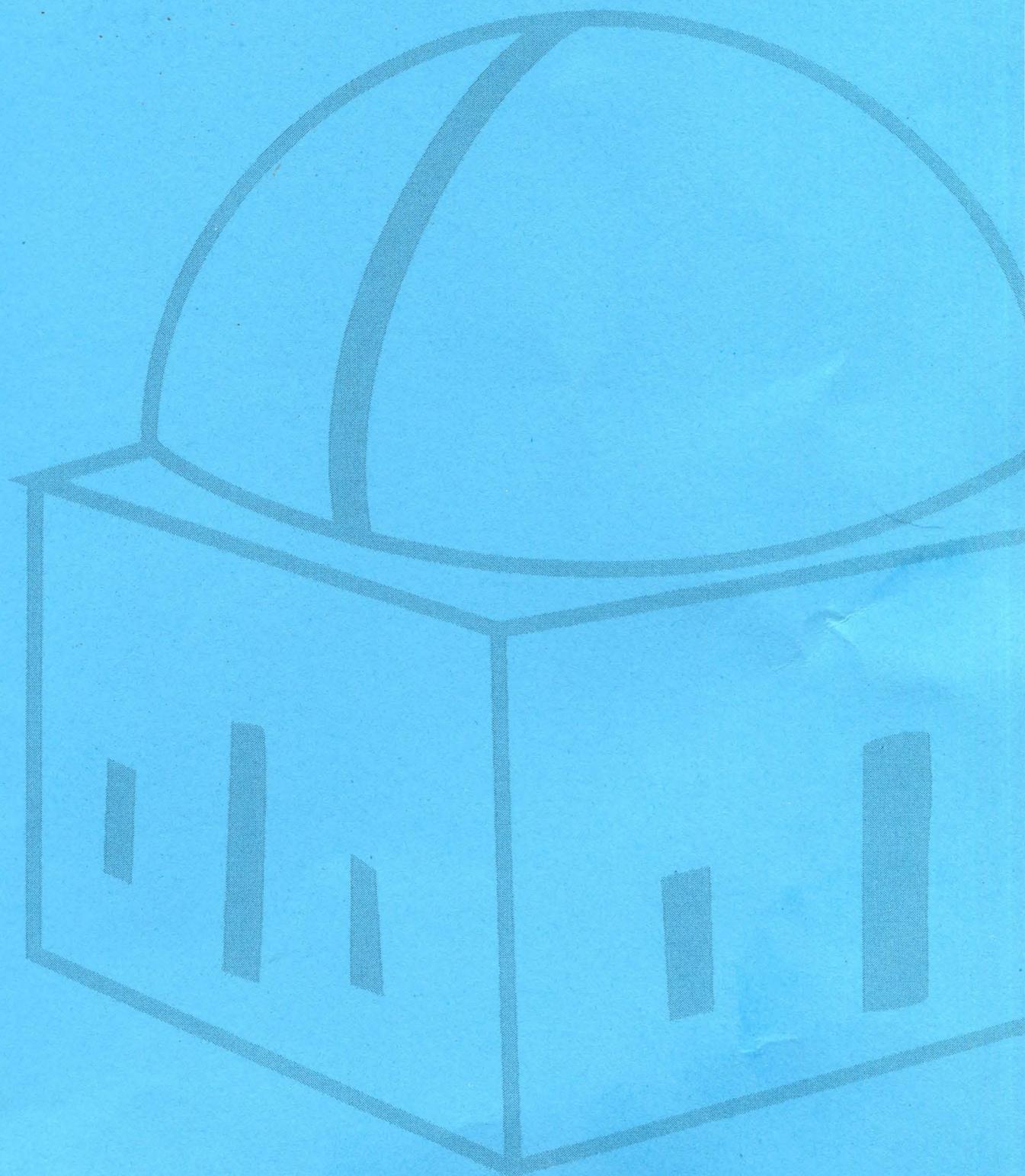


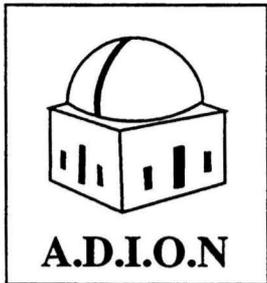
**Association pour le
Développement International de l'Observatoire de Nice**

