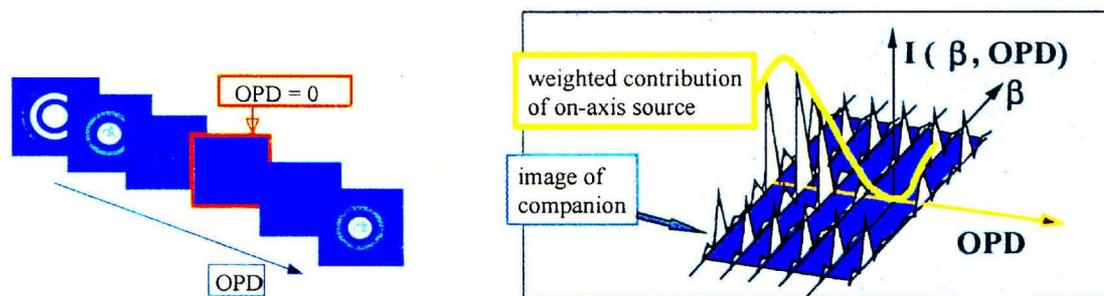


Figure de gauche : influence de la différence de marche (OPD) sur la distribution d'énergie dans le plan image pour une source sur l'axe.

Figure de droite : illustration de la pondération causée par la différence de marche (OPD) sur la contribution de l'étoile à éteindre (β coordonnée dans le plan image).

- une transmission complexe pupillaire centro-symétrique (vraiment très symétrique)

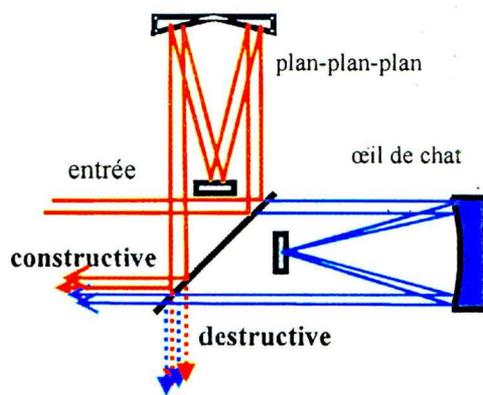
Le processus d'interférence se traduit mathématiquement par la somme des amplitudes complexes $P(\xi)$ et $\exp(i\pi).P(-\xi)$ présentes dans le plan pupille de recombinaison, après voyage dans les bras de l'interféromètre. L'amplitude résultante est $\psi(\xi) = P(\xi) - P(-\xi)$. La destruction n'est complète que si $P(\xi)$ est identique à $P(-\xi)$ en module et phase. Ainsi toute distorsion de front d'onde sur la pupille (issue par exemple d'aberrations ou causée par la turbulence) dégrade l'efficacité du processus de *nulling*, il y a des « fuites » ; la réjection est amoindrie, le plan image n'est pas libre de photons stellaires. Si c'est une réjection de 10^6 qui doit être atteinte, l'écart type des distorsions de phase à travers la pupille doit être inférieur, disons, au millième de radian. Même si l'on ne recherche pas cette qualité, c'est tout de même quelque chose comme 10^3 ou 10^4 qui donne son intérêt majeur à l'emploi d'un coronographe. Pour des observations au sol, l'omniprésence de la turbulence atmosphérique rend indispensable d'avoir un télescope muni d'optique adaptative afin de réduire les distorsions de front d'onde à un niveau acceptable, c.-à-d. conduisant à une réjection suffisamment élevée.

3.4. Mais des avantages importants

L'avantage « achromatique », permet de travailler à large bande spectrale $\Delta\lambda$, bénéfique à la détection de compagnons faibles, mais aussi de choisir divers canaux spectraux spécifiques à

l'étude de telle ou telle source. Il permet aussi l'observation simultanée dans deux canaux spectraux, ce qui donne accès à une imagerie différentielle très puissante pour la détection. Mais le CIA permet également une exploration angulaire très rapprochée de l'étoile (performance non dépassée par les autres concepts de coronographes), là où doivent se trouver les compagnons planétaires. La limite de résolution du télescope (diamètre D) est de l'ordre de $\alpha(\text{radian}) \approx \lambda / D$, et le CIA permet un sondage plus proche encore (environ 3 fois mieux).

Une autre qualité du CIA est son insensibilité (hormis la ré-émission en infrarouge thermique) à la présence d'une obstruction centrale du télescope, ce qui n'est pas le cas d'autres concepts concurrents. Notons aussi que le CIA n'est pas limité à un fonctionnement en coronographe avec un seul télescope (pupille compacte). Il est adaptable à l'emploi avec un interféromètre (pupille diluée). On parle alors d'interférométrie en mode *nulling*, traduit parfois par « interférométrie annulante » ou « à frange obscure ».



CIA utilisé avec deux faisceaux en entrée (figurés par de simples lignes) pour faire de l'interférométrie annulante.

L'emploi effectif de CIA en interférométrie est actuellement à l'étude (thèse de L. Escarrat /OCA, travaux pour l'instant non divulgués)

4. Le CIA lui-même

La configuration Michelson-pur-jus décrite jusqu'ici est peu intéressante du point de vue opératoire (réflexions multiples par renvoi des faisceaux sur eux mêmes, photons stellaires inutilisés). C'est plutôt une configuration Mach-Zehnder qui convient (en gros, un Michelson à trajets séparés). Elle fournit d'une part la voie destructive où les photons du compagnon (hélas la moitié seulement suivent cette voie) sont débarrassés des photons de l'étoile et d'autre part une voie constructive, où les photons stellaires sont canalisés. Ils peuvent alors être utilisés pour des servitudes d'observation (centrage fin sur l'axe). Un premier prototype a été réalisé et testé avec une optique adaptative de l'ONERA, provisoirement installée sur le 1.52 m de l'Observatoire de Haute Provence.

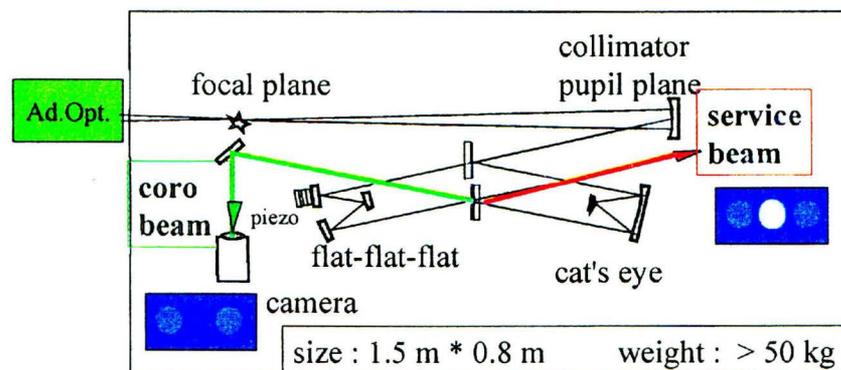
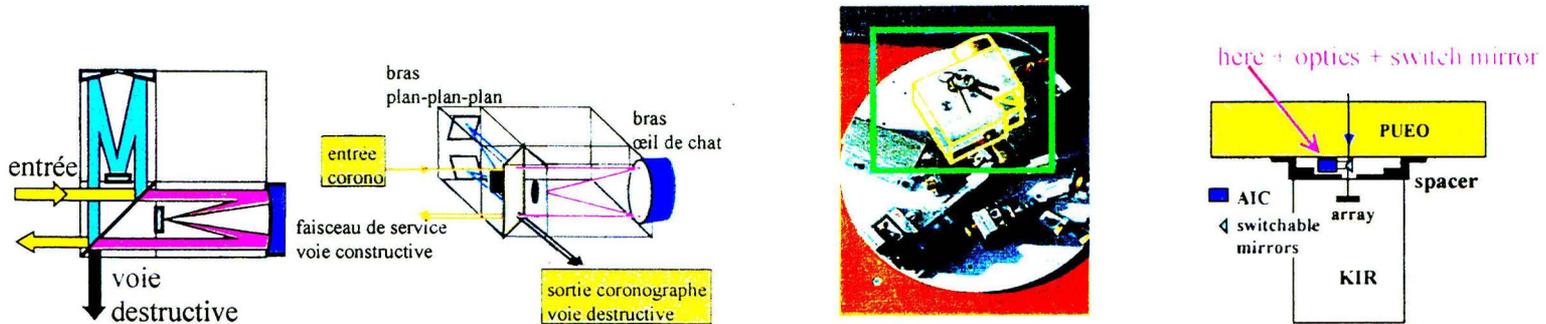


Schéma de principe du prototype Mach-Zehnder utilisé à l'OHP

Suite à ces essais prometteurs, il fallait passer à un télescope de plus grand diamètre muni d'une optique adaptative et d'une caméra infrarouge, domaine choisi pour optimiser le CIA.

Le CFHT (avec le système d'optique adaptative PUEO et la caméra IR KIR) répondait à ce besoin, mais ne pouvait loger l'encombrant prototype. Aussi un nouveau CIA devait être conçu pour s'adapter aux conditions d'accueil. Ce fut le CIA compact : des bouts de verre collés et de la tuyauterie pour équilibrer les trajets optiques par voie pneumatique.

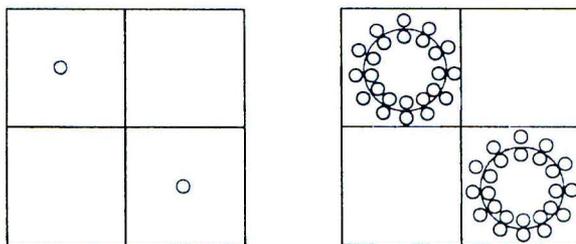


de gauche à droite : marche des faisceaux dans un CIA en configuration Mach-Zehnder ; architecture du CIA compact où les faisceaux voyagent dans des cavités remplies de gaz sous pression contrôlée afin d'équilibrer la ddm ; photo du CIA compact avec sa platine de montage au CFHT (optique d'interfaçage) ; logement du CIA entre PUEO et KIR.

5. Les avatars et la descendance

5.1. Le CIA compact nouvelle génération

Le CIA compact a été employé sur le ciel au CFHT au cours de nuits techniques. Les tests ont validé la capacité d'exploration proche et l'estimation théorique de l'extinction en présence de turbulence. Mais ils ont aussi servi à repérer des difficultés opératoires *in situ* (qu'il était impossible de déceler en labo). L'analyse de ces difficultés a conduit à la conception d'un CIA compact de nouvelle génération qui doit permettre d'augmenter le temps effectif d'observation (limité par le temps de lecture des *frames* de la caméra), d'observer dans deux canaux simultanés, dans deux polarisations simultanément, d'avoir un asservissement fin du pointage et de minimiser les effets de la dispersion différentielle de l'atmosphère. Cette nouvelle version, qui ne modifie que la platine d'interfaçage, est en cours d'achèvement et des programmes d'observations proposés par divers chercheurs de l'OCA sont en cours d'élaboration.



Ancienne et future distribution des images sur la cible de la caméra KIR.

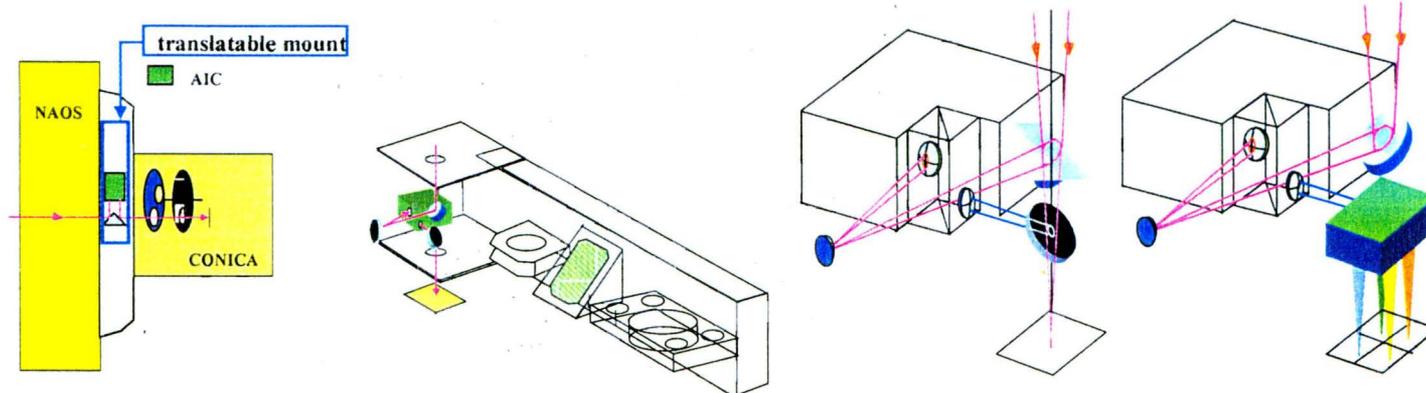
Anciennement deux longueurs d'ondes voisines étaient utilisées mais chaque *frame* ne portait qu'un enregistrement.

Avec la future version, un système rotatif permet d'enregistrer sur un même *frame* 12 images en deux polarisations et à deux longueurs d'onde.

5.2. Un CIA pour le VLT avec extension du domaine spectral

L'insertion du CIA réalisée sur le CFHT, entre l'optique adaptative PUEO et la caméra KIR, apparaît comme techniquement transposable au télescope de 8m du VLT équipé de NAOS (optique adaptative) et de CONICA (caméra à réponse spectrale allant de 1 μm à 5 μm).

L'opportunité potentielle d'un travail avec une si grande ouverture et une optique adaptative de très haute performance, ainsi que la disposition de la bande L ($3.5 \mu\text{m}$), se traduit par un potentiel scientifique accru incluant la détection directe de jupiters « tièdes ». Ainsi est né le projet d'un CIA transmettant toute la bande spectrale vue par CONICA et qui serait une réplique, optimisée spectralement, du CIA compact. Un système de distribution multicanaux spectraux en sortie serait également à développer dans le but d'accroître les performances en détectivité par la méthode différentielle de soustraction d'images à échelle adaptée.



Un CIA sur VLT. de gauche à droite : insertion d'un CIA entre optique adaptative et caméra sur un 8m ; mode d'insertion par commutation immédiate (glissière existante) ; interfaçage optique laissant inchangé le faisceau dans les deux états de la commutation ; adjonction d'un système imageur à 4 longueurs d'onde ou à double polarisation et à 2 longueurs d'onde.

La réalisation d'un CIA-VLT a été entreprise sur des crédits OCA (super BQR) et est insérée depuis peu dans le projet NACO (NAOS-CONICA) inclus dans le projet VLT-PF de l'ESO (*Planet-Finder*) visant en particulier la détection directe d'exoplanètes. Ce projet de grande envergure, désormais sous la responsabilité d'un consortium français, démarre en mars 2003 et doit aboutir en 2007.

5.3. *Le CIA dans l'Espace*

Comme coronographe pour ouverture compacte, le CIA se trouve présent dans les études concernant les satellites NGST et Eddington. Il intervient aussi dans les études pour le projet DARWIN de l'ESA (6 télescopes en flottille dans l'espace, pas avant 2015). L'une des missions de DARWIN est la détection directe et l'étude spectroscopique en infrarouge thermique ($6 \mu\text{m}$ à $24 \mu\text{m}$) des exoplanètes de type Terre, pour la recherche de signes de vie basée sur la biochimie du carbone. Il s'agit là d'« interférométrie annulante ».

En fait c'est sous deux aspects distincts que le CIA est associé à DARWIN. D'une part, sous l'aspect recombinaison des faisceaux issus des télescopes, et là il s'agit bien du CIA déjà décrit ci-dessus (études soumises à confidentialité). D'autre part, sous l'aspect déphasage achromatique, où c'est la propriété fondatrice d'un déphasage achromatique par passage au foyer et non le CIA lui-même qui est sollicitée (détails ci-après).

Télescopes imageurs pupille compacte (ouverture unique) le CIA dans l'axe.