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

BULLETIN N°32

Année 1998





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

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

BULLETIN N°32

Année 1998

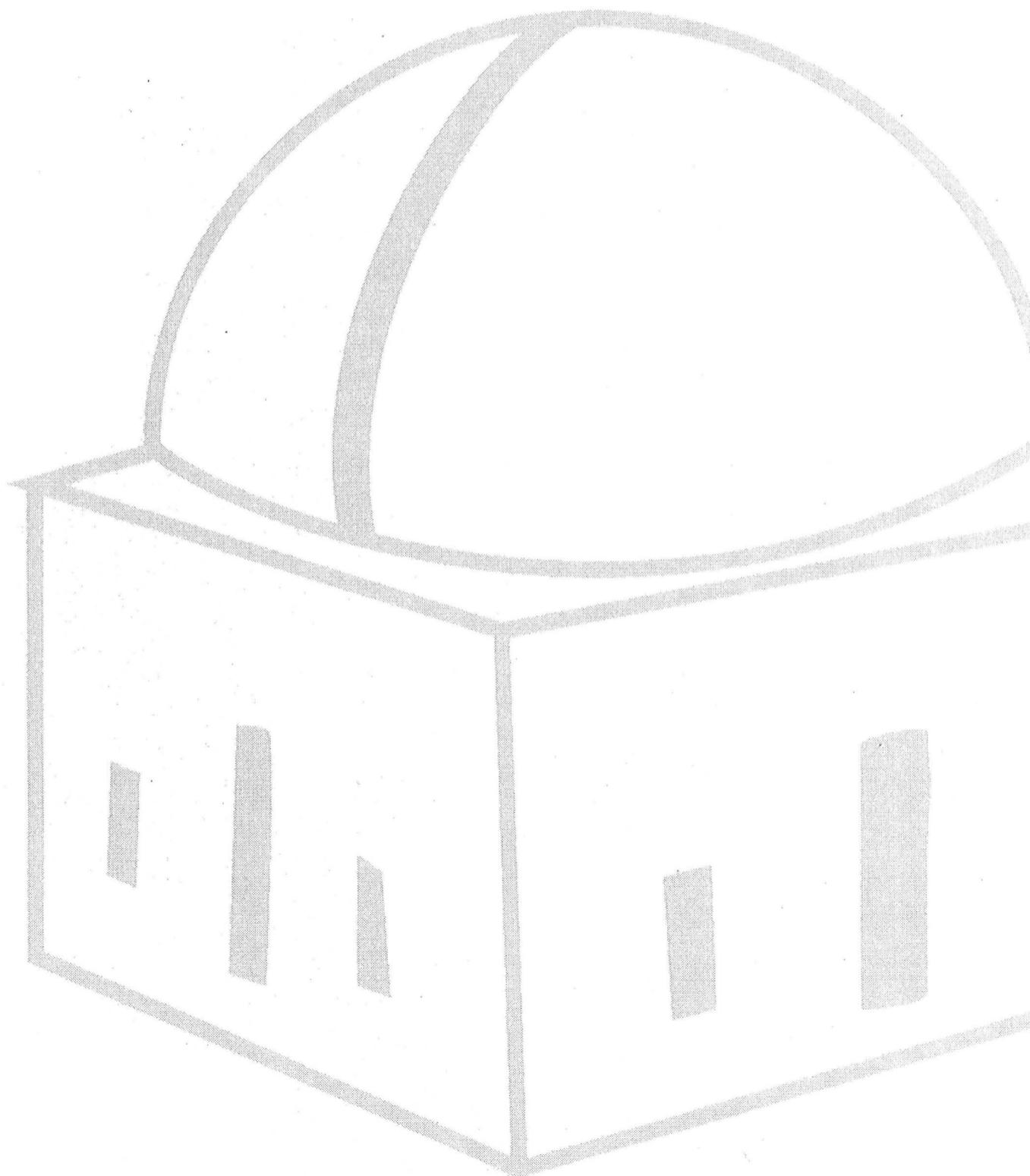


Table des Matières

	PAGES
Editorial	3
Présentation de l'ADION	4
Adresses utiles	5
Distinctions	6
Echos d'activités à l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA)	7
Le Soleil - Préfiguration du Projet Muséal (F. Bely-Dubau)	9
La détection des débris spatiaux à l'OCA (A. Bijaoui)	15
A la recherche des exoplanètes (J. Gay)	19
Turbulence, Dispersion et Intermittence (A. Noullez)	23
Turbulence à l'OCA : La conférence européenne ETC-7	27
Les bourses Henri Poincaré de l'OCA	29
Activités de l'ADION	35
Programme OCA-ADION	37
Compte-rendu de l'assemblée générale du 14 mai 1997	38
Procès verbaux des conseils	45
Médaille de l'ADION	49
Remise de la médaille de l'ADION 1997 à Michael Perryman	51
Hommage à Michael Perryman (F. Mignard)	52
Personnalités auxquelles la médaille a été attribuée	55
Le prix de l'ADION 1997 à Mme et M. Thorel	56
Le coin de l'amateur	57
L'équatorial Coudé : Un système réactif temps-réel conçu par l'approche synchrone. (G. Assman et D. Gaffé)	59
Bulletin d'adhésion	67

Editorial

L'Observatoire de la Côte d'Azur souhaite mettre en place sur le Mont-Gros à Nice, un grand centre à la fois culturel, scientifique et muséologique. En effet, suite à l'arrêté ministériel du 24 octobre 1994, la plupart des bâtiments anciens du Mont-Gros ont été classés parmi les Monuments Historiques. Pour valoriser ce patrimoine, un projet muséal est né dont une des finalités est l'ouverture graduelle du site au public tout en y maintenant ses activités de recherche. Ce projet a reçu le soutien du Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche et de la Région PACA.