Pour le NGST, et en particulier pour l'instrument embarqué MIRI, le CEA (Saclay), responsable du projet, considère favorablement la possibilité d'insérer un CIA dans le train optique. Ici, l'architecture du CIA donnant une sortie coronographique dirigée perpendiculairement au faisceau d'entrée est peu favorable à l'insertion. C'est pourquoi Jean

Gay (encore «bigre», ou «fichtre» ou ...) a conçu le CIAXE, qui garde dans l'axe le faisceau « coronographé ». Dessin ci-dessous, mais pas davantage pour cause de confidentialité.

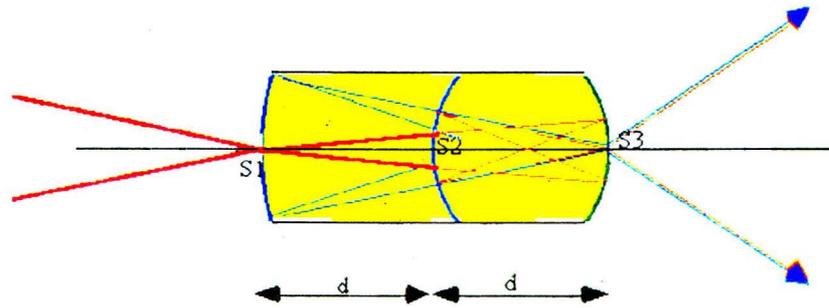


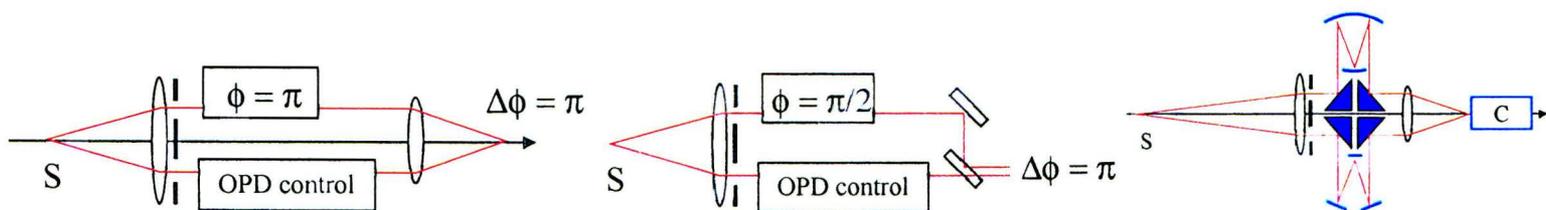
Schéma de principe du CIAXE : les mêmes fonctions optiques du CIA compact se retrouvent, mais gérées par des dioptries coaxiaux. La réfraction et le rapport de grandissement différents de l'unité provoquent les changements d'ouverture des faisceaux incident et émergent. Une première réflexion et division d'amplitude a lieu sur S2, les deux bras comportent les réflexions internes sur S1 et S3 (rendues réfléchissantes), la recombinaison se fait à nouveau sur S2 et focalise sur S3.

5.4. CIA et DARWIN, les déphaseurs achromatiques à très haute réjection

Dans le projet DARWIN où la mission « détection et spectroscopie des exoplanètes de type Terre » requiert une approche « interférométrie annulante » où un point crucial est la réalisation d'un déphasage achromatique de π sur une large bande en infrarouge thermique. C'est le rôle des « **Achromatic Phase Shifters** » (APS), sous-systèmes qui conditionnent l'emploi effectif du mode *nulling* (interférences destructives) avec comme spécification un taux de réjection supérieur à 10^6 . L'autre fonction à assurer pour le mode *nulling* est la recombinaison des faisceaux qui doivent interférer destructivement. Déjà évoqué ci-dessus, le rôle potentiel du CIA ne sera pas davantage commenté dans la suite de ce papier.

Une interférence destructive entre les ondes collectées par deux télescopes passe par l'insertion d'un déphasage de π entre ces ondes. Selon la configuration de la pupille collectrice diluée (plus de deux télescopes), ce n'est pas π mais une fraction quelconque de π qui peut être demandée. Toutefois dans l'état du projet DARWIN, c'est le déphasage de π qui est visé par l'ESA et la propriété portée par la traversée de foyer (*focus-crossing*) s'inscrit naturellement dans l'ensemble des solutions envisageables pour les APS.

En anticipant sur la recombinaison des faisceaux, il faut noter que le déphasage achromatique requis est soit π soit $\pi/2$.



Gauche : recombinaison de type «champs de franges» (multi-axiale), le déphasage entre les ondes requis pour l'extinction est π .

Milieu : recombinaison de type «teinte plate» (mono-axiale), le déphasage entre les ondes requis pour l'extinction est $\pi/2$ à cause du déphasage additionnel provoqué par la lame de recombinaison.

Droite : Principe du montage de validation de l'APS *focus-crossing* : Source S, collimateur et masque figurant deux télescopes, recombinaison en plan image sur la cible de la caméra C

Il se trouve que l'approche *focus-crossing* permet aussi, au prix d'une perversion du *design* générique, d'obtenir un déphasage achromatique de $\pi/2$. Un premier montage d'essai a validé cette possibilité, la théorie en termes d'optique de Fourier est elle en cours de publication.

Le passage par foyer construit en deux étapes (chacune donnant $\pi/2$) le déphasage de π . Ces deux étapes, avant et après franchissement du foyer, se reconnaissent, par exemple, dans une optique souffrant d'astigmatisme et montrant deux focales d'astigmatisme. Ainsi peut on associer un déphasage de $\pi/2$ à chaque franchissement de focale. Le principe du déphasage de $\pi/2$ achromatique est d'envoyer à l'infini l'une des focales, c'est-à-dire d'employer de l'optique cylindrique dans l'œil-de-chat.

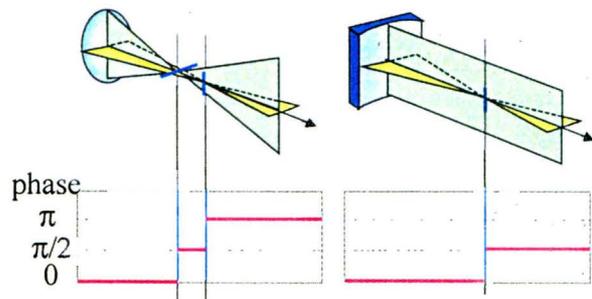


Schéma synoptique illustrant le principe du déphasage achromatique de $\pi/2$ par passage au foyer.

Notre investissement dans les APS de DARWIN se poursuit dans le cadre d'un consortium Européen, ayant remporté l'appel d'offre de l'ESA pour les APS, sous la responsabilité de l'Institut d'Astrophysique Spatiale et en collaboration avec Alcatel Space.

5.5. Une conjoncture et une opportunité : GENIE

DARWIN est un projet très ambitieux, chargé d'enjeux scientifiques et techniques, avec de nombreux défis technologiques. Concernant le processus de *nulling* en infrarouge thermique, l'ESA et l'ESO lancent un effort conjoint pour élaborer un précurseur sol utilisant le VLT, le projet GENIE (*Ground Based European Nulling Interferometry Experiment*).

L'aspect recombinaison des faisceaux en mode *nulling* va faire naître des appels d'offres. Or, développer un instrument focal à installer au Cerro Paranal et gérer un ensemble de défis techniques (pas toujours modélisables de façon fiable) représentent pour les laboratoires candidats une conduite à risque et dépourvue de souplesse. La disposition d'une base d'accueil, libre des contraintes du VLT et permettant des essais sur le ciel avant d'établir un *design* final, serait un avantage indéniable, par exemple pour tester les divers concepts de recombinateurs. Il se trouve qu'une base interférométrique construite jadis pour la Synthèse d'Ouverture en IR thermique est disponible à l'OCA. Des efforts de mise à niveau de cette infrastructure sont déjà entrepris. Le point dur est toutefois le rajeunissement des optiques des télescopes. Mais cela pourrait être l'occasion d'implanter de l'optique hors d'axe permettant d'éviter la présence d'une obstruction centrale préjudiciable aux performances dans le domaine IR thermique. Ce serait une première, du moins en Europe. Cette entreprise, provisoirement nommée GENIE SOIR, demeure pour l'instant à l'état de projet à structurer.

6. Conclusion

Pour nos collègues, le CIA et ses divers avatars restent une nébuleuse où les diverses voies de communication ne sont pas bien balisées, où tracer des frontières et situer des appartenances n'est guère commode. Ce papier, je l'espère, vous en fournira les clefs. D'une manière globale, on peut dire que la « mouvance CIA » est le produit de la rencontre de problèmes d'Imagerie à Haute Résolution Angulaire, à Très Haute Dynamique, d'une propriété déphasante de la lumière et de l'imagination de notre collègue J. Gay, astronome de l'OCA qui demeure incorrigiblement créatif.

Les CHERCHEURS ETRANGERS à l'OCA en 2001 et 2002

L'OCA est largement ouvert aux chercheurs étrangers. L'ADION essaie de favoriser au maximum l'accueil de ces visiteurs en aidant à leur installation lors de leur arrivée. Cet accueil est favorisé par :

- la possibilité de recruter pour un ou plusieurs mois un chercheur étranger sur des postes vacants d'astronome de l'OCA (détachement, retraite, ...) ;
- l'obtention de postes temporaires au CNRS ou au Ministère de l'Education Nationale ;
- le programme Henri Poincaré par lequel deux bourses post-doctorales, cofinancées par le CNRS et le Conseil Général des Alpes-Maritimes, sont accordées chaque année à de jeunes chercheurs étrangers ;
- de nombreux contrats européens, accords bilatéraux, ...

Nous publions ci-dessous la liste des chercheurs étrangers accueillis à l'OCA pendant l'année 2001 et 2002 pour un séjour supérieur à 15 jours. Pour chacun des trois départements scientifiques qui constituent l'OCA, cette liste donne l'origine géographique du chercheur invité, la durée de son séjour et la recherche développée.

NOM, prénom Pays	Durée du séjour et poste obtenu Thème de recherche
---------------------	---

Au département CERGA :

BOURGET Pierre Brésil	3 semaines – convention CNPq-CNRS Développement d'un instrument solaire.
DJAFER Djelloul Algérie	2 mois – bourse CMEP-EGIDE Réduction des données DORAYSOL
DJAFER Djelloul Algérie	6 semaines – bourse CMEP-EGIDE Logiciels d'acquisition de DORAYSOL2
JAVARAIAH Javaraiah Inde	2 mois – Poste Enseignement Supérieur Rotation différentielle solaire
SAIDI M. Yacine Algérie	7 semaines – bourse CMEP-EGIDE Logiciels de la caméra MISOLFA
VOKROUHLICKY David Tchéquie	1 mois – Poste Enseignement Supérieur Orbitographie et paramètres post-newtoniens de la gravitation

Au département Cassini :

BLANK Mikhail CEI	3 et 4 mois – Poste Enseignement Supérieur Probabilités, Systèmes dynamiques.
BOGAEVSKI I. CEI	1 mois – Poste Enseignement Supérieur Singularités et hydrodynamique.
DZIEMBOWSKI Wojtek Pologne	1 mois – Programme d'échange France – Pologne Astérosismologie.
ERCOLANI Nick Etats-Unis	2 semaines – Mission d'université Dynamique des textures convectives.

ERCOLANI Nick Etats-Unis	1 mois – Mission d’université Equation de phase pour la convection de Rayleigh-Bénard.
GAMA Silvio Portugal	2 mois – Congé sabbatique Traceurs passifs dans les modèles de vortex.
GURBATOV Serguei CEI	2×2 mois – Poste Enseignement Supérieur Cosmologie, équation de Burgers ND et acoustique non linéaire.
HASSLACHER Brosel Etats-Unis	10 semaines – mission d’université reconstitution de l’Univers primitif dans des nanotubes.
HUESO Ricardo Espagne	1 an – Bourse de l’Espagne Atmosphère des planètes géantes, disques protoplanétaires.
HUESO Ricardo Espagne	3 mois – Bourse Henri Poincare Atmosphère des planètes géantes, disques protoplanétaires.
JELIGOVSKI Vladimir CEI	3 mois – Poste Enseignement Supérieur Effet dynamo et équation de Monge-Ampère pour la cosmologie.
KAVELAARS J.J. Canada	2 semaines – Invitation du laboratoire Recherche d’objets trans-neptuniens.
KHANIN Konstantin CEI	1 mois – Poste Enseignement Supérieur Equation de Burgers forcée et modèle de Kardar-Parisi-Zhang.
KOCHUR A. CEI	2×1 mois – Poste Enseignement Supérieur Ionisation des éléments Al, Si, S; effet Auger.
KUZNETSOV Evgueny CEI	2×1 mois – Collaboration CNRS – Institut Landau de Moscou Singularités en physique non linéaire.
LANOTTE Alessandra Italie	3 semaines – Poste vacant d’astronome Déclin de la turbulence
LAZREK Mohamed Algérie	6 semaines – Poste vacant d’astronome Analyse des données GOLF pour les modes de pression du Soleil
LEGA Joceline Etats-Unis	2×1 mois – PICS CNRS/NSF Hydrodynamique des colonies de bactéries.
LEVINSON Harold Etats-Unis	4 mois – Mission d’Université Evolution primitive du Système Solaire
MATSUMOTO Takeshi Japon	1 an – Bourse du Japon Les problèmes du scalaire actif.
MATSUMOTO Takeshi Japon	3 mois – poste Enseignement Supérieur Singularités dans l’équation d’Euler.
MAZZINO Andrea Italie	1 mois – Poste Enseignement Supérieur Turbulence et scalaire passif.
MECHERI Redouane Algérie	1 mois – Poste vacant d’astronome Rayon et aplatissement solaire.
MOLCHAN George CEI	2×4 mois – Poste Enseignement Supérieur Grandes déviations et modèle probabiliste de la turbulence.
MORAIS Maria Helena Portugal	4 mois – Bourse du Portugal Mouvements coorbitaux dans le Système Solaire interne.
NAGENDRA K.N. Inde	2×2 mois – Poste Enseignement Supérieur Polarisation des raies spectrales par effet Hanle.
NESVORNY David République Tchèque	2 mois – Programme Henri Poincaré Instabilités lentes dans le Système Solaire.
PANDIT Raul Inde	2×3 semaines – Contrat CEFRIpra Magnétohydrodynamique et mécanique statistique.
PODVIGUINA Olga CEI	3 mois – Poste Enseignement Supérieur Turbulence et bifurcations.

SAUMON Didier Canada	3 semaines – Mission d'université Equations d'état des planètes géantes.
SAUR Joachim Allemagne	3 mois – Contrat Franco-Italien Turbulence faible dans la magnétosphère jovienne.
SOBOLEVSKI Andrei CEI	1 et 2 mois – Poste Enseignement Supérieur Transport de masse appliqué à la cosmologie.
TANGA Paolo Italie	1 an – Bourse Henri Poincaré Formation des planétésimaux.
TOH Sadayoshi Japon	2 semaines – Poste vacant d'astronome Apparition de singularités dans un fluide convectif.
VILLONE Barbara Italie	2 semaines – Poste vacant d'astronome Instabilités à grande échelle en géophysique et cosmologie.
VOKROUHLICKY David Tchéquie	1 mois – Poste vacant d'astronome NEAs et famille d'astéroïdes.
ZHELIGOVSKI Vlad. CEI	3 mois – Poste Enseignement Supérieur Dynamo et équation de Monge-Ampère.

Au département Fresnel :

BURDYUZHA Vladimir CEI	2 mois – Poste vacant d'astronome ondes gravitationnelles
FOKIN Andrei CEI	1 mois – Poste vacant d'astronome Pulsations non linéaires dans les étoiles β -Céphéides
JANKOV Slobodan Serbie	6 mois – Poste Rouge CNRS Structures photosphériques d'étoiles chaudes par imagerie Doppler.
PARTHASARATHY Moudumba Inde	1 mois – poste Enseignement Supérieur Abondances chimiques de surface d'étoiles évoluées.
SYLVESTRO Giovanni Italie	9 mois – Mission d'université etoiles froides et AGBs.
STERKEN Chris Belgique	1 mois – Poste vacant d'astronome Pulsations des étoiles Céphéides.
WEHRSE Reiner Allemagne	1 mois – Invitation du laboratoire Codes de transfert radiatif pour les étoiles chaudes.