Pour tester ses capacités à répondre à l'attente du public, l'Observatoire de la Côte d'Azur a organisé cette année deux expositions: l'une à la Galerie des Ponchettes en ville et l'autre sur le Mont-Gros. Françoise Bely-Dubau, responsable du projet muséal nous fait un compte-rendu de ces manifestations qui ont connu un vif succès auprès du public.

Comme chaque année, ce bulletin veut évoquer quelques recherches effectuées au sein de l'OCA et qui marquent l'actualité. C'est ainsi que A. Bijaoui, astronome au département CERGA, nous montre comment nous sommes impliqués dans la détection des débris spatiaux dont le risque de collision avec les satellites opérationnels croît dangereusement. D'autre part, J. Gay, astronome au département Fresnel, nous entraîne dans la recherche d'éventuelles planètes habitées hors de notre système solaire

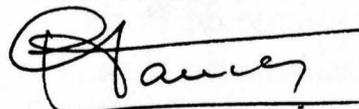
Ce bulletin veut aussi faire mieux connaître une recherche pour laquelle l'OCA est un centre mondial important. Cette recherche concerne la turbulence. Les nombreux phénomènes qui y sont rattachés ont de multiples applications. A. Noullez, chargé de recherche au département Cassini, nous fait découvrir les enjeux astronomiques et astrophysiques qui y sont rattachés. Mais le rapport d'un colloque organisé à Saint-Jean Cap Ferrat sur ce même phénomène par U. Frisch, directeur de recherche au département Cassini, nous montre que ces applications sont très étendues.

Les jeunes chercheurs, thésards ou post-doc, sont toujours très nombreux à l'OCA. Le bulletin de l'ADION, comme chaque année, s'intéresse plus particulièrement aux deux boursiers "Henri Poincaré" dont les bourses post-doctorales sont co-financées par le CNRS et le Conseil Général des Alpes-Maritimes.

La médaille de l'ADION 1997 a été attribuée à Michaël Perryman, Directeur Scientifique à l'Agence Spatiale Européenne (ESA), pour sa contribution au succès du projet HIPPARCOS, mission dans laquelle le département CERGA de l'OCA a été fortement impliquée. De plus, cette année, nous avons aussi remis le prix de l'ADION 1997 à Madame et Monsieur Thorel, astronomes amateurs passionnés d'étoiles doubles visuelles.

Dans "Le Coin de l'Amateur", l'association NOVAE, signataire d'une convention avec l'OCA sur l'utilisation de l'équatorial Coudé, nous fait part des travaux qu'elle a réalisés pour automatiser l'utilisation de l'instrument.

Je vous souhaite une agréable lecture de ce nouveau bulletin et vous présente au nom de l'association, nos meilleurs vœux pour l'année 1999.



Paul FAUCHER

Secrétaire Général de l'ADION

PRESENTATION 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 (1996-2000)

Président	Hélène FRISCH
Vice-Président	Hans SCHOLL
Trésorière	Gabrielle BERTHOMIEU
Trésorier adjoint	Alexandre MORBIDELLI
Secrétaire Général	Paul FAUCHER
Secrétaire adjoint	Bruno LOPEZ

Membres	Danièle BENOTTO
	Jean-Louis ONETO
	Francis PIERRON

Adjoint au Secrétaire Général Guy ESTADIEU

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

Observatoire de Calern
2130, Route de l'Observatoire
CAUSSOLS
06460 Saint Vallier de Thiey

CERGA
Avenue Copernic
ROQUEVIGNON
06130 Grasse

Téléphone : 04 92 00 30 11
Télécopie : 04 92 00 30 33

Téléphone : 04 93 40 54 54
Télécopie : 04 93 40 54 33

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

François BARLIER

Astronome Titulaire au département CERGA

a été décoré **Chevalier de la Légion d'Honneur.**

par M. J.J. Levallois, Ingénieur Général Géographe, le 1^{er} octobre 1998

Raymond MICHARD

Astronome Honoraire, ancien directeur del'OCA

a été élevé au grade d'**Officier de l'Ordre National du Mérite**

par décret du 10 novembre 1998.