Le PROGRAMME HENRI POINCARÉ

de l'Observatoire de la Côte d'Azur

Le programme du programme Henri Poincaré de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) comporte deux bourses post-doctorales co-financées par le CNRS et le Conseil Général des Alpes-Maritimes et attribuées à des chercheurs ayant obtenu leur Ph.D. dans un laboratoire étranger depuis moins de cinq ans. La publicité en a d'abord été faite auprès des instituts compétents et dans la presse internationale spécialisée (Nature et Physics Today). Devant le faible nombre de candidats suscités par la publicité payante et l'inflation de son coût, il a été décidé de l'arrêter à partir de la campagne 2001 - 2002 au profit des listes électroniques de diffusion des différentes communautés (ex.: Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique, Programmes Nationaux, etc.).

Les candidatures sont examinées par le **Comité Post-doctoral de l'OCA (CPOCA)** qui propose une liste sélectionnée de quatre à cinq noms au **Comité Henri Poincaré**. Ce comité décide alors du classement définitif. Dans l'analyse des dossiers, il est tenu compte de la production du candidat (en relation avec son âge), de l'avis des personnalités (en relation avec leur notoriété), de l'originalité des recherches menées et de leur insertion dans les activités de l'OCA.

Les membres du CPOCA ont été renouvelés au cours de l'année 2000. Ont été élus MM. B. Gladman, E. Slezak, F. Vakili et M. Vergassola, et nommés MM. A. Brillet et P. Exertier.

Le Comité Henri Poincaré a également été renouvelé en 2001. Pour Les délibérations des années 2001 et 2002, sa composition était la suivante :

- M. T. DAMOUR, représentant de l'Académie des Sciences ;
- M. A. LABEYRIE, représentant du Collège de France ;
- Mme A.-M. LAGRANGE, représentante du CNRS (INSU) ;
- M. L. NÈGRE, représentant du Conseil Général des Alpes-Maritimes ;
- Mme E. ROUEFF, représentante du MESR (direction de la recherche) ;
- M. J. COLIN, Directeur de l'OCA ;
- et M. E. SLEZAK, Secrétaire Scientifique du CPOCA.

Un avenant à la convention ADION-OCA, adopté en septembre 1992, permet à l'ADION de participer à ce programme post-doctoral Henri Poincaré.

Attribution des bourses 2001-2002 et 2002-2003

Pour l'année 2001-2002, le CPOCA s'est réuni le 15 février 2001 pour étudier l'ensemble des dossiers. L'examen des candidatures a confirmé les tendances qui se dégagent depuis quelques années, à savoir une stabilisation du nombre de candidatures à un peu plus d'une quinzaine et une qualité moyenne des dossiers plus que satisfaisante avec près des trois-quarts des candidats d'excellent niveau. Rappelons par ailleurs que ces mêmes candidats déposent souvent plusieurs demandes auprès de différents instituts et retiennent le plus avantageux, notamment en terme de durée. Avec seulement une année, l'OCA est à ce titre peu concurrentiel, surtout depuis l'augmentation très sensible de l'offre, en particulier dans le monde anglo-saxon. Toujours est-il que pour éviter d'avoir à gérer les difficultés inhérentes à un désistement tardif, le CPOCA se renseigne sur la probabilité que le candidat choisisse en priorité l'OCA avant d'effectuer un classement définitif. Cela n'est malheureusement pas toujours suffisant ...

Confirmé par le comité Henri Poincaré, le classement proposé par le CPOCA comportait une liste de sept noms dont les quatre premiers étaient :

- 1) Archana Pai, de nationalité indienne (Ph.D. mi-2001). Avec une thèse de référence sur la stratégie d'analyse des données d'un réseau d'interféromètres afin d'y détecter des ondes gravitationnelles, sa venue à l'OCA était grandement souhaitée à un moment où l'équipe autour du projet Virgo allait définir sa propre stratégie d'analyse.
- 2) Gloria Falchetto, de nationalité italienne (Ph.D. fin 2001). Ses compétences sur la dynamique des plasmas confinés étaient d'un grand intérêt pour examiner avec les chercheurs de l'OCA concernés des problèmes de magnétohydrodynamique solaire (accélération du vent, réchauffement de la couronne).
- 3) Lynne Allen, de nationalité américaine (Ph.D. fin 2001). Sa maîtrise de l'ensemble des outils nécessaires pour la détection automatisée d'objets de la ceinture de Kuiper en faisait une partenaire privilégiée pour une équipe de planétologie dynamique travaillant sur ce thème de recherche.
- 4) Thomas Boeck, de nationalité allemande (Ph.D. en 2000). Faisant preuve d'une maîtrise remarquable des outils numériques de la mécanique des fluides, son programme de recherche s'articulait autour de simulations couplant convection et magnétohydrodynamique pour la tachocline solaire.

A. PAI a accepté l'offre qui lui a été faite. G. Falchetto a par contre renoncé au tout dernier moment. Les cinq autres candidats en lice n'étant alors plus disponibles, le CPOCA a décidé d'accepter la demande de renouvellement déposé par l'un des lauréats de l'année précédente (campagne 2000–2001), M. P. TANGA, mécanicien céleste spécialisé dans l'étude de la formation des petits planétésimaux dans les disques protoplanétaires.

Concernant la campagne 2002–2003, le classement des dossiers réalisé par le CPOCA le 15 février 2002 s'est vu entériné par le comité Henri Poincaré. Parmi les dix-sept dossiers présentés, cinq candidatures particulièrement intéressantes ont été isolées. Elles concernaient :

- 1) Ricardo Hueso, de nationalité espagnole (Ph.D. en 2000). A la croisée de plusieurs thématiques de l'OCA avec lequel il a déjà noué des collaborations, ses travaux, remarquables par la complexité de la physique en jeu, concernent l'évolution des disques protoplanétaires.
- 2) Andrei Sobolevski, de nationalité russe (Ph.D. en 1999). Spécialisé dans les méthodes d'optimisation en dynamique des fluides, son objectif est de développer sa collaboration avec l'OCA pour améliorer la solution très originale mise au point pour reconstruire l'évolution d'une distribution de masse (ex.: grandes structures de l'Univers) à partir d'une technique de transport optimal.
- 3) Peter Woitke, de nationalité allemande (Ph.D. en 1996). L'étude des instabilités pouvant se développer dans le milieu circumstellaire des étoiles évoluées et la future exploitation de l'instrument MIDI du VLTI était au centre du programme de recherche proposé.
- 4) Sophie Pireaux, de nationalité belge (Ph.D. mi-2002). Sa connaissance des théories de la gravitation auraient aidé à formaliser les déplacements induits par le Soleil sur la position des étoiles selon ces différentes théories, puis à simuler le signal du futur satellite astrométrique GAIA.
- 5) Kleomenis Tsiganis, de nationalité grecque (Ph.D. mi-2002). S'appuyant sur ses travaux en dynamique chaotique des astéroïdes, le programme de recherche mis en avant concernait les problèmes de diffusion au sein de la couronne principale.

M. R. HUESO a démarré son séjour postdoctoral à l'OCA en octobre 2001 ; il vient toutefois de démissionner pour accepter une bourse de trois ans en Espagne. M. A. SOBOLEVSKI est lui arrivé à la mi-janvier 2003. Signalons pour finir que M. K. Tsiganis a pu être invité à l'OCA pour un séjour de longue durée sur les crédits scientifiques de l'un de nos collègues, A. Morbidelli.

Compte-rendu des bourses 2000–2001 et 2001–2002

Les résumés des travaux effectués au cours de leur séjour à l'OCA par les lauréats du programme Henri Poincaré, MM. Francis WILKIN et Paolo TANGA pour l'année 2000–2001 et Mme Archana PAI et M. Paolo TANGA pour l'année 2001–2002, vous sont présentés ci-après.

Dans le cadre d'une bourse postdoctorale Henri Poincaré, j'ai fait partie de l'équipe d'interférométrie optique Grand Interféromètre à 2 Télescopes (GI2T) sur le Plateau de Calern. Mes activités scientifiques concernaient deux volets : réalisation de modèles dynamiques des vents protostellaires d'une part et observations interférométriques et qualification de l'instrument GI2T d'autre part. Avant de décrire ces activités je voudrais remercier vivement le comité Poincaré et l'Observatoire de la Côte d'Azur de m'avoir accueilli et soutenu pendant cette période. Je voudrais également remercier mes chefs d'équipe Farrokh Vakili et Denis Mourard.

I. Modèles des vents protostellaires dans un flux d'accrétion

Les étoiles se forment dans un processus d'effondrement des nuages interstellaires (cœurs moléculaires), mais toutes les étoiles possèdent un vent qui s'échappe de leur superficie ou d'un disque circumstellaire. Il y a donc une période d'interaction dans la vie d'une proto-étoile où le vent se forme et s'échappe pour la première fois, en repoussant le gaz qui est en train de tomber sur l'étoile en formation. J'ai développé des modèles numériques de cette période protostellaire en calculant l'évolution d'une bulle de gaz qui subit un choc. Cette bulle accumule de son côté intérieur la matière du vent protostellaire et de son côté supérieur la matière en effondrement qui tombe d'en haut ; l'évolution dépend de ces deux flux de masse et de la quantité de mouvement et de moment angulaire emportés par ces flux. Le champ gravitationnel de l'étoile centrale doit par ailleurs être inclus dans l'équation de force. Le résultat principal de ce travail est que j'ai déterminé à quel moment dans la vie de l'étoile son vent peut s'échapper pour la première fois en fonction des paramètres du vent stellaire et du cœur moléculaire initial. Les solutions numériques sont de trois sortes et représentent trois phases : 1) initialement, le vent ne peut pas se former et le gaz en effondrement touche directement la superficie de l'étoile ; 2) quand les effets de rotation sont suffisamment importants, l'effondrement a une distortion qui dirige le gaz vers un disque circumstellaire. Le vent protostellaire commence alors à repousser le gaz en effondrement, mais la bulle qui se forme devient alors si massive qu'elle ne peut continuer son expansion et tombe sur l'étoile dans un cycle qui se repète plusieurs fois ; 3) finalement, quand les effets de rotation sont tellement puissants que presque tout le gaz en effondrement est dirigé vers le disque, le vent génère une bulle qui continue son expansion et s'échappe complètement de l'environnement de la proto-étoile. A partir de ce moment, l'étoile aura un vent qui s'échappe librement dans l'espace.

Les calculs ont été faits à l'OCA, la rédaction de l'article au Mexique à l'Institut d'Astronomie de la *Universidad Nacional Autónoma* de Mexico, et l'article a été soumis pour publication (cf. ci-dessous). Pendant la période de ma bourse, j'ai présenté ces résultats dans plusieurs colloques en France et à Madrid.

II. Qualification du GI2T

Le télescope GI2T a subi d'importants changements et rénovations dans les années récentes. J'ai aidé dans la phase de qualification, en particulier avec la calibration du spectroscopie en longueur d'onde, en collaboration avec Nathalie Thureau (OCA). J'ai aussi participé à plusieurs nuits d'observation pour aider à cette qualification en collaboration avec toute l'équipe. J'ai commencé une collaboration avec Daniel Bonneau (OCA) afin d'observer l'étoile *Beta Lyre*, mais nous espérons toujours les observations parce que l'asservissement de franges ne fonctionnait pas encore pendant mon séjour à l'OCA.

III. Observations avec le "Palomar Testbed Interferometer" (PTI)

J'ai continué une collaboration avec Rachel Akeson de l'Institut de Technologie de Californie, en observant un échantillon d'étoiles jeunes de type Herbig AeBe. Ces étoiles pré-séquence principale sont de masse intermédiaire (entre 3 et 8 masses solaires). Nos observations de 2000 et 2001 avec l'interféromètre infrarouge PTI ont une résolution d'une micro-seconde d'arc, ce qui permet d'étudier la distribution de poussière à une distance de l'ordre d'une unité astronomique. Nous avons pour la première fois réussi à résoudre le disque circumstellaire de l'étoile *V1057 Cyg*, ce qui est le second exemple d'une étoile de type *FU Orionis* résolue par interférométrie optique. Nous avons résolu aussi l'étoile Herbig *V594 Cas* et des mesures de l'étoile MWC147 montre que la distribution de poussière doit être asymétrique. Ces observations ont été présentées récemment dans la conférence du JENAM à Porto, Portugal, avec publication dans le livre de la conférence. En ce moment je suis en train de comparer les données avec divers modèles théoriques et je publierai un article bientôt dans *Astrophysical Journal*.

Je suis actuellement un chercheur postdoctoral dans l'Institut d'Astronomie à l'Université Nationale Autonome du Mexique à Morelia.

Publications :

Trapped Protostellar Winds and Their Breakout, F.P.Wilkin & S.W. Stahler, soumis à *Astrophysical Journal* (approx. 16 pages du journal)

Palomar Testbed Observations of Young Stellar Objects, F.Wilkin & R.Akeson envoyé à: "The Very Large Telescope Interferometer, Challenges for the Future", Eds. P.J.V.Garcia, T.Henning, F.Malbet, Kluwer, Porto, Portugal (à paraître en 2003)

The GI2T-Regain Interferometer, D.Mourard *et al.* 2001, SF2A, EDPS Conference Series in Astronomy and Astrophysics, 453

Colloques :

"*The Interaction of Protostellar Winds with the Infall Environment*".

Fév 18, Observatorio Astronomico Nacional, Alcala de Henares, Espagne

"*L'Interaction des vents protostellaires avec la matière en effondrement*".

Fév 20, 2002, Laboratoire d'Astrophysique, Nice, France

Fév 15, 2002, Observatoire de la Cote d'Azur, Grasse, France

Fév 12, 2002, Ecole Normale Supérieure, Paris, France

Fév 5, 2002, Observatoire de Nice, France

Nov 29, 2001, Centre d'Etudes Atomiques de Saclay, Paris, France

Compte-rendu d'activité

Paolo Tanga, Bourse Henri Poincaré 2001-2002

Un séjour de deux années à l'Observatoire de Nice est propice à modifier de façon considérable ? a priori inattendue et pour le meilleur ? une activité de recherche. Grâce à l'opportunité offerte par la Bourse H. Poincaré, j'ai pu mener à bon terme plusieurs projets pré-existants et entamer une nouvelle voie de recherche, pas seulement grâce aux nombreuses collaborations avec les membres de l'équipe de planétologie et de turbulence du laboratoire Cassini, mais aussi grâce aux contacts avec différents chercheurs de l'Observatoire impliqués dans d'autres activités, telles que l'observation à haute résolution angulaire.

La naissance d'interactions fructueuses que je vais détailler dans la suite est en partie la conséquence de mon activité de recherche pré-existante. Celle-ci, menée avec de grandes difficultés du fait des contraintes liées à mon bas niveau d'emploi en Italie, avait malgré tout abouti à un certain nombre d'idées qui n'attendaient qu'à être développées, en particulier dans le domaine de la formation planétaire, et plus précisément concernant l'interaction entre le gaz et les solides dans un disque protoplanétaire. Parallèlement, j'ai eu l'opportunité d'exploiter ma passion pour l'astronomie observationnelle en me familiarisant avec plusieurs techniques d'observation pour les appliquer ensuite à l'étude collisionnelle des astéroïdes.

Toutefois, les contraintes mentionnées plus haut liées à mon statut n'avaient pas permis le développement de recherches à partir de ces expériences diverses avant mon séjour niçois. C'est donc dans le bureau du pavillon H. Chrétien que des idées abstraites ont commencé à se concrétiser. Dans la suite, je présente un résumé des principaux résultats et les développements à venir.

Croissance inhomogène des planétésimaux: I ? structures cohérentes

Mes travaux précédents avaient mis en évidence la possibilité de concentrer des particules solides dans les structures cohérentes (tourbillons 2D) qui pourraient se développer dans un disque képlérien. La présence d'un tel mécanisme pourrait s'avérer primordiale dans la formation planétaire, car elle offrirait une solution à deux énigmes encore non résolues qui concernent les premières phases de formation planétaire. La première énigme provient d'un mouvement radial systématique vers l'étoile des particules solides ayant une taille autour de 1-10 cm qui empêcherait leur croissance: ces petits grains, soumis à une friction due au gaz du disque (en rotation sub-képlérienne) auraient tendance à perdre de l'énergie orbitale, et donc à chuter vers le Soleil dans des temps extrêmement courts (10^3-10^4 années) par rapport à leur taux de croissance. La deuxième énigme concerne directement les premières étapes de croissance des planétésimaux (jusqu'à des tailles de 1-10 km), qui doivent être assez rapides pour favoriser la formation de corps plus gros. Il faut rappeler que, par exemple, la planète Jupiter doit être formée en présence d'une composante gazeuse importante, ce qui n'est plus possible après 10^7 années de vie du disque. Les observations suggèrent en effet que la durée de présence de gaz dans un disque ne dépasse pas cette échelle de temps.

Une exploration exhaustive du mécanisme de capture des particules solides dans les tourbillons bidimensionnels qui pourrait empêcher leur chute trop rapide vers l'étoile et favoriser ainsi leur croissance comporte toutefois plusieurs difficultés. La première consiste à clarifier le rôle de plusieurs mécanismes qui entrent en jeu lorsqu'une grande quantité de masse, sous forme d'un

grand nombre de corps, est concentrée dans un espace très limité et en présence du cisaillement képlérien. Si, d'une part, les collisions mutuelles entre les corps solides peuvent être favorisées et provoquer une croissance efficace de ces corps vers des tailles plus importantes, les perturbations gravitationnelles mutuelles, à l'inverse, ont tendance à provoquer la dissipation de l'amas. Une étude numérique détaillée était donc nécessaire pour mesurer la conséquence de ces effets, ainsi que le développement d'outils d'analyse dédiés. Ces travaux ont demandé beaucoup de temps car il s'agissait d'abord de tester la validité de notre approche et l'adaptation des codes numériques. Grâce aux machines de calcul de l'Observatoire (notamment dans le cadre de l'opération SIVAM), une exploration numérique a d'abord été menée pour comprendre cette phase de dispersion sous l'action de la seule gravité (Tanga et al. 2002). Les résultats montrent qu'en l'absence de gaz, les perturbations gravitationnelles mutuelles finissent par disperser un ensemble de particules qui sont d'abord concentrées. Dans une deuxième étape, nous avons commencé à développer des travaux dont le but est la prise en compte simultanée pour la première fois de la gravité et du mécanisme de capture par les tourbillons, en incluant le rôle de la croissance (Tanga et al. 2003).

Croissance inhomogène des planétésimaux: II ? instabilité gravitationnelle

La possibilité d'aboutir à des distributions de planétésimaux fortement inhomogènes et l'utilisation d'hypothèses établies sur la formation des noyaux cométaires (Weidenschilling 1997) m'ont motivé pour développer une étude numérique de l'instabilité gravitationnelle dans un disque de planétésimaux. La machine de l'opération SIVAM II de l'OCA et les machines parallèles du Centre National Idris ont été utilisées pour cette étude. Les résultats principaux m'ont permis d'observer le régime non-linéaire de croissance des perturbations instables dans un disque protoplanétaire et d'étudier la croissance des planétésimaux dans un nouveau contexte. Une partie des résultats obtenus ont trouvé une application immédiate dans le cadre du modèle de S. Weidenschilling cité plus haut et ont mis en évidence pour la première fois la formation de systèmes d'objets binaires tels qu'on les observe dans la ceinture de Kuiper actuelle.

Croissance inhomogène des planétésimaux: III ? les petites échelles

Les résultats obtenus par J. Bec dans sa thèse de doctorat à l'OCA ont permis de commencer une collaboration ayant pour but l'étude de la croissance de petites particules (dans le cas du disque protoplanétaire, les diamètres typiques sont inférieurs à 1 mm) soumises à une forte turbulence, mais en l'absence de structures cohérentes dans l'écoulement. Les études préliminaires montrent que les particules inertielles peuvent former des régions de haute concentration. Le résultat pourrait être un régime de croissance non prévu par les modèles de formation planétaires actuels basés sur des distributions homogènes des particules solides.

Evolution collisionnelle des astéroïdes: formation des familles dynamiques et observations avec le Télescope Spatial Hubble

L'utilisation d'un code N-corps parallèle a permis pour la première fois d'étudier le rôle de la gravité dans l'évolution dynamique des fragments issus de la destruction d'un astéroïde suite à une collision à haute énergie avec un autre corps. Les résultats obtenus montrent un bon accord avec les données observationnelles concernant les familles d'astéroïdes (Michel et al. 2001 et 2002).

J'ai aussi eu l'opportunité de conclure, après une longue activité de réduction de données, les études physiques sur la forme de certains astéroïdes à partir des observations effectuées avec le Télescope Spatial Hubble (Tanga et al. 2001; Tanga et al. 2003).

Observations en optique adaptative des astéroïdes et des objets de Kuiper binaires.

La synergie SPECIAL développée au sein de l'Observatoire dans le cadre du Super-BQR 2001 porte sur l'observation coronographique des planètes extrasolaires. Elle m'a fourni l'opportunité précieuse d'entrer en contact avec les chercheurs de l'Observatoire impliqués dans l'observation à haute résolution angulaire et d'exploiter mes connaissances dans ce domaine. Les caractéristiques du Coronographe Interférentiel Achromatique (CIA) m'ont en effet donné l'idée de suggérer l'utilisation de l'instrument dans le domaine de l'observation des astéroïdes binaires. Cette application, qui est en cours d'étude avec Y. Rabbia, est particulièrement souhaitable pour plusieurs raisons bien précises. Dans un premier temps, il s'agit de vérifier les performances réelles de l'instrument après son montage imminent sur le plan focal du CFHT. Pour cela, les astéroïdes binaires déjà découverts offrent une large gamme de séparations angulaires et de différences de magnitudes entre composantes primaire et secondaire. L'intérêt scientifique est de plus très élevé, car la plupart des systèmes connus ont des paramètres orbitaux très incertains ou encore indéterminés. L'image double et symétrique par rapport à l'axe optique du compagnon d'un astéroïde offerte par le CIA est idéale pour obtenir des mesures astrométriques précises. De plus, l'instrument permet d'accéder à un intervalle de distances primaire-satellite qui n'a jamais été à la portée des instruments normalement utilisés pour la recherche de ces systèmes.

Toujours dans le domaine observationnel, une nouvelle collaboration, qui implique aussi la participation de H. Scholl, concerne la mise en place d'un réseau d'observations qui comprend plusieurs télescopes (dont le VLT, le télescope national italien "Galilée", le CFHT) pour observer des objets de Kuiper pendant leurs passages à proximité d'étoiles dont la luminosité est suffisante pour qu'elles soient utilisées comme références par les systèmes d'optique adaptative.

Conclusion.

En conclusion, je désire mentionner les collaborations et interactions que j'ai eu l'opportunité de développer au sein de l'Observatoire, avec en particulier J. Bec, T. Guillot, R. Hueso, F. Leguet-Tully, P. Michel, F. Mignard, A. Morbidelli, Y. Rabbia, H. Scholl. Mon activité à Nice m'a aussi permis de développer et entretenir plusieurs contacts extérieurs nouveaux, notamment avec: W. Benz (Université de Berne, Suisse), S. Charnoz (CEA, Saclay), P.-H. Chavanis (IRSAM, Université P. Sabatier, Toulouse), B. Dubrulle (CEA, Saclay), J.-M. Huré (Obs. de Paris, Meudon), D. Richardson (Université de Maryland, USA), F. Robert (Muséum d'Histoire Naturelle, Paris), S. Weidenschilling (LPI, USA). Certaines collaborations sont très récentes, mais si mon contexte de travail continue à être aussi favorable, les bases de plusieurs travaux et développements futurs sont désormais établies.

Remerciements

La réussite de mon séjour à Nice a été possible grâce au comité H. Poincaré qui m'a accordé cette bourse, et grâce au soutien toujours chaleureux et amical de P. Michel. Je désire aussi remercier le Directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur, J. Colin, pour m'avoir accueilli dans l'établissement. Un remerciement particulier doit aussi être adressé aux autres membres du Laboratoire Cassini, et à son Directeur, H. Frisch, ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont fourni les conditions nécessaires pour mener un bon travail, comme par exemple les membres des services d'informatique et de la bibliothèque. En tout cas, il est impossible pour moi de remercier singulièrement chaque personne pour tous les signes d'amitiés que j'ai recus. J'espère donc seulement pouvoir rester encore assez

longtemps pour pouvoir mieux démontrer à mon tour, dans l'esprit d'une collaboration toujours ouverte, la plus grande gratitude, tout en partageant le bonheur de l'exploration scientifique.

Publications pendant le séjour post-doctoral sur la Bourse Poincaré

Tanga, P., Hestroffer D., Cellino, A., Lattanzi, M., Di Martino, M., Zappalà, V., 2001: *Observations of the binary asteroid 216 Kleopatra with the HST/FGS*, *Icarus*, **153**, 451

Michel, P., Benz, W., Tanga, P., Richardson, D.C., 2001: *Collisions and gravitational reaccumulation: forming asteroid families and satellites*. *Science* **294**, 5547, 1698

Tanga, P., Michel, P., Richardson, D.C., 2002: *Planetesimal clusters in a keplerian disk. I. Gravitational evolution*, *Astron. Astrophys.* **395**, 613–623

Michel, P., Tanga, P., Benz, W., Richardson, D.C., 2002: *Formation of asteroid families by catastrophic disruption*, *Icarus* **160**, 10–23.

Tanga, P., Hestroffer D., Cellino, A., Lattanzi, M., Di Martino, M., Zappalà, V., 2003: *Asteroid observations with the Hubble Space Telescope FGS: duplicity search and size measurements for 6 asteroids.*, *Astron. Astrophys.*, in press.

Tanga, P., Chavanis, P.-H., Michel, P., Richardson, D.C., 2003: *Planetesimal clusters in a keplerian disk. II. Gravitational dynamics in anticyclonic vortices*. *Astron. Astrophys.*, submitted.

Summary of research
(January - December, 2002)

Archana A. Pai
Henri Poincare fellow

I joined Department ILGA, Observatoire de la Cote d'Azur, as a Henri Poincare Fellow in January 2002. During this period of one year, I have been involved in the following research activities:

1. Activities involved in VIRGO project
2. Data analysis for LISA
3. Time-Frequency methods for detecting unknown gravitational wave sources

In this report, I have given (i) Brief summary of the research activities , (ii) List of publications and (iii) Professional talks during this one year.

1. Activities involved in VIRGO project

One of the activities I was involved in this year was analysis of the data taken during the engineering runs of the Central Interferometer. The Central Interferometer has 6 m arm-length much smaller than the future 3 km VIRGO but with the same technical choices of electronics, suspensions etc as that of VIRGO. The goal of commissioning of Central Interferometer was to understand the behavior of suspended interferometer over long periods and try to minimize the noise level by improving the technical choices. The commissioning comprised in all 5 engineering runs (during September 2001 till July 2002) where the data was taken continuously for 3 days and stored for analysis. Within VIRGO, during/after each engineering run, different collaboration groups carry out detailed study of various tasks. I am involved in two such groups. Below, I briefly mention my activities during this commissioning.

- **Line characterization**

Collaborator(s): Line characterization group, VIRGO

The aim of this activity is to identify and characterize the spectral features in the output of the central interferometer after each engineering run. We study the spectrogram as well as do coherency between relevant output channels. A list of prominent lines and their possible physical origins is prepared at the end of each study which helps in understanding the noise in the instrument. The comparative study of various engineering runs gives us the information about the resonances and the noise in various parts.

- **Alignment performances**

Collaborator(s): Alignment group, VIRGO

All the mirrors in the interferometer are suspended by a special design of cascaded pendulums in order to provide good seismic isolation. Due to the temperature variation inside the tower, the length of this suspensions change and hence the suspended mirrors slowly drift, which alters the linear alignment of the whole interferometer. Under this activity, I was involved in studying this temperature variation effects on the suspensions. This is done by systematically tracking the amplitude variation of

various angular calibration lines during the engineering run and relating it to the temperature variation. This study is important for understanding the linear alignment of the interferometer as well as VIRGO suspensions.

The results of the above study is documented in the technical VIRGO report [Please refer to Publication List].

2. Data analysis for LISA

Collaborator(s) : Sanjeev Dhurandhar - IUCAA, Pune, Rajesh Nayak - IUCAA, Pune, and J-Y Vinet - Observatoire de la Nice, France

The proposed space-based mission of gravitational wave (GW) detection - the Laser Interferometric Space Antenna (LISA) - consists of three identical spacecrafts forming an equilateral triangle of side 5×10^6 km following heliocentric orbits. It has been shown in several recent papers that the six Doppler data streams obtained from a triangular LISA configuration can be combined by appropriately delaying the data streams to cancel the laser frequency noise. Raw laser noise is several orders of magnitude above the other noises and thus it is essential to bring it down to the level of other noises such as shot, acceleration, etc. to attain the proposed LISA sensitivity. In the past, a rigorous and systematic formalism using the powerful techniques of computational commutative algebra was developed, which generates *all* the data combinations canceling the laser frequency noise. The relevant data combinations form a first module of syzygies.

In this work, we use this formalism to advantage for optimizing the sensitivity of LISA by analyzing the noise and signal covariance matrices. The signal covariance matrix is calculated for binaries whose frequency changes at most adiabatically and the signal is averaged over polarizations and directions. We then present the extremal SNR curves for all the data combinations in the module. They correspond to the eigenvectors of the noise and signal covariance matrices. A LISA 'network' SNR is also computed by combining the outputs of the eigenvectors. We show that substantial gains in sensitivity can be obtained by employing these strategies. The maximum SNR curve can yield an improvement upto 70 % over the Michelson, mainly at high frequencies, while the improvement using the network SNR ranges from 40 % upto 100 % over the Michelson.

As a first attempt towards understanding the LISA orbit, we consider a simple toy model, in which LISA rotates in a plane. In this analysis, we estimate the improvement in the LISA sensitivity, if one switches from one data combination to another as it rotates. Here the improvement in sensitivity, if one switches optimally over three cyclic data combinations of the eigenvector is about 55 % on an average over the LISA band-width. The corresponding SNR improvement increases to 60 %, if one maximizes over the module.

3. Time-frequency method for detecting unknown sources

Collaborator(s) : Eric Chassande Mottin - Observatoire de la Nice, France

Till date, the only detection technique explored for data analysis using ground based detectors is matched filtering. This method involves prior knowledge of the shape of incoming GW signal. Not much work is done in developing strategies for the unmodeled and unknown sources. The upcoming detectors like bars/interferometers will receive GW from modeled as well as unmodeled astrophysical sources. We need to develop robust data analysis techniques which can detect the gross statistical properties of these sources. The

methods which might show some light in that direction are time-frequency methods. We are trying to investigate this issue. This project has not yet finished.

Publication list

1. *Improving the Sensitivity of LISA*, K. Rajesh Nayak, **A. Pai**, S. V. Dhurandhar, J-Y. Vinet, Submitted to Class. Quant. Grav. (gr-qc/0210014)
2. *Study of time variation of the angular modes of WI mirror under temperature fluctuations*, **Archana Pai**, Eric Chassande-Mottin and Luciano Di Fiore, Technical Report VIR-NOT-OCA-1390-199, VIRGO project (2002).
3. *Analysis of power spectrum lines in Virgo CITF E1 data*, E. Cuoco, T. Cokelaer, **A. Pai**, F. Paoletti, M. Punturo, Technical Report VIR-NOT-FIR-1390-210, VIRGO project (2002).

Professional talks/posters

1. *Improving LISA sensitivity*, Talk given in GREX-2002, Pisa (October 2002).
2. *Identification of Spectral lines in the dark fringe output - E4 run*, Talk given during Virgo Week, University of Rome (La Sapienza) , Rome, Italy (September 2002).
3. *Spectrogram study of E3 run: PrB1pACq vs PrB1ACp*. Talk given in E3 meeting, Cascina, Italy (June 2002).
4. *Time-frequency method of Gravitational Wave Detection*. Talk given in the workshop Temps-frequence pour l'analyse des donnees de l'interferometre Virgo, OCA, Nice, France (June 2002).
5. *Understanding the coupling of z displacement and angular modes?* Talk given in Virgo collaboration meeting, Cascina, Italy (April 2001).