Les **Palmes Académiques** ont été décernées à:

Monique FULCONIS

Technicienne classe exceptionnelle au département GALILEE

et

Jacqueline PHAM VAN

Astronome Adjointe de 1^{ere} classe au département CERGA

L'ADION adresse toutes ses félicitations à ces lauréats.

ECHOS D'ACTIVITES

à

L'OBSERVATOIRE DE LA COTE D'AZUR (OCA)

Le Soleil - Préfiguration du Projet Muséal

par

Françoise BELY-DUBAU

Département Cassini de l'OCA

1. Préambule

Dans le cadre de la mise en oeuvre du projet muséal sur le site du Mont-Gros à Nice (voir, par exemple les bulletins de l'ADION n^{os} 27 et 30), une phase de préfiguration a été organisée par l'Observatoire de la Côte d'Azur au cours de l'été 1998, en deux lieux et sur des périodes différentes:

- Une première exposition intitulée " **Le Soleil a rendez vous avec la Terre**", en co-production avec le Museum d'Histoire Naturelle, s'est tenue dans la Galerie des Ponchettes, quai des Etats-Unis à Nice, du 4 juillet au 8 novembre 1998.
- Une véritable exposition de préfiguration au projet réalisée *in situ*, intitulée " **Le Soleil-Etoile du midi**", s'étalant sur une période de deux mois, a été ouverte au public durant six week-ends entre le 12 septembre et le 18 octobre 1998.

2. Le contenu des expositions

Le Soleil a rendez vous avec la Terre

Cette exposition "grand public" a présenté le Soleil de manière simple et didactique sous forme de panneaux, maquettes, instruments et animations solaires autonomes ainsi qu'une évocation de Charles Garnier, architecte de l'Observatoire de Nice et d'autres réalisations sur la Riviera, en raison du centenaire de sa disparition.

Les animations scientifiques solaires ont été réalisées par Jean-Pierre Rivet, chercheur au CNRS et à l'OCA :

★ Un Cadran Solaire. (photo 1) Un immense cadran solaire avec horloge, situé en extérieur, donnait des explications à la fois sur le temps solaire et le temps légal. Sa réalisation artistique a été l'oeuvre d'Evelyne Sauvage.

★ Un Sidérost. A l'aide d'un sidérost, la lumière du soleil était conduite à l'intérieur de la galerie, permettant de faire le spectre du Soleil et aussi de montrer les taches solaires.

Les panneaux d'expositions étaient centrés sur la naissance du Soleil et de la Terre ainsi que sur le Soleil et ses relations avec la Terre.

Le Soleil-Etoile du Midi.

Cette exposition de préfiguration (photo 2) revêtait une importance extrême vu les objectifs que l'on souhaitait atteindre:

- présentation et valorisation du patrimoine,
- présentation des activités de l'OCA,
- initiation aux concepts de base de l'astronomie,
- sensibilisation à la démarche scientifique,
- information sur l'actualité scientifique.

Pour atteindre ces objectifs, le concept thématique choisi s'est arrêté sur le choix du Soleil pour les raisons suivantes : outre la formule attractive de son titre, ce sujet semblait le plus représentatif du lieu et le plus apte à servir les démarches ultérieures pour la mise en oeuvre du



Photo 1. Cadran solaire situé en extérieur à la galerie des Ponchettes (œuvre d'E. Sauvage)



Photo 2. Dépliant publicitaire de l'exposition de préfiguration sur le Mont-Gros (OCA)

projet. De plus, on peut observer le Soleil de jour, ce qui permet de présenter ses techniques d'observations et d'évoquer les nombreuses activités scientifiques de l'Observatoire dans ce domaine : l'imagerie, la spectroscopie, la coronagraphie et l'héliosismologie. Enfin beaucoup de chercheurs niçois se sont illustrés dans ce domaine, parmi eux, on peut citer:

- ★ Louis **Thollon**, un des premiers astronomes à être recruté par le fondateur de l'Observatoire, Raphaël Bisshoffsheim, et qui réalisa le premier atlas spectroscopique solaire,
- ★ Henri **Chrétien**, qui construisit un spectrohélographe,
- ★ Eric **Fossat** et Gérard **Grec**, les pionniers niçois de l'héliosismologie qui se sont illustrés par les premières observations en continu du soleil au pôle sud,
- ★ Les **équipes** actuelles de "**Structure Interne**" et d'"**Atmosphère Solaire**" qui se sont investies dans la préparation et l'exploitation de la sonde solaire SOHO, en activité depuis plus de 2 ans.

Le parcours muséal, après un déplacement en bus et un court arrêt devant le pavillon central (bibliothèque), a été localisé sur la crête du Mont-Gros où sont situés les instruments historiques. Parmi eux, si le Petit Equatorial et le Grand Equatorial restent toujours très attractifs par leur bon état de conservation et la beauté de leurs lunettes, seul l'Equatorial Coudé a pu être exploité pour illustrer l'activité scientifique solaire. C'est, en effet, avec cette lunette que furent réalisées par le passé les observations des oscillations de la surface du Soleil.

Trois points d'observations-animations ont été aménagés sur ce parcours:

- (1) l'image de la surface tachée du Soleil, à l'Equatorial Coudé
- (2) un coronographe, prêté par l'association PARSEC,
- (3) un spectroscope (photo 3), réalisé par l'OCA avec du matériel prêté par l'Observatoire de Haute Provence, accompagné d'une dizaine de spectrographes de poche construits pour l'occasion.

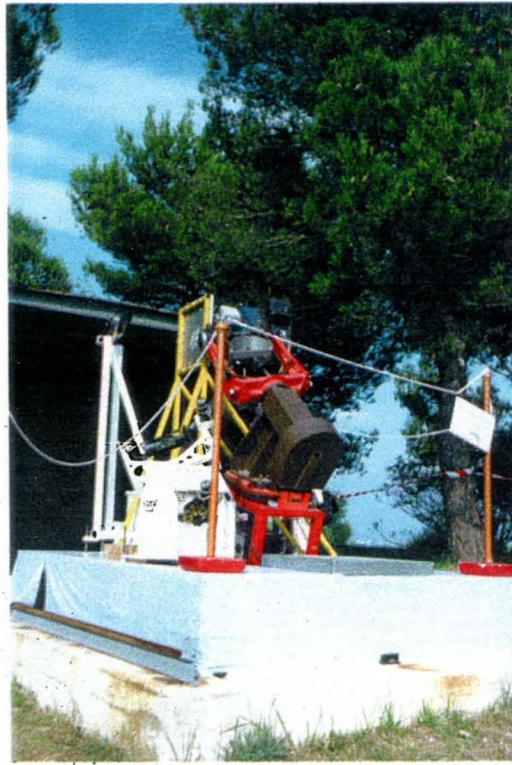


Photo 3. Spectroscopie solaire réalisée par J.P. Rivet.

Près de ces trois points, des panneaux scientifiques étaient proposés. Ils s'adressaient au public avec l'arrière pensée qu'ils seraient d'utiles supports d'explications aux animateurs et permettraient de transmettre un message en cas de temps couvert. Leur conception avait été faite après consultation d'experts en la matière : Palais de la Découverte, CNRS et Cité des Sciences.

Pour le point (1), quatre panneaux : Le Soleil, notre étoile, sorte de fiche d'identité ; les taches solaires (photo 4) et leur importance dans l'étude de l'activité et du magnétisme solaire ; l'héliosismologie avec la contribution des chercheurs niçois dans le domaine de la structure interne du Soleil ; les observatoires solaires, plus particulièrement le tout nouveau télescope THEMIS, instrument sur lequel l'Observatoire investit beaucoup.

Pour le point (2), trois panneaux : couronne et coronographie; les éclipses, en annonçant la prochaine éclipse totale visible en France, le 11 septembre 1999 ; le Soleil et sa physique, les recherches fondamentales développées à l'Observatoire ont été suscitées en grande partie par l'énigmatique couronne solaire.

Pour le point (3), cinq panneaux : Qu'est ce qui fait briller le Soleil ? ; l'énergie solaire et son transfert ; la lumière du Soleil ; ces panneaux théoriques étant indispensables pour expliquer les deux suivants qui étaient : la spectroscopie (photo 5) et Louis Thollon.

De plus, au sol, entre le bâtiment Grand Méridien et sa mire Sud, une ligne blanche avait été tracée matérialisant le méridien, principe permettant de présenter ce qu'est une lunette méridienne.

A l'intérieur des bâtiments quelques installations avaient été réalisées pour accompagner la présentation des instruments en place:

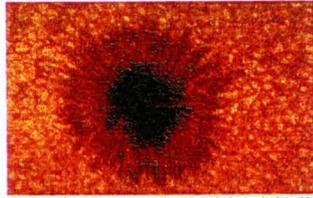
Dans le Petit Equatorial:

- un modèle réduit du principe de la monture équatoriale,
- deux modèles réduits représentant l'un, un télescope et l'autre, une lunette
- et enfin l'optique même qui équipait antérieurement l'instrument du bâtiment (diamètre 38 cm).