Les ACTIVITÉS de l'ADION

Nice, le 30 janvier 2001

PROGRAMME POUR L'ANNÉE 2001

Vu la convention du 17 avril 1989 entre l'ADION et l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) et notamment ses articles 3, 4 et 5 ;

l'ADION et le directeur de l'OCA décident d'arrêter comme suit le programme des activités de l'ADION concernant l'Observatoire de la Côte d'Azur pour l'année 2001.

- 1) L'ADION assure la diffusion d'un bulletin en France et à l'étranger qui présente les activités de l'ADION et quelques points forts de l'activité scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Le Secrétaire Général de l'ADION, E. SLEZAK, coordonnera le bulletin n° 35 à paraître en décembre 2001.
- 2) L'ADION, par l'intermédiaire de son Président, H. SCHOLL, décerne une médaille annuelle qui honore un scientifique dont les travaux ont eu un impact significatif sur les activités de recherche menées à l'Observatoire de la Côte d'Azur.
- 3) L'ADION contribue à l'accueil des chercheurs étrangers séjournant à l'Observatoire de la Côte d'Azur pour des visites de toutes durées. Cette activité est coordonnée par la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD.
- 4) L'ADION assure des tâches de gestion de contrats, conventions, subventions passés par des organismes divers avec l'Observatoire de la Côte d'Azur. Cette action est confiée à la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD.



Hans SCHOLL
Président de l'ADION

Jacques COLIN
Directeur de l'OCA

Procès-verbal de l'Assemblée Générale statutaire

du 23 mars 2001

La séance commence à 10h10 dans la salle de réunion (NEF) du CION sur le site de Nice.

Membres présents (14):

Mmes et MM. Chappelet J., Colin J., Debanne A. et Mme, Franck P., Frisch H., Jourdan M., Noullez A., Parienti H., Renaud C., Scholl H., Slezak E., Stee P., Thorel J.-C.

Ont donné procuration (22):

Mmes et MM. Bardos C., Bely-Dubau F., Benest D., Berruyer N., Blamont J., Bonnet R.-M., Caseneuve C., Cayrel R., Chopinet M., Choux D., Clorennec A., Demichel F., Dumont S., Faucher P., Hénon M., Kovalevski J., Pecker J.-C., Sahade J., Sicardy B., Schatzman E., Tully J., Thiry Y.

Suite au renouvellement du Conseil de l'ADION le 21 mars 2000, rappelons la composition du Bureau de l'ADION élu le 31 mars 2000. Ont été élus à l'unanimité des votants : Président, M. Hans Scholl; Vice-Présidente, Mme Hélène Frisch; Secrétaire Général, M. Eric Slezak; Trésorière, Mme Catherine Renaud.

Les membres présents désignent comme président de séance M. H. Scholl et comme secrétaire du bureau de l'assemblée MM. E. Slezak et J.C. Thorel.

I. Rapport moral, présenté par E. Slezak, Secrétaire général de l'ADION.

Ce rapport moral présente une synthèse des activités de l'ADION au cours de l'année écoulée (03/2000 - 03/2001). La plupart de ces activités sont réalisées grâce à une convention annuelle passée entre l'ADION et l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), convention qui stipule que les activités de l'ADION sont étendues à l'Observatoire de la Côte d'Azur afin de faire mieux connaître l'OCA et de contribuer à son rayonnement international, national et régional. Pour cela, un programme d'actions concertées est défini entre l'ADION et l'OCA prévoyant une participation de l'OCA aux frais d'édition du bulletin de l'association, à l'invitation du lauréat de la Médaille de l'ADION, à l'attribution du Prix de l'ADION et éventuellement à l'accueil des chercheurs étrangers. Cette subvention d'environ 20 KF est versée par l'OCA sous forme de prestations de services facturées.

1. Bulletin de l'ADION

Afin de faire connaître ses activités, l'ADION édite chaque année un bulletin. Début 2001, l'ADION a fait paraître le bulletin n° 34 dont l'éditeur est le secrétaire général. L'organisation générale de ce bulletin a été la même que celle des numéros précédents, à savoir : échos d'activités à l'OCA ; le compte-rendu des activités de l'ADION ; la Médaille de l'ADION.

Ce bulletin a été tiré en 250 exemplaires et distribué non seulement aux adhérents mais aussi : aux collectivités régionales, départementales et locales (Région, Département, Ville de Nice et Ville de Grasse) ; à tous les membres extérieurs des conseils d'administration et scientifique de l'OCA ; à ses instances scientifiques (CNRS, MEN, Rectorat, Université, ...) ; et aux bibliothèques des observatoires et instituts nationaux relevant de l'astronomie.

Une place de plus en plus importante est dévolue au sein du bulletin à la diffusion d'activités scientifiques conduites dans chacun des départements de l'OCA. Ce numéro contient ainsi deux articles qui mettent l'accent chacun sur un domaine d'excellence de l'OCA. Le premier décrit l'historique et les répercussions de la découverte de trois nouveaux satellites irréguliers autour d'Uranus. Le second rapporte les premiers résultats obtenus par l'instrument DORAYSOL de l'OCA sur les variations du diamètre solaire.

Pour montrer la diversité des collaborations internationales des chercheurs de l'OCA, le bulletin consacre une part notable de ses pages à leurs collègues étrangers ayant séjournés à l'OCA. Cette année plus de quarante visiteurs étrangers ont effectué un séjour à l'OCA dépassant les deux semaines. De jeunes chercheurs viennent également y préparer leur thèse. Parmi les nombreux boursiers post-doctoraux une place particulière est réservée dans le bulletin aux deux bénéficiaires des bourses 'Henri Poincaré', bourses attribuées à l'OCA et co-financées par le Conseil Général des Alpes-Maritimes et nos instances de tutelle (CNRS).

Le bulletin fait aussi traditionnellement une part importante aux deux récompenses attribuées par l'ADION, la Médaille annuelle et le Prix. Celles-ci sont détaillées ci-après.

2. La Médaille de l'ADION.

Depuis 1991 la Médaille de l'ADION honore un scientifique dont les travaux ont eu un impact significatif sur les activités scientifiques menées à l'OCA aussi bien en astronomie que dans les sciences connexes. Cette médaille est attribuée par un comité international constitué de sept éminents scientifiques et renouvelé chaque quatre ans. Ce comité choisit un lauréat parmi une liste de noms proposés par le conseil de l'ADION après consultation des départements scientifiques de l'OCA. Ce comité est en cours de renouvellement ; cinq des personnalités scientifiques sont déjà identifiés. Les démarches pour l'attribution de la Médaille 2001 ont débuté.

La médaille 2000 de l'ADION a quant à elle été attribuée à M. Wojteck Dziembowski, Professeur à l'Université de Varsovie (Pologne), pour ses travaux sur la sismologie solaire et stellaire.

3. Prix de l'ADION.

Grâce à la convention signée entre l'ADION et l'OCA en 1989, l'ADION peut occasionnellement décerner un prix à des personnes civiles ou morales pour des travaux d'intérêt exceptionnel, effectués à titre bénévole au sein de l'Observatoire de la Côte d'Azur, notamment par des amateurs d'astronomie. Ce prix d'un montant de 5 000 F n'a pas été attribué cette année.

4. Aide à l'installation des chercheurs étrangers.

Chaque année près de trente chercheurs étrangers effectuent à l'OCA des séjours d'une durée égale ou supérieure au mois, ceci grâce à des financements très diversifiés :

- recrutement sur des postes temporairement vacants (détachement, départ à la retraite, ...) ;
- obtention de postes spécifiques au CNRS ou au Ministère de l'Education Nationale ;
- contrats européens, accords bilatéraux, ... ;
- bourses post-doctorales du programme "Henri Poincaré".

Pour faciliter l'accueil de ceux qui rencontrent de réelles difficultés à leur arrivée en France (ressources personnelles insuffisantes, monnaie non convertible, ...), l'ADION consent des avances sur salaire. C'est le poste budgétaire le plus important pour l'ADION, en nette augmentation par rapport aux années précédentes avec l'accroissement du nombre des visiteurs. Le montant global des sommes avancées en 2000 s'élève à près de 250 000 F.

5. Autres activités.

Programme Henri Poincaré.

Depuis 1992 l'ADION participe au programme Henri Poincaré de l'OCA, couvrant, à partir de subventions exceptionnelles, certaines dépenses afférentes au programme telles que les frais de publicité et les frais de missions des membres du comité.

Gestions diverses.

L'ADION gère quelques contrats internationaux et réunions organisées par les membres de l'OCA. Cette gestion est uniquement effectuée à la demande du directeur de l'OCA.

Le rapport moral est adopté à l'unanimité.

II. Rapport de Jacques Colin, Directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur.

L'année 2000 a vu la renégociation pour la période 2000-2003 du contrat quadriennal entre l'OCA et le Ministère. Avant la conclusion de celle-ci, les crédits 2000 ont donc été reçus au compte-gouttes sur la base du contrat négocié en 1996, ce qui a entraîné certaines difficultés budgétaires. La situation s'est toutefois débloquée en décembre avec la fin du versement de la nouvelle dotation qui, avec 600 kF de mieux, est en augmentation de près de 10% sur les années précédentes. Ce versement tardif a permis de dégager en fin d'année un surplus exceptionnel de 400 KF. Ce montant équivaut à celui du Bonus Qualité Recherche que l'OCA octroie annuellement à des opérations scientifiques transcendant la politique de chacun de ses départements. Sur décision du Conseil Scientifique de l'OCA, il a été décidé que cette somme financerait à partir de 2001 une opération phare encore à sélectionner.

Le contrat de plan État-Région a également été finalisé au cours de cette même année 2000. L'OCA y est inscrit pour 15 MF au titre du développement de l'OCA et pour 18 MF au titre du Projet Muséal. La première opération consiste à construire pour l'horizon 2004 un nouveau bâtiment de recherche pour l'accueil des équipes scientifiques sur le site de Nice avec de nouveaux laboratoires de recherche technique et un petit amphithéâtre ou une salle de conférence. La deuxième opération a pour objet l'ouverture au public et aux écoles du patrimoine historique de l'OCA (Nice et Calern) pour, à partir de l'évolution de la discipline depuis un siècle, conduire le public et les élèves à une meilleure compréhension de la recherche actuelle en astronomie, des découvertes récentes et des travaux réalisés à l'observatoire. Cela nécessite la restauration de bâtiments, des aménagements et la définition d'une stratégie pour la diffusion des connaissances ; un chef de projet a été désigné et les différents comités de suivi scientifique, financier et local seront bientôt mis en place.

L'enseignement est une des missions de l'OCA, y compris au niveau du secondaire et du primaire où nous pouvons jouer un rôle important en répondant de façon argumentée aux interrogations fondamentales que se posent les plus jeunes. Ceci étant, le recrutement de plusieurs jeunes chercheurs au cours de l'année écoulée renforce l'impression que la proportion de doctorants au sein de l'OCA est insuffisante (20 personnes). Or les étudiants de troisième cycle sont au cœur de la vie de l'établissement et la Direction souhaiterait qu'un plus grand nombre y fassent leur thèse. Au-delà des sujets proposés, les possibilités d'intégrer la recherche publique étant ce qu'elles sont, il faut sans doute mettre l'accent sur les aspects méthodologiques qu'il sera possible de valoriser pour une insertion dans le monde professionnel.

La réunion du comité postdoctoral de l'OCA en février dernier a permis de mesurer une nouvelle fois l'attrait que l'établissement exerce après des jeunes chercheurs étrangers. L'examen des candidatures a montré que leur niveau moyen est toujours remarquablement élevé avec pratiquement deux-tiers d'excellents dossiers.

Un chargé de mission pour les relations internationales a été nommé afin que l'OCA soit mieux identifié dans les instances européennes cherchant à promouvoir les échanges de chercheur entre laboratoires et à conforter les grands centres existants. L'objectif est que l'OCA soit retenu comme centre d'excellence ayant le label Marie Curie.

Pour ce qui concerne les relations entre l'OCA et des associations comme l'ADION, la cour des comptes demande à ce qu'elles soient redéfinies afin d'éviter tout risque de gestion de fait. Il s'agit de revenir aux termes de la convention ADION-OCA où il est indiqué que le Conseil d'Administration de l'OCA décide du montant de la subvention à accorder à l'ADION.

III. Rapport financier de l'exercice 2000 présenté par C. Renaud, trésorière de l'ADION.

L'exercice budgétaire 2000 est résumé dans le premier tableau ci-joint. Dans la première colonne sont indiquées les sommes gérées par l'ADION au 31 Décembre et qui sont déposées sur différents comptes, placées en compte à terme, en actions FRANCIC (qui constituent l'essentiel de la dotation) ou en SICAV OBLISUD. La deuxième colonne du tableau donne la répartition de l'ensemble de ces sommes entre le fond de réserve, le fond de roulement et les différentes activités de l'ADION.

L'ADION assure la gestion de plusieurs opérations internationales : contrat *Los Alamos*, subvention de la *fondation des Treilles* obtenue par U. Frisch pour l'organisation d'une collaboration avec des chercheurs russes, contrat INTAS RFBR, prestations à différents colloques organisés par des membres de l'OCA. L'ADION participe aussi à la gestion du programme Henri Poincaré.

La gestion des activités propres de l'ADION est détaillée dans le second tableau joint. Les recettes proviennent des cotisations, de la participation de l'OCA, des intérêts des sommes placées (rubrique produits financiers), des frais de gestion des colloques (2%) et contrats (5%) (rubrique produits divers).

Conformément au programme 2000 de la convention avec l'OCA, l'OCA a payé l'édition du bulletin et une partie des frais occasionnés par la remise du prix de l'ADION en 1999 à l'association NOVAE. Le poste le plus important est constitué par les avances que l'ADION consent à certains chercheurs étrangers séjournant à l'OCA pour faciliter leur installation. L'importance des sommes en jeu explique la nécessité d'un fond de roulement assez élevé. Le bilan gestion présente un solde négatif car le remboursement d'une partie des sommes avancées aux chercheurs étrangers n'aura lieu qu'en 2001.

En l'absence de R. Feldman et de D. Benest, commissaires aux comptes, **sous réserve de leurs rapports¹**,

Le rapport financier est adopté à l'unanimité des présents.

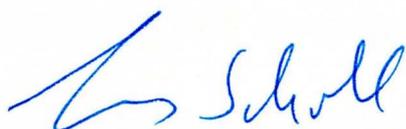
V. Questions diverses.

Suite à la convocation de cette assemblée générale, le secrétariat de la Direction des Enseignements Supérieurs a fait savoir son étonnement en apprenant que nous considérons une Direction du Ministère de l'Education Nationale comme membre d'honneur de l'ADION, une association d'utilité publique. La question se trouve de fait posée, de même pour d'autres personnalités comme le Préfet des Alpes-Maritimes, le Maire de la ville de Nice ou le Recteur de l'Académie de Nice.

Ainsi que proposé par Mme Debanne, il sera donc envoyé un courrier à tous les membres d'honneur de l'ADION leur rappelant que leurs prédécesseurs nous avait fait l'honneur d'accepter d'être membre de l'ADION lors de sa fondation et leur demandant de nous confirmer leur réinscription.

il n'y a pas d'autre question soulevée.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 12h00.



Hans SCHOLL
Président de l'ADION



Eric SLEZAK
Secrétaire de l'ADION

Pièces jointes : rapport financier, rapport des commissaires aux comptes.

¹ Le rapport positif des commissaires aux comptes, G. Berthomieu et P Faucher, nous est parvenu le 6 avril 2001.

RAPPORT FINANCIER DE L'ADION

ANNEE 2000

1. Exercice budgétaire :

L'exercice budgétaire 2000 est résumé dans le premier tableau ci-joint.

- Dans la 1^{ère} première colonne sont indiquées les sommes gérées par l'ADION au 31 décembre et qui sont déposées sur différents comptes, placées en compte à terme, en actions FRANCIC constituant l'essentiel de la dotation et en SICAV OBLISUD.
- Dans la 2^{ème} colonne on trouve la répartition de l'ensemble de ces comptes entre fond de réserve, fond de roulement et les différentes activités de l'association.

L'ADION assure la gestion de plusieurs opérations internationales: contrat *Los Alamos*, subvention de *la fondation des Treilles* obtenue par U. Frisch pour l'organisation d'une collaboration avec des chercheurs russes, contrat *INTAS RFBR*, prestations à différents colloques organisés par les membres de l'OCA. L'ADION participe aussi à la gestion du programme Henri Poincaré.

2. Gestion des activités propres :

La gestion des activités propres de l'ADION est détaillée dans le deuxième tableau.

Les recettes proviennent des cotisations, de la participation de l'OCA, des intérêts des sommes placées (rubrique produits financiers), des frais de gestion des colloques (2%) et contrats (5%) (rubrique produits divers).

Conformément au programme 1999 de la convention, l'OCA a payé l'édition du bulletin et une partie des frais de remise de médaille.

Le poste le plus important est constitué par les avances que l'ADION est amené à consentir aux chercheurs étrangers séjournant à l'OCA à cause des délais administratifs trop longs avec lequel ils sont payés. L'importance des sommes en jeu explique la nécessité d'un fond de roulement assez élevé. Le bilan gestion présente un solde négatif car le remboursement d'une partie des sommes empruntées par les chercheurs étrangers en 2000 n'aura lieu qu'en 2001.

La Trésorière

Catherine Renaud



BILAN FINANCIER -exercice 2000

ADION

	ACTIF	PASSIF
Fonds Réserve-Dotation		61 009,09
Fonds de roulement		215 470,80
Compte Courant Postal	1 575,77	
Banque	103 749,30	
Caisse	293,10	
FRANCIC	44 738,96	
OBLISUD	51 739,74	
Compte sur livret	160 831,40	
Opérations internationales		
Los Alamos		21 545,58
les treilles		47 677,80
Divers Colloques		38 496,64
Programme H.Poincaré		4 847,32
Communication		935,31
E.T.C.7	4 871,36	
INTAS-RBF		5 086,01
Opérations propres		
Gestion	27 734,88	
Dotation		465,96
Totaux	395 534,51	395 534,51

Gestion des opérations propres à l'ADION

2000

	Produits	Charges
Cotisations	4 900,00	
Produits financiers	4 193,63	
Produits divers	22 368,19	
Frais divers		1 869,30
M.A.I.F.		231,65
Bulletin de l'ADION		10 643,00
Prix de l'ADION		6 452,75
Avances Chercheurs étrangers	157 348,00	197 348,00
dotation	465,96	
TOTAUX	189 275,78	216 544,70
Résultat global : Déficit	27 268,92	

diminution du fond de roulement =

27 734,88

Augmentation de la dotation =

465,96

ADION – Comptes annuels en Francs - Exercice 2000
Plan comptable Général

Compte de résultat

Comptes de Produits		2000
756	Cotisations	4 900,00
76	Produits financiers	4 659,59
74	Subventions OCA (1999)	22 000,00
771	Produits de gestion	368,19
7	Produits	31 927,78

Comptes de Charges		2000
65	Charges de gestion courante	231,65
616	Assurance M.A.I.F.	1 869,30
623	Edition du Bulletin 33 de l'ADION	10 643,00
62	Médaille de l'ADION	6 452,75
6	Charges	19 196,70

Résultat comptable de l'exercice : solde créditeur de 12 731,08 Francs

Bilan au 31.12.2000

Actif

514	Compte Courant Postal	1 575,77
512	Banque	103 749,30
530	Caisse	293,1
503	Actions FRANCIC	44 738,96
503	Sicav OBLISUD	51 739,74
517	Compte sur livret	160 831,40
467	Avances aux chercheurs étrangers	197 348,00
	Bilan	560 276,27

Passif

1063	Fonds Réserve-Dotation	61 009,09
106	Fonds de roulement	215 470,80
467	Remboursements des chercheurs étrangers	157 348,00
467	Opérations internationales	113 717,30
120	Résultat comptable de l'exercice	12 731,08
	Bilan	560 276,27

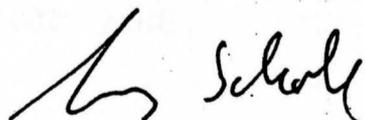
Nice, le 15 octobre 2001

PROGRAMME POUR L'ANNÉE 2002

Vu la convention du 17 avril 1989 entre l'ADION et l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) et notamment ses articles 3, 4 et 5 ;

l'ADION et le directeur de l'OCA décident d'arrêter comme suit le programme des activités de l'ADION concernant l'Observatoire de la Côte d'Azur pour l'année 2002.

- 1) L'ADION assure la diffusion d'un bulletin en France et à l'étranger qui présente les activités de l'ADION et quelques points forts de l'activité scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Le Secrétaire Général de l'ADION, E. SLEZAK, coordonnera le bulletin n° 36 à paraître en décembre 2002.
- 2) L'ADION, par l'intermédiaire de son Président, H. SCHOLL, décerne une médaille annuelle qui honore un scientifique dont les travaux ont eu un impact significatif sur les activités de recherche menées à l'Observatoire de la Côte d'Azur.
- 3) L'ADION contribue à l'accueil des chercheurs étrangers séjournant à l'Observatoire de la Côte d'Azur pour des visites de toutes durées. Cette activité est coordonnée par la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD.
- 4) L'ADION assure des tâches de gestion de contrats, conventions, subventions passés par des organismes divers avec l'Observatoire de la Côte d'Azur. Cette action est confiée à la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD.



Hans SCHOLL
Président de l'ADION

Jacques COLIN
Directeur de l'OCA

Procès-verbal de l'Assemblée Générale statutaire

du 19 Juillet 2002

La séance commence à 10h05 dans la salle de réunion (NEF) du CION sur le site de Nice.

Membres présents (8):

Mmes et MM. Bassinot E., Berthomieu G., Colin J., Lecontel J.M., Renaud C., Scholl H., Slezak E., Thorel J.-C.

Ont donné procuration (23):

Mmes et MM. Amieux G., Barlier F., Benest D., Berruyer N., Cayrel R., Chopinet M., Debarbat S., Faucher P., Frank P., Frisch H., Frisch U., Froeschlé C., Hénon M., Leguet-Tully F., Michel P., Millot V., Mugnier F., Noullez A., Rivet J.P., Roddier F., Simien F., Stee P., Tully J.

Conformément aux statuts de l'ADION, l'assemblée générale se tient avant le mois de Septembre avec un préavis d'au moins une semaine ; aucun quorum sur le nombre de membres présents n'est requis.

Le secrétaire du bureau de l'assemblée est M. E. Slezak.

I. Rapport moral, présenté par E. Slezak, Secrétaire général de l'ADION.

Ce rapport moral présente une synthèse des activités de l'ADION au cours de l'année 2001. La plupart de ces activités sont réalisées dans le cadre d'une convention annuelle passée entre l'ADION et l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), convention qui stipule que les activités de l'ADION sont étendues à l'Observatoire de la Côte d'Azur afin de faire mieux connaître l'OCA et ainsi de contribuer à son rayonnement international, national et régional. Pour cela, un programme d'actions concertées est défini entre l'ADION et l'OCA prévoyant une participation de l'OCA aux frais d'édition du bulletin de l'association, à l'invitation du lauréat de la Médaille de l'ADION, à l'attribution du Prix de l'ADION et éventuellement à l'accueil des chercheurs étrangers. Cette subvention d'environ 2,5 à 3 K euros est versée par l'OCA sous forme de prestations de services facturées.

I.1. Bulletin de l'ADION

Afin de faire connaître ses activités, l'ADION édite chaque année un bulletin sous la responsabilité de son secrétaire général. Ce bulletin est tiré en 250 exemplaires et distribué non seulement aux adhérents mais aussi : aux collectivités régionales, départementales et locales (Région, Département, Ville de Nice et Ville de Grasse) ; à tous les membres extérieurs des conseils d'administration et scientifique de l'OCA ; à ses instances scientifiques (CNRS, MEN, Rectorat, Université, ...) ; et aux bibliothèques des observatoires et instituts nationaux relevant de l'astronomie.

L'édition du numéro 35 du bulletin a pris du retard. Sa parution n'est prévue que pour la fin de cette année et il couvrira en conséquence la période 2001 et 2002. Les activités et succès scientifiques des différents départements de l'OCA sur ces deux années y seront comme d'habitude évoqués par plusieurs articles. A titre d'exemple, l'un explicitera les concepts essentiels utilisés en géodésie pour décrire la forme de notre planète en montrant la place centrale qu'occupe cette thématique au sein des sciences de la Terre tandis qu'un autre traitera de la mise en évidence d'intégrales statistiques du mouvement au sein de fluctuations turbulentes, c.-à-d. de la présence d'invariants générateurs d'ordre au milieu du désordre.

Pour montrer la diversité des collaborations internationales des chercheurs de l'OCA, ce bulletin consacrera à nouveau une partie de son sommaire à leurs collègues étrangers ayant séjourné à l'OCA. De fait, pour l'année 2001, près de trente visiteurs étrangers ont effectué un séjour de plus

de deux semaines à l'OCA sur des sujets très variés. Parmi les boursiers post-doctoraux une place de choix sera bien sûr réservée aux bénéficiaires des bourses "Henri Poincaré", bourses attribuées à l'OCA et co-financées par nos instances de tutelle (CNRS) et le Conseil Général des Alpes-Maritimes. Le bulletin fait aussi traditionnellement une part importante aux deux récompenses attribuées par l'ADION, la Médaille annuelle et le Prix. Celles-ci sont détaillées ci-après.

I.2. La Médaille de l'ADION.

Depuis 1991 la Médaille de l'ADION honore un scientifique dont les travaux ont eu un impact significatif sur les activités scientifiques menées à l'OCA aussi bien en astronomie que dans les sciences connexes. Cette médaille est attribuée par un comité international constitué de sept scientifiques éminents et renouvelé tous les quatre ans. Ce comité choisit un lauréat parmi une liste de noms proposés par le conseil de l'ADION après consultation des départements scientifiques de l'OCA. Ce comité a été renouvelé en 2001.

Attribuée à M. Wojteck Dziembowski, Professeur à l'Université de Varsovie (Pologne), pour ses travaux sur la sismologie solaire et stellaire, la médaille 2000 de l'ADION lui a été remise en mars 2001. L'éloge prononcé au cours de cette cérémonie sera inclus dans notre prochain bulletin.

Les lauréats de cette médaille pour les années 2001 et 2002 sont respectivement Mme M. Geller, professeur à l'Université de Harvard (USA), pour ses résultats sur la distribution à grande échelle des galaxies, et M. R. Weiss, professeur émérite au *Massachusetts Institute of Technology* (USA), à l'origine des techniques d'interférométrie laser pour la détection des ondes gravitationnelles. Ces médailles leur seront remises avant la fin de l'année si possible.

I.3. Prix de l'ADION.

Grâce à la convention signée entre l'ADION et l'OCA en 1989, l'ADION peut occasionnellement décerner un prix à des personnes civiles ou morales pour des travaux d'intérêt exceptionnel, effectués à titre bénévole au sein de l'Observatoire de la Côte d'Azur, notamment par des amateurs d'astronomie. Ce prix d'un montant de 800 euros n'a pas été attribué en 2001.

I.4. Aide à l'installation des chercheurs étrangers.

Chaque année un nombre important de chercheurs étrangers effectuent à l'OCA des séjours d'une durée égale ou supérieure au mois, ceci grâce à des financements très diversifiés :

- recrutement sur des postes temporairement vacants (détachement, départ à la retraite, ...) ;
- obtention de postes spécifiques au CNRS ou au Ministère de l'Education Nationale ;
- contrats européens, accords bilatéraux, ... ;
- bourses post-doctorales du programme "Henri Poincaré".

Pour faciliter l'accueil de ceux qui rencontrent de réelles difficultés à leur arrivée en France (ressources personnelles insuffisantes, monnaie non convertible, ...), l'ADION consent des avances sur salaire. C'est toujours le poste budgétaire le plus important pour l'ADION, même si l'année 2001 marque un retour à la normale par rapport à l'année 2000; le montant global des sommes avancées en 2001 s'élève à plus de 12 700 euros.

I.5. Autres activités.

Programme Henri Poincaré.

Depuis 1992 l'ADION participe au programme Henri Poincaré de l'OCA, couvrant, à partir de subventions exceptionnelles, certaines dépenses afférentes au programme telles que les frais de publicité éventuels et les frais de missions des membres du comité.

Gestions diverses.

L'ADION gère quelques opérations internationales et réunions organisées par les membres de l'OCA. Cette gestion est uniquement effectuée à la demande du directeur de l'OCA.

II. Rapport de Jacques Colin, Directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Le bilan des activités de recherche de l'OCA pour l'année 2001 est très bon avec de nombreuses publications théoriques sur des sujets divers dont l'une, sur les collisions entre astéroïdes, a fait la une de la revue *Science*. Du côté observationnel, la découverte de nouveaux satellites autour des planètes géantes par l'équipe de planétologie a constitué un moment fort de l'année. Plusieurs succès ont également été enregistrés au plan instrumental : avec une première lumière prévue en 2003, le projet VIRGO a remarquablement progressé ; la part OCA de l'instrument AMBER pour le VLT sera achevée fin 2002 comme prévu ; la mise au point du coronographe interférentiel devant servir à imager les premières exo-planètes a bien avancé de même que la contrepartie sol du satellite PICARD de mesure du diamètre solaire ; enfin la station laser ultra-mobile a été rendue complètement opérationnelle fin 2001, ce qui permet la campagne actuelle de mesures de calibration du satellite océanographique JASON.

Pour ce qui est de l'enseignement et de la diffusion des connaissances, et en dehors des nombreux cours assurés dans les différents cycles universitaires, en particulier le troisième, notons pour le premier l'élargissement de la convention entre l'OCA et le Rectorat qui permet dorénavant de mettre en valeur la faune et la flore exceptionnelles de nos sites et pour le second les progrès du projet muséal de l'OCA et le fort soutien qu'il reçoit de la part de nos tutelles et des organismes financeurs. Signalons à cette occasion les très bonnes relations que nous entretenons avec les collectivités locales. Côté personnels de l'OCA, l'année 2001 a vu la mise en place de la Réduction du Temps de Travail et des aménagements nécessaires. L'établissement aurait toutefois trop d'emplois précaires et il est envisagé de contacter des sociétés de service extérieures afin d'en faire baisser le nombre. Le pic des départs à la retraite commence par ailleurs à se profiler, mais, au moins du côté MESR, les postes sont pour l'instant remplacés.

Au niveau des missions périphériques, il s'agit d'une part de sensibiliser les chercheurs et les ingénieurs à la valorisation des travaux technologiques réalisés à l'OCA et de développer le soutien administratif aux actions internationales, par exemple pour la gestion des contrats, les demandes de bourses ou les possibilités d'invitations. À ce titre rappelons l'opportunité unique que représentent les supports budgétaires disponibles à compter de cet automne pour lancer de telles invitations sur plusieurs mois. Il nous faut d'autre part redéfinir le rôle de notre communication interne ; un exemple : en dépit des efforts, la valeur ajoutée pour les chercheurs des pages web de l'OCA reste insuffisante.

À travers le renouvellement du contrat quadriennal de l'OCA d'ici un an et demi, l'année 2001 a vu le lancement d'une opération de restructuration des UMRs motivée par l'évolution inéluctable des thèmes scientifiques et de la population de nos chercheurs. Le résultat des différentes commissions mises en place et des ateliers de discussion ont permis de définir un cadre qu'il faut maintenant affiner. Les porteurs de projet doivent en particulier préciser très clairement les objectifs scientifiques de ces derniers dans le document qui sera envoyé à la fin de cette année.

III. Rapport financier de l'exercice 2001 présenté par C. Renaud, trésorière de l'ADION

Il faut noter que le besoin de satisfaire cette année à de nouvelles règles comptables a compliqué notre tâche. Cela n'a de fait été possible qu'une fois certains éclaircissements apportés par des personnes qualifiées extérieures à l'ADION et à l'OCA; qu'elles en soient ici remerciées.