Dans le Grand Equatorial:

- trois instruments provenant de la collection de pièces anciennes de l'OCA : un micromètre à fil, une lunette altazimutale, un spectrohéliographe,
- le module de vol de GOLF, un des instruments d'héliosismologie embarqué sur la sonde spatiale

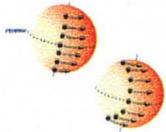
Les taches solaires



Les taches solaires sont plus nombreuses car elles sont plus froides que la photosphère (à 5000 degrés) : l'ombre au centre est à 4000 degrés, la pénombre s'étend à 5000 degrés. © CNRS

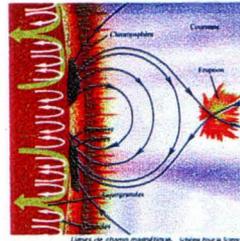
Le Soleil nous apparaît à l'œil nu comme un disque jaune. C'est la photosphère. Cette surface est bouillonnante : on observe des granules, de diamètre allant de 200 à 1800 km, dans lesquelles la matière monte et descend constamment. La photosphère est piquetée de taches sombres qui se développent puis disparaissent en quelques jours ou quelques mois.

Le nombre et la forme des taches varient dans le temps. Elles sont plus fréquentes et plus intenses près de l'équateur du Soleil.



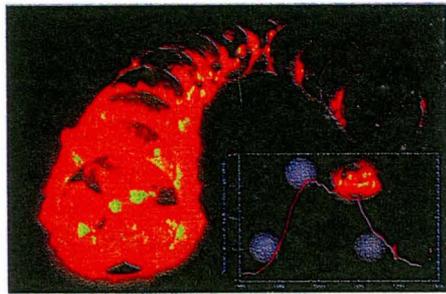
Galiée vers 1600 est le premier à les étudier. Scheiner constate, peu de temps après, que les taches près de l'équateur tournent plus rapidement (27 jours) que celles près des pôles (30 jours). Le Soleil est fluide et tourne plus vite à l'équateur qu'aux pôles.

Schéma de la rotation du Soleil : entre l'image du haut et celle du bas, le Soleil a fait un tour sur lui-même. Sur l'image du bas, on voit que le point situé à l'équateur est allé plus vite que les points situés aux pôles.



Lignes de champ magnétique. Une vue en coupe.

Au XIX^{ème} siècle, on mesure dans les taches des champs magnétiques intenses 50 000 fois supérieurs à celui de la Terre. Le champ magnétique est matérialisé par des lignes de champ qui émergent de la surface du Soleil sous la forme de boucles. Les deux "pieds" d'une boucle correspondent à une paire de taches de polarité différente, formant comme un aimant. Ces boucles peuvent maintenir dans l'atmosphère solaire de la matière en suspens, les protubérances. Le champ magnétique structure l'atmosphère solaire et ses variations rapides sont responsables des températures élevées qui y règnent, allant jusqu'à plus de 20 millions de degrés pour les éruptions.



12 images du satellite Soho, entre 1988 et 1990 et rotation avec le nombre des taches.

Le nombre de taches croît et décroît sur une période de 11 ans, définissant un cycle d'activité solaire.



Palais de la découverte

La spectroscopie

La spectroscopie est l'ensemble des méthodes et des techniques pour l'étude du rayonnement. Le spectromètre est un système dispersif qui décompose le rayonnement à étudier.

Le rayonnement visible du Soleil est observable du sol. Ses rayonnements ultra-violet et X sont absorbés par l'atmosphère terrestre qui protège l'homme de leurs effets dangereux. Il faut aller dans l'espace pour les observer.

Les raies d'un spectre correspondent à des transitions discrètes entre niveaux d'énergie d'atomes ou d'ions. Par exemple, une raie de l'He II est due à un atome d'hélium qui a perdu un électron. Les calculs attribuent à chaque ion d'un atome une température, celle où sa concentration est maximale.

Diagnosics spectroscopiques

L'analyse des raies spectrales permet d'obtenir des informations sur les conditions physiques des différentes couches de l'atmosphère :

- la position des raies permet d'identifier l'élément chimique,
- leurs intensités : son abondance ainsi que la température et la densité de la couche où elles se forment,
- leurs déplacements (effet Doppler-Fizeau) : la vitesse du milieu ; leurs élargissements : le degré de turbulence du milieu.

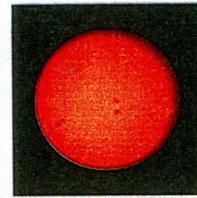
Certaines raies, sensibles au champ magnétique, permettent une mesure de celui-ci par effet Zeeman.

Avec un spectrohéliographe, qui isole une raie intense du spectre, on "photographie" une couche de l'atmosphère solaire à une certaine température.

Ces techniques sont utilisées dans le spatial : les principaux satellites sont :

- SMM (Solar Maximum Mission) et YOHKOH pour le rayonnement X.
- SOHO pour le rayonnement ultra-violet.