La gestion des activités propres de l'ADION est détaillée dans le premier tableau joint. Les recettes proviennent pour une grande part de l'OCA et des intérêts des sommes placées (rubrique produits financiers), puis des cotisations et des prélèvements pour frais de gestion (5%) sur les opérations internationales que nous gérons.

Conformément au programme 2001 de la convention avec l'OCA, l'OCA a payé l'édition du bulletin 34 et une partie des frais occasionnés par la remise de la médaille de l'ADION. Le poste le plus important

est toujours constitué par les avances que l'ADION consent à certain chercheurs étrangers séjournant à l'OCA pour faciliter leur installation. L'importance des sommes en jeu explique la nécessité d'un fond de roulement assez élevé. Le bilan gestion présente un solde positif lié au remboursement en 2001 d'une partie des sommes avancées aux chercheurs étrangers au cours de l'année 2000.

L'exercice budgétaire 2001 est résumé dans le second tableau ci-joint. Dans la première colonne sont indiquées les sommes gérées par l'ADION au 31 décembre et qui sont déposées sur différents comptes, placées en compte à terme, en actions FRANCIC ou en SICAV OBLISUD. La deuxième colonne du tableau donne la répartition de l'ensemble de ces sommes entre le fond de réserve, le fond de roulement et les différentes activités de l'ADION.

Outre les opérations propres à l'ADION et la participation à la gestion du programme postdoctoral Henri Poincaré, on remarquera que l'ADION continue d'assurer la gestion de plusieurs opérations internationales : subvention *Los Alamos*, subvention de la *fondation des Treilles* obtenue par U. Frisch pour l'organisation d'une collaboration avec des chercheurs russes, subvention INTAS RFBR, reliquats de crédits liés à différents colloques organisés par des membres de l'OCA.

Après avis favorable de la commissaire aux comptes, G. Berthomieu,

Le rapport financier est adopté à l'unanimité des présents.

Le résultat comptable de la gestion des opérations propres étant positif, il est proposé de se servir de la totalité de ce solde bénéficiaire pour augmenter les fonds de réserve et de roulement de respectivement 101,41 et 10196,56 euros.

L'augmentation des fonds de réserve et de roulement de respectivement 101,41 et 10196,56 euros est adoptée à l'unanimité des présents.

On peut remarquer que certaines opérations internationales dont nous assumons la gestion, en particulier les reliquats associés à certains colloques du passé, n'ont pas enregistré de mouvements au cours de l'année 2001, voire depuis plusieurs années. S'agissant parfois de très petites sommes, il sera demandé aux scientifiques responsables de cet argent de les utiliser rapidement ou d'en faire don à l'ADION.

La cotisation annuelle pour adhérer à l'ADION a été fixée à 100 F (15,24 euros) il y a plus de quinze ans. Le passage à la monnaie unique est l'occasion de réajuster cette somme. Il est proposé que la cotisation annuelle passe à 20 euros à compter de 2003, la cotisation comme membre permanent demeurant fixée à 10 fois la cotisation annuelle.

Le passage de la cotisation annuelle à l'ADION à 20 euros à compter de 2003 est adoptée à l'unanimité des présents.

IV. l'ADION et le programme muséal de l'OCA.

Il est clair que l'ADION ne peut être amené à se substituer à l'OCA que pour des actions que l'établissement ne peut entreprendre lui-même, en particulier si ce dernier intègre à terme une structure du type *Service d'Activités Industrielles et Commerciales*. Pour ce qui concerne le programme muséal de l'OCA et les dons qu'il est susceptible de susciter, il reste que le caractère d'utilité publique de l'ADION peut être un élément important pour les donateurs. Sachant que l'accord de la Préfecture est indispensable pour recevoir un don important ou effectué devant notaire et sans préjuger du statut juridique final du programme muséal de l'OCA,

à l'unanimité des présents, l'ADION se déclare favorable sur le principe d'aider le programme muséal de l'OCA à recevoir des dons.

V. Questions diverses.

La question de l'assurance des membres du bureau de l'ADION lors des déplacements effectués dans l'exercice de leurs fonctions est posée par E. Slezak. La couverture actuelle de l'ADION n'englobe

de fait que les personnes physiques assistant aux réunions de l'association. À l'unanimité, et avant toute décision, il est décidé de contacter plusieurs cabinets d'assurance afin de leur demander un devis couvrant les risques liés à ces déplacements.

Il n'y a pas d'autre question soulevée.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 12h00.



Hans SCHOLL
Président de l'ADION



Eric SLEZAK
Secrétaire de l'ADION

Pièces jointes : rapport financier.

RAPPORT FINANCIER DE L'ADION ANNEE 2001

L'association est maintenant tenue de présenter ses comptes annuels en respectant les modalités du Plan Comptable Général. Il s'agit de passer d'une comptabilité de type ménage à une comptabilité commerciale.

Par souci de cohérence avec les bilans des années précédentes nous nous basons dans ce rapport sur les nombres issus du bilan de type ménage, mais nous fournissons simultanément le bilan au nouveau format qui fera référence pour les prochaines années.

1- Gestion des activités propres :

La gestion des activités propres ou compte de résultat est résumée dans le 1er tableau. Conformément à la convention ADION/OCA, L'OCA a remboursé l'édition du bulletin (10 643Fr pour 2000 et 6 902,50 Fr pour 2001) et une partie des frais occasionnés par la remise de la médaille de l'ADION à Mr Dziembovski en 2001 (10 141,40 Fr).

Les recettes de l'ADION proviennent des *cotisations*, des intérêts des sommes versées (rubrique *produits financiers*), de la participation de l'OCA, des frais de gestion des opérations internationales (5%) et éventuellement des frais de gestion de colloques (2%) s'il y en avait eu.

Emprunts et remboursements des chercheurs étrangers figurent dans le poste *Avances Chercheurs étrangers*. C'est le poste le plus élevé géré par l'association qui nécessite l'attribution d'un montant élevé aux fonds de roulement. Le bilan positif entre dettes et remboursements s'explique par le volume des dettes contractées en 2000 et remboursées en 2001.

Le résultat global du compte de résultat de 10 297,97 € est positif.

2- Bilan au 31/12/2001 :

Dans la 1^{ère} colonne du 2nd tableau, à l'« actif », sont indiquées les sommes possédées par l'ADION et qui sont déposées sur différents comptes. Pour les actions Francic et Sicav Oblisud la valeur mentionnée est la valeur d'achat.

Dans la 2^{nde} colonne du tableau, le « passif » figure la répartition de ces sommes entre ses « obligations » soit fonds de réserve-dotation, fonds de roulement et gestion des opérations internationales.

Pour rappel, l'ADION assure la gestions de plusieurs opérations internationales: subvention Los Alamos, subvention de la fondation des Treilles (collaboration avec des chercheurs russes), subvention INTAS RFBR qui arrive à son terme, prestations à différents colloques organisées par des membres de l'OCA. L'ADION participe aussi à la gestion du programme Henri Poincaré.

Le résultat global du compte de résultat de 10297,97€ est positif. Selon les statuts, nous vous demandons d'approuver l'attribution de 101,41€ à la dotation qui correspondent au 1/10^{ième} du revenu annuel net des biens de l'association, et le complément, 10196,56€, aux fonds de roulement.

3- Modification des règles comptables pour les associations :

N'étant pas des professionnels un investissement conséquent nous a été indispensable cette année pour effectuer les modifications et nous adapter à la codification décimale des classes de comptes du Plan Comptable Général, cela en concertation avec des professionnels. Mr Berruyer, Expert Comptable, nous a conseillé dans cette démarche, nous l'en remercions.

Compte tenu de la ventilation différente des avances/remboursements chercheurs étrangers le compte de résultat est différent dans les 2 présentations. La différence « remboursements – avances » aux chercheurs apparaît maintenant dans le bilan et pas dans le compte de résultat.

La Trésorière
Catherine Renaud

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Renaud', with a large, sweeping initial 'C'.

ADION

2001

Gestion des opérations propres

	Produits	Charges
Cotisations	289,64	
Produits financiers	1 014,13	
Produits divers :		
- Subvention OCA : bulletin 33 (2000)	1 622,51	
- Subvention OCA : bulletin 34 (2001) + Médaille	2 598,33	
- Frais de gestion des subventions (5%)	13,38	
Frais divers		36,28
M.A.I.F.		175,55
Bulletin de l'ADION 34		1 075,99
Médaille de l'ADION (2001)		1 574,65
Avances Chercheurs étrangers	20 349,97	12 727,52
TOTAUX	25 887,96	15 589,99
Résultat global : Bénéfice	10 297,97	

BILAN FINANCIER

	ACTIF	PASSIF
Fonds Réserve-Dotation		9 371,80
Fonds de roulement		28 620,16
Compte Courant Postal	202,34	
Banque	24 861,80	
Caisse	44,69	
FRANCIC	6 820,41	
OBLISUD	7 887,67	
Compte sur livret	25 171,91	
Opérations internationales		
Los Alamos, Les Treilles, ETC7		9 964,38
Divers Colloques		5 400,28
Programme H.Poincaré		738,97
INTAS-RFBR		595,26
Opérations propres		
Résultat comptable 2001		10 297,97
Totaux	64 988,82	64 988,82

ADION – Comptes annuels en Euros - Exercice 2001
Plan comptable Général

Compte de résultat

Comptes de Produits		2001
756	Cotisations	289,64
76	Produits financiers	1 014,13
74	Subventions OCA (2000)	1 622,51
74	Subventions OCA (2001)	2 598,33
771	Produits de gestion	13,38
7	Produits	5 537,99

Comptes de Charges		2001
65	Charges de gestion courante	175,55
616	Assurance M.A.I.F.	36,28
623	Edition du Bulletin 34 de l'ADION	1 075,99
62	Médaille de l'ADION	1 574,65
6	Charges	2 862,47

Résultat comptable de l'exercice : solde créditeur de 2 675,52€

Bilan au 31.12.2001

Actif

514	Compte Courant Postal	202,34
512	Banque	24 861,80
530	Caisse	44,69
503	Actions FRANCIC	6 820,41
503	Sicav OBLISUD	7 887,67
517	Compte sur livret	25 171,91
467	Avances aux chercheurs étrangers	12 727,52

Bilan 77 716,34

Passif

1063	Fonds Réserve-Dotation	9 371,80
106	Fonds de roulement	28 620,16
467	Remboursements des chercheurs étrangers	20 349,97
467	Opérations internationales	16 698,89
120	Résultat comptable de l'exercice	2 675,52

Bilan 77 716,34

La MÉDAILLE de l'ADION

Comité de la Médaille de l'ADION

La médaille de l'ADION est décernée par le Conseil de l'ADION sur recommandation du Comité de la Médaille dont la composition et les règles de fonctionnement ont varié au cours du temps. Depuis 1991 la médaille honore une personnalité scientifique dont les contributions à l'avancement de la science ont, ou ont eu, un impact significatif sur les recherches développées à l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Le Comité des Médailles 2001 et 2002 était constitué des personnalités suivantes :

- M. Erik AURELL, *Numerisk Analys och DAtalogi*, Stockholm, Suède ;
- Mme. Annie BAGLIN, Observatoire de Paris, Meudon, France ;
- M. Luiz DA COSTA, *European Southern Observatory*, Garching, Allemagne ;
- M. Wojteck DZIEMBOWSKI, Observatoire de l'université de Varsovie, Varsovie, Pologne ;
- M. Peter LAWSON, *Jet propulsion Laboratory*, Pasadena, USA ;
- M. Hans RICKMAN, Observatoire astronomique d'Uppsala, Uppsala, Suède ;
- M. Dominique LE QUEAU, Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements, Toulouse, France.

Remise de la Médaille de l'ADION 2000 à M. W. Dziembowski

Initialement prévue pour le 8 Décembre 2000, la cérémonie de remise de la Médaille 2000 à M. W. DZIEMBOWSKI a été repoussée au mois de mars 2001 pour tenir compte des impératifs de sécurité liés au déroulement du sommet européen de Nice durant cette même semaine. Vous trouverez ci-après l'éloge du lauréat prononcé à cette occasion.

Attribution de la Médaille de l'ADION 2001 à Mme. M. Geller

Le comité de la Médaille a décerné la Médaille 2001 à Mme. M. GELLER, astronome au *Smithsonian Astrophysical Observatory* (USA). Elle lui sera remise le 27 mars 2003. Un résumé de ses thématiques de recherche vous est présenté ci-après.

Attribution de la Médaille de l'ADION 2002 à M. R. Weiss

Le comité de la Médaille a décerné la Médaille 2002 à M. R. WEISS, professeur au *Massachusetts Institute of Technology* (USA). Elle devrait lui être remise à l'automne 2003. Un résumé de ses travaux de recherche vous est proposé ci-après.

**Personnalités auxquelles la MEDAILLE DE L'ADION a été attribuée
pour leur œuvre scientifique et leur contribution
à la coopération internationale en astronomie**

1963	André DANJON
1964	Marcel MINNAERT
1965	Bengt STROMGREN
1966	Otto HECKMANN
1967	Charles FEHRENBACH
1968	Alexandre A. MICKHAILOV
1969	Donald SADLER
1970	André LALLEMAND
1971	Bart J. BOK
1972	Lubos PEREK
1973	N'a pas été attribuée
1974	Pol SWINGS et Evry SCHATZMAN
1975	Kaj A. STRAND
1976	Wilbur A. CHRISTIANSEN
1977	Jean DELHAYE
1978	Jan OORT
1979	N'a pas été attribuée
1980	Jean-Claude PECKER
1981	Cornelius de JAGER
1982	Walter FRICKE
1983	Bohdan PACZINSKI
1984	Paul LEDOUX
1985	Martin SCHWARZSCHILD
1986	Fred HOYLE
1987	Margaret BURBIDGE
1988	Allan SANDAGE

**Personnalités auxquelles la MEDAILLE DE L'ADION a été attribuée
pour leur œuvre scientifique et leur contribution
aux recherches développées à l'Observatoire de la Côte d'Azur**

1991	Yoji OSAKI
1992	François RODDIER
1993	Robert KRAICHNAN
1994	Charles TOWNES
1995	Vladimir ARNOLD
1996	Eugene PARKER
1997	Michael PERRYMAN
1998	Michel MAYOR
1999	N'a pas été attribuée
2000	Wojteck DZIEMBOWSKI
2001	Margaret GELLER
2002	Reiner WEISS

Hommage au Professeur Wojtek DZIEMBOWSKI

par Gabrielle Berthomieu du département G.D. Cassini

C'est un grand plaisir pour moi que la médaille de l'ADION soit remise au Professeur Wojtek Dziembowski et un honneur aussi de faire son éloge en cette occasion. J'ai fait la connaissance de Wojtek Dziembowski au début des années quatre-vingts et nos routes, depuis, se sont souvent croisées au fil des symposiums et meetings de plus en plus nombreux qui ont jalonné l'essor exceptionnel de l'hélio/astérosismologie, jusqu'à ce qu'une collaboration plus étroite s'établisse récemment.

Né en 1940 à Varsovie, Wojtek Dziembowski a poursuivi ses études à l'université de Cracovie, puis au Centre Astronomique Copernicus de Varsovie, et obtenu une thèse en 1967 à l'université de Varsovie. Après deux ans passés à l'université de Columbia à New York il est entré au Centre Astronomique Copernicus comme chercheur et en est devenu le directeur jusqu'en 1992. Actuellement professeur à l'Université de Varsovie, il anime une équipe de recherche dans le domaine de la sismologie solaire et stellaire. Il a séjourné plusieurs mois dans plusieurs observatoires et universités dont le Sacramento Peak Observatory, l'université d'Arizona, le Queen Mary et Westfield College à Londres, l'institut d'Astronomie à Vienne, l'institut d'Astronomie de Cambridge et collabore sur des séjours plus courts avec de nombreux groupes dont en France, l'Observatoire de Meudon, de Toulouse et l'OCA.