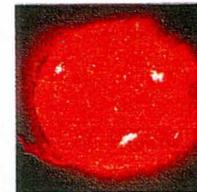
Grâce aux satellites, on découvre l'atmosphère solaire caractérisée par des profonds bouleversements, des températures extrêmes, des éruptions violentes.



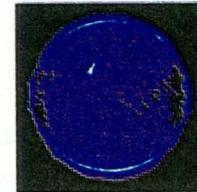
Photosphère à 0 000 degrés (0 Ciel et Espace)



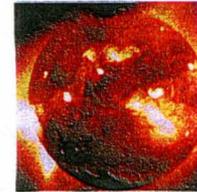
Chromosphère à 10 000 degrés (10 000 Ciel et Espace)



Zone de transition (chromosphère-couronne) à 20 000 degrés (10 01 Ciel et Espace)



Couronne à 1 million de degrés (1 000 000 Ciel et Espace)



Couronne à 3 millions de degrés (3 000 000 Ciel et Espace)



Palais de la découverte

Photo 4. Panneau sur les taches solaires.

Photo 5. Panneau sur la spectroscopie du soleil

SOHO et prêté par l'IAS,
- une maquette du site de l'observatoire de Calern.

3. Les Inaugurations.

Ces expositions ayant reçu le soutien des collectivités locales, chacune a pu être inaugurée avec faste. A la galerie des Ponchettes, le vernissage de l'exposition "Le Soleil a rendez-vous avec la Terre", placé sous la présidence du sénateur-maire de Nice, Monsieur Jacques Peyrat, a eu lieu le jeudi 2 juillet alors que l'inauguration de l'exposition de préfiguration au projet muséal a eu lieu le vendredi 11 septembre à l'Observatoire de Nice, sous la présidence du directeur de l'OCA, José de Freitas Pacheco (photo 6). Ces inaugurations ont permis de remercier chaleureusement tous les partenaires de ces opérations qui nous ont apporté soit une aide à la conception, soit une aide financière, soit une aide matérielle. Il est bon de les rappeler :

* Le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie par son soutien, dans le plan quadriennal, au programme pluriformations "Information Scientifique et Technique à l'Observatoire de la Côte d'Azur".

* la Région PACA

par son opération "Action de diffusion scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur (muséal)".

* La Ville de Nice :

son apport s'est matérialisé par une aide précieuse de la part de l'équipe de son Muséum d'Histoire Naturelle, qui a prêté son concours non seulement pour l'installation de matériels d'exposition mais aussi pour prêt de mobiliers.

* La Ville de la Trinité :

le débroussaillage d'une partie du domaine et le prêt de matériel urbain (barrières Vauban).

* La Cellule Information Scientifique et Technique du CNRS



Photo 6. *Les représentants officiels lors de l'inauguration à l'Observatoire de Nice.*

De gauche à droite : Mme Bely-Dubau, responsable du projet muséal; Mme Mathieu-Obadia, adjointe au Maire de Nice; M. Allemand, vice-président de la Région PACA; M. de Freitas Pacheco, directeur de l'OCA; Mme Cornevin, représentante de la Mission Musées au MENRT; Mme Revello, adjointe au Maire de la Trinité.

qui a prêté son concours pour la préparation et la mise en page de la plaquette de l'OCA et des panneaux didactiques.

* De nombreux instituts et organismes qui ont prêté des documents, des panneaux d'exposition, des maquettes et du matériel :

l'Observatoire de Marseille, l'IAP, les Espaces Naturels de Provence (CEEP), l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay, l'Istituto Internazionale du Studi Liguri, Le Laboratoire d'Astrophysique de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, l'Observatoire de Marseille, le Palais de la Découverte, le Planétarium de Strasbourg, l'Agence Spatiale Européenne, le service du Patrimoine SBM de Monaco, le Musée des Beaux Arts, l'Observatoire de Haute Provence.

Mentionnons enfin que pour la réalisation de cette phase du projet muséal, l'OCA s'est adjoint les services du cabinet Praximuse, expert en muséologie.

4. Les Visites.

L'encadrement.

L'encadrement technique et administratif du fonctionnement des équipes d'animateurs scientifiques a été assuré par l'association PARSEC qui assumait déjà l'organisation et l'animation des visites régulières sur le site. L'association ayant les capacités, l'expérience, et le cadre légal adéquat a fonctionné comme un prestataire de service auprès de la direction de l'OCA en effectuant le règlement des vacations ainsi que le règlement des charges, des assurances et des indemnités de transport pour les intervenants. La gestion des horaires et des emplois du temps, l'organisation et la rotation des équipes étaient aussi assurées par PARSEC en collaboration étroite avec la responsable de l'opération.