Le domaine de recherche auquel Wojtek Dziembowski s'est consacré concerne l'évolution stellaire, l'étude de l'intérieur du soleil et des étoiles par la sismologie, l'analyse des processus physiques qui s'y déroulent dans des conditions fort éloignées de celles de nos laboratoires terrestres. Il a été et demeure un acteur important du développement de cette discipline et ses travaux font référence dans la communauté astrophysique.

Pour résumer la démarche suivie, j'emprunterai quelques phrases à l'un des fondateurs de cette discipline, Sir Arthur Eddington, dans le premier chapitre de son livre: *Internal Constitution of Stars* publié en 1926. Constatant que la lumière du Soleil et des étoiles ne nous parvient que d'une très fine couche de surface et qu'il est impossible de mesurer aucune grandeur à l'intérieur de l'astre, Sir Arthur Eddington expose ainsi clairement et assez poétiquement ce qu'il convient de faire :

"Nous avons appris ce que nous savons de la nature en interprétant les messages qui nous sont envoyés par les objets naturels et l'intérieur d'une étoile n'est pas entièrement sans moyens de communication. Un champ gravitationnel en émerge, que les barrières matérielles ne peuvent modifier sensiblement; de plus, l'énergie rayonnée par l'intérieur chaud parvient après bien des déflexions et des transformations à atteindre la surface et entreprendre son voyage dans l'espace. Ces deux seuls indices suffisent pour commencer une chaîne de déductions d'autant plus crédible qu'elle ne peut utiliser que les plus universelles des lois de la nature."

Il conclut :

"Il n'y a pas plus d'incertitudes essentielles dans la connaissance ainsi acquise que dans la plupart des autres raisonnements scientifiques."

C'est cette démarche qui, avec la reconnaissance des réactions thermonucléaires comme source de l'énergie dans les étoiles et l'apport de nombreux physiciens au raffinement de la physique des plasmas stellaires, a conduit à l'élaboration de calculs de modèles d'évolution stellaire de plus en plus sophistiqués auxquels le professeur Wojtek Dziembowski a activement contribué avec son équipe, en particulier le Dr Sienkiewicz, au Centre Astronomique Copernicus. Notons que le modèle solaire théorique ainsi obtenu s'est révélé extraordinairement proche de la "réalité" que l'on a pu

déduire des observations héliosismiques, justifiant ainsi l'optimisme de Sir Arthur Eddington sur la crédibilité de cette démarche scientifique.

Les indices sur la piste de la connaissance intime du soleil et des étoiles dont parlait Sir Eddington, se sont depuis multipliés avec, en particulier, la mesure des fréquences de pulsation des étoiles, la mesure du flux de neutrinos solaires et la découverte des oscillations solaires qui ont ouvert la voie à l'héliosismologie et l'astérosismologie. Ce domaine a connu, au cours de ces dernières décades, un essor spectaculaire et Wojtek Dziembowski, malgré les difficultés politiques et économiques dans son pays, y a participé avec enthousiasme par de nombreuses contributions décisives. Ne pouvant les évoquer toutes, je n'en citerai que quelques exemples les plus significatifs.

Scientifique associé à la plupart des observations d'héliosismologie au sol et dans l'espace, Wojtek Dziembowski a été le premier avec Phil Goode et Douglas Gough à donner, dès 1984, dans un article de Nature qui fait référence, une détermination de la vitesse de rotation équatoriale à l'intérieur du Soleil à partir des observations de Duvall et Harvey, où il apparaissait déjà que la rotation intérieure était inférieure à la rotation de surface avec une rotation du coeur éventuellement plus rapide. Depuis, les progrès considérables des observations ont conduit à une description complexe de la rotation, avec une dépendance en latitude, l'existence d'une tachocline, zone de transition entre l'enveloppe convective et l'intérieur radiatif et Wojtek Dziembowski y a très largement contribué avec en particulier Phil. Goode et les équipes scientifiques des expériences héliosismiques à bord du satellite SOHO et sur le réseau terrestre GONG,... En ce qui concerne la structure du Soleil, Wojtek Dziembowski a été, avec ses collaborateurs, l'un des premiers à reconstituer la vitesse du son de l'intérieur solaire et à estimer l'abondance en hélium de l'enveloppe solaire par inversion des fréquences d'oscillation. Ses travaux théoriques fondamentaux sur l'influence de la rotation et du champ magnétique sur les oscillations lui ont permis de décrire les variations avec le cycle solaire de la structure et la dynamique de l'intérieur solaire. Ces recherches sont très importantes pour comprendre le mécanisme du cycle solaire.

Au delà du Soleil, les étoiles B, les RR Lyrae, les delta Scuti, les étoiles α Cep, etc., sont autant de types d'étoiles pulsantes auxquelles Wojtek Dziembowski s'est intéressé, s'attachant à l'étude de leur mécanismes d'instabilité et aux diagnostics sur les mécanismes de transport, la rotation, le champ magnétique, que la mesure de leur fréquence pouvait fournir. Je ne citerai que deux exemples. En 1993, utilisant les nouvelles opacités calculées à Livermore, il a été le premier à montrer que le κ -mécanisme, identifié en 1962 par Baker et Kippenhahn comme la cause des pulsations des Céphéides, était responsable de l'instabilité des étoiles β Cep et des étoiles B à variations lentes et que ces deux types d'étoiles se répartissaient en deux groupes différant par la nature des modes excités. Ces travaux ont ainsi permis de résoudre l'énigme posée par ces étoiles depuis près d'un siècle. Dès 1985, il s'intéresse aux étoiles A magnétiques pulsantes découvertes par D. Kurtz et développe le modèle de rotateur oblique introduit par Kurtz en traitant de manière originale de l'influence du champ magnétique sur les oscillations. Ce modèle a été récemment repris en collaboration avec notre équipe et Wojtek Dziembowski co-dirige la thèse que Lionel Bigot poursuit sur ce sujet dans le département Cassini.

Les recherches dans le domaine de l'hélio/astérosismologie nécessitent une large collaboration entre les équipes d'observateurs, les équipes qui analysent le signal obtenu et celles qui interprètent ces données en termes de physique et d'évolution stellaire. Wojtek Dziembowski a toujours privilégié cet esprit de collaboration et il a fait bénéficier de nombreux étudiants étrangers et français de ses idées toujours fructueuses et de ses larges compétences en physique. Depuis plus de 15 ans des liens avec différentes équipes de l'Observatoire de Nice, puis de l'OCA se sont construits en particulier par le Jumelage "Astronomie Pologne". Wojtek Dziembowski a participé activement en Octobre 1993 à l'organisation du Symposium 162 de l'UAI, organisé par l'OCA à Juan-les-Pins sur la pulsation, la rotation et la perte de masse des étoiles chaudes.

Plus personnellement, Wojtek, je voudrais dire que j'apprécie beaucoup votre simplicité d'abord et votre gentillesse, votre disponibilité pour discuter de tous les problèmes physiques ou astrophysiques qui nous préoccupent. Je garderai toujours un excellent souvenir de l'hospitalité chaleureuse avec laquelle vous nous avez accueillies, Janine Provost et moi, au Centre Astronomique Copernicus, au cours des séjours que avons passé à Varsovie. A un moment où la rigueur économique s'ajoutait à la rigueur du climat je me souviendrait longtemps, en bonne française peut être, du boeuf Stroganoff, cette recette polonaise dont, en ces temps de vaches maigres, votre épouse Anna nous a régalié un certain dimanche à Varsovie.

Je terminerai en me faisant l'interprète des membres de l'Observatoire de la Côte d'Azur pour vous remercier d'avoir accepté cette médaille. Nous sommes très heureux de votre présence parmi nous et nous espérons que votre activité se poursuive encore très longtemps ainsi que nos collaborations. Enfin, me risquant à quelques mots en polonais, je vous souhaite comme il est de tradition en Pologne :

sto lat niech żyje nam ("qu'il nous vive cent ans").

La médaillée 2001 : Margaret GELLER

M.J. Geller est une astrophysicienne qui étudie la distribution à grande échelle des galaxies et son origine, très connue pour ses cartes de l'Univers local et ses travaux sur la structure et l'évolution des systèmes de galaxies. Elle a de fait contribué à révolutionner notre connaissance sur l'apparence de l'Univers en découvrant que la distribution des galaxies est organisée à grande échelle, ce qui a de profondes implications pour la cosmologie.

Depuis le début des années 1980, M.J. Geller et son collaborateur J.P. Huchra ont mesuré le décalage spectral de plus de 50 000 galaxies, décalage spectral qui peut être traduit en distance au moyen de la loi de Hubble. Cette connaissance simultanée de la position et de l'éloignement de chacune de ces galaxies dans le ciel leur ont permis de construire les premières cartes tridimensionnelles de la structure à grande échelle de l'Univers. La toute première fut publiée en 1986; elle révéla que les galaxies se distribuent à la périphérie de régions gigantesques a priori vides d'objets et metta du même coup en évidence une grande structure appelée le Grand Mur qui s'étire sur 500×200 millions d'années-lumière pour une épaisseur de seulement 15 millions d'années-lumière. Cette structuration contraste fortement avec l'isotropie du fond cosmique de rayonnement et constitue un élément crucial pour remonter l'histoire de l'Univers. Comment ces structures se sont-elles développées et qu'elles sont les conditions physiques qui ont présidées à la formation des galaxies ? M.J. Geller attaque aujourd'hui ces questions en examinant l'évolution des galaxies, celle des amas de galaxies et les relations entre les caractéristiques de ces objets et leur environnement.

M.J. Geller est également très impliquée dans les méthodes de visualisation des données. Avec le réalisateur B. Estus, elle a tourné plusieurs vidéos sur les cartes cosmiques obtenues avec J.P. Huchra ainsi qu'un film plusieurs fois primé sur la façon dont un groupe scientifique travaille.

M.J. Geller is an astrophysicist who studies the large-scale spatial distribution of galaxies and its origin. She is best known for extensive maps of the nearby Universe and for studies of the structure and evolution of systems of galaxies. She has helped revolutionize astronomer's knowledge about what the visible Universe looks like by discovering extraordinarily large-scale patterns in the galaxy distribution that have dramatic cosmological implications.

Since the early 1980s, M.J. Geller and her collaborator J.P. Huchra have been measuring redshifts for now more than 50,000 galaxies. Redshift can be converted into distance using Hubble's law. Knowing both the position of each galaxy in the sky and its distance from us, she and her collaborators have been able to construct pioneering three-dimensional maps of the large-scale structure of the Universe. The first of these maps was published in 1986. It revealed galaxies clustered in thin surfaces surrounding enormous voids with few, if any, galaxies inside them. The largest structure they found, dubbed the "great wall", stretches about 500 million by 200 million light years across the sky, but is less than 15 million light years thick. Such a structure contrasts sharply with the smoothness of the radiation background and provides a crucial piece of evidence for reconstructing the history of the Universe. How did patterns in the Universe develop and what are the initial conditions for galaxy formation ? M.J. Geller now address these questions by studying the evolution of galaxies, clusters of galaxies, and the relationship between the characteristics of galaxies and their environment.

M.J. Geller is also very interested in methods of visualizing the data. She has worked with filmmaker B. Estus to make several videos about the maps she and J.P. Huchra made and a 40-minute film about the way a scientific group works (which won several gold awards).

Le médaillé 2002 : Rainer WEISS

R. Weiss a été un pionnier dans deux domaines actuellement très importants de la recherche en astrophysique, les mesures du fond cosmique de rayonnement micro-onde et la détection directe du rayonnement gravitationnel.

Son travail initial dans le domaine millimétrique à l'aide de bolomètres embarqués sur ballon montra que le spectre de rayonnement du fond cosmologique s'effondrait à courte longueur d'onde comme attendu pour un corps noir. Poursuivant, R. Weiss conçut et développa les bolomètres monocristallins aujourd'hui couramment employés pour détecter les rayons X et rechercher la matière noire. Il a par ailleurs été membre de l'équipe originelle qui définit et construisit le satellite COBE (*COsmic Background Explorer*) ayant permis de découvrir les anisotropies du fond cosmique de rayonnement, un diagnostic très puissant pour sonder la structure à grande échelle de l'Univers et les premiers stades de son évolution. Coordinateur du groupe de travail scientifique autour de COBE, il joua un rôle clef dans la conception de la mission et de son instrumentation.

R. Weiss est également l'inventeur du concept et du schéma de base des détecteurs d'ondes gravitationnelles par interférométrie laser. Dès 1971, il identifiait et analysait toutes les sources fondamentales de bruit limitant ce type de détecteur et a été pendant les 30 années qui suivirent un moteur dans le développement des techniques et technologies requises pour faire du concept une réalité. Il initia ainsi en 1980 les études de design et de faisabilité qui débouchèrent sur le projet LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*). La construction de LIGO est maintenant achevée et ses détecteurs en cours d'assemblage. Comme porte-parole de la collaboration scientifique nouée autour de cet instrument, R. Weiss demeure le maître à penser du projet. Il a d'autre part été parmi les premiers à imaginer un interféromètre spatial pour détecter les ondes gravitationnelles et a participé aux premiers stades de la conception du projet LISA retenu conjointement par l'ESA et la NASA pour un lancement prévu à l'horizon 2010.

R. Weiss has pioneered two important areas of current research in astrophysics: measurements of the cosmic microwave background radiation and direct detection of gravitational radiation.

His early work using mm-wave bolometers on balloons showed that the background radiation spectrum turned down at short wavelengths, as expected for a blackbody. In the course of his work, he conceived and developed the monolithic silicon bolometer, now widely used for detecting X-rays and in dark matter searches. He was member of the original team that designed and constructed the Cosmic Background Explorer (COBE) satellite, which discovered the anisotropy of the microwave background (a powerful tool for probing the large-scale structure of the universe and its early evolution). R. Weiss was a chair of the COBE Science Working group and he played a major role in designing the mission and its scientific instruments.

R. Weiss was also the primary inventor of the concept and basic design of the laser interferometer gravitational-wave detector. In 1971 he identified and analyzed all the fundamental noise sources that limit such detectors, and during the 30 years since then he has been a leader in the development of the techniques and technology needed to make them a reality. In 1980 he initiated the design and feasibility studies that led to the LIGO (Laser Interferometer gravitational-Wave Observatory) Project. LIGO construction is now complete and its detectors are being assembled. R. Weiss, as Spokesperson for the LIGO Science Collaboration, continues to be the primary intellectual leader of the project. R. Weiss was also among the firsts to imagine a space-interferometer detector for gravitational waves, and he played a role in the very initial design of the LISA project, selected as a joint project by ESA and NASA, and expected to be launched in 2010.

.....

BULLETIN D'ADHESION

NOM :

Prénoms :

Profession :

Adresse complète :

Je désire adhérer à l'A.D.I.O.N.:

Je joins à ma lettre un chèque postal, bancaire, ou mandat-lettre(*) de :

20 euros (cotisation annuelle)

200 euros (cotisation perpétuelle)

.....

Ce bulletin doit être adressé à :

A.D.I.O.N., Observatoire de la Côte d'Azur, BP 4229, F-06304 NICE CEDEX 4,
FRANCE.

Le chèque doit être émis au nom de : ADION, et joint au bulletin d'adhésion.

Conditions d'adhésion(art. 3 des statuts): *"Pour faire partie de l'Association, il faut être âgé d'au moins 18 ans (ou fournir une autorisation écrite des parents ou tuteur), être présenté par deux parrains choisis parmi les membres de l'Association, adresser une demande écrite au Président, être agréé par le Conseil d'Administration et s'engager à payer la cotisation fixée par les statuts."*

(*) Rayer les mentions inutiles.

.....

MEMBERSHIP FORM

NAME (Personal or Corporate) :

FIRST NAME :

PROFESSION :

FULL ADDRESS :

I wish to become member of A.D.I.O.N.

I enclose a cheque of :

20 euros (20 \$ US annual subscription)

200 euros (200 \$ US life membership)

.....

Due to very high bank costs and exchange charges, please send cheque drawn in French Francs on a French bank or use Eurocheque. For life membership, please add 40 \$ to cover bank charges if you do not use the above procedure.

This form should be sent to :

A.D.I.O.N., Observatoire de la Côte d'Azur, BP 4229, F-06304 NICE CEDEX 4,
FRANCE.

The cheque should be made payable to : ADION