Les animateurs ont donc été recrutés par l'association parmi ses prestataires habituels auxquels sont venus s'ajouter des intervenants supplémentaires appelés spécialement pour l'occasion



Photo 7. *Un groupe de visiteurs à l'intérieur du Petit Equatorial*

: ceux ci provenaient essentiellement de l'association NOVAE et du personnel scientifique de l'OCA. Si, en dehors de l'équipe-projet, l'implication des chercheurs à la préparation de l'exposition est restée très limitée, ils ont participé étroitement aux visites et animations en amenant une dimension authentique généralement très appréciée du public content de côtoyer de vrais "savants" et flatté d'être l'objet de leurs attentions.

Les Visiteurs.

L'accès sur le site s'est fait uniquement en bus depuis la ville de Nice avec trois points de ramassage : un à la gare SNCF, station principale, un à la Gare Routière, un dernier à la gare SNCF de Riquier, à raison de quatre rotations par jour. La SEMIACS a été le prestataire de ce service. Le résultat sur la fréquentation des visiteurs a montré que le public était prêt à utiliser les transports en commun. Le succès a, en effet, dépassé toutes les attentes puisqu'avaient été prévues 200 personnes par jour en pointe maximum et que la moyenne a été de 230 personnes par jour sur douze jours, avec une pointe de 400 personnes le dernier jour!

Malgré les conditions de transport parfois inconfortables, la majorité du public a fortement appréciée les prestations offertes au cours de cette visite (photo 7) ... même si certains d'entre eux ont regretté de ne pouvoir s'attarder plus longtemps. Le temps imposé pour la visite était de 1h45 sur le site, ce qui laissait trop peu de temps pour s'intéresser de plus près au contenu scientifique présenté, en particulier, sur les panneaux.

Pour terminer, signalons que l'opération pendant son déroulement a fait l'objet d'une enquête d'évaluation, réalisée auprès du public par le CNRS. En particulier, un questionnaire a été remis à chaque visiteur et le nombre de réponses qui sont parvenues (près de 25%) manifeste l'intérêt du public pour la poursuite de telles visites. Le résultat officiel de cette enquête est en cours de rédaction.

Le succès de cette préfiguration et l'engouement du public ont démontré l'importance de poursuivre notre travail pour la réalisation du projet muséal à l'OCA sur le Mont-Gros.

La détection des débris spatiaux à l'OCA

par

Albert BIJAOU

Département CERGA de l'OCA

1. Le Contexte

Depuis le lancement du satellite Spoutnik en Octobre 1957, plus de 4800 lancements ont eu lieu. Aujourd'hui plus de 10000 objets sont catalogués en orbite. Seulement 5% d'entre-eux sont des satellites opérationnels. La plus grande proportion correspond à des objets non identifiés, qui peuvent être des satellites abandonnés, des étages de fusée, des coiffes ou des débris de satellite. On estime à près d'un million le nombre de débris en orbite de plus d'un millimètre.

L'existence de ces débris préoccupe de plus en plus les agences spatiales en raison des risques de destruction de satellites opérationnels. On estime à 0,01% le risque actuel de collision, mais ce risque ira en croissant, il pourrait atteindre 5% d'ici une quinzaine d'années. Les constructeurs doivent équiper les satellites de véritables boucliers, ce qui alourdit la masse et par conséquent le coût du lancement. Même une écaille de peinture de 1 mm projetée à plus de 10 km/s devient une arme redoutable, pouvant endommager gravement le satellite ou tuer un cosmonaute.

Cent trente sept incidents graves avaient été inventoriés en 1997. La quasi totalité d'entre-eux avaient eu lieu en orbite basse, deux incidents correspondent à des orbites géostationnaires. Cette orbite est d'un intérêt stratégique évident. Compte tenu de la dimension des panneaux solaires et des légers mouvements résiduels, les emplacements disponibles sont peu nombreux et il importe qu'ils ne soient pas pollués par les débris d'anciens satellites.

En ce qui concerne les orbites basses, l'utilisation de radars s'impose. Ils arrivent à détecter de petits objets et à en déterminer la vitesse. Mais leur capacité de détection décroît comme l'inverse de la puissance quatrième de la distance. Pour les orbites géostationnaires les plus puissantes stations radars ne peuvent détecter que des objets d'une taille plus grande que 1 m². L'observation optique, passive, reste alors le seul moyen de détection pour des objets plus petits. Les Etats-Unis ont développé depuis plusieurs années un réseau couvrant toute la planète, avec 19 radars, 6 télescopes et une surveillance radio. Le catalogue des sources identifiées est publié, avec les orbites correspondantes. Sur le réseau ces informations peuvent être obtenues à <http://oig1.gsfc.nasa.gov/>.

Les Etats-Unis est le seul état ayant une politique systématique pour la détection et le suivi des débris. Les autres agences spatiales sont préoccupées par ce problème, mais elles ne mettent pas en œuvre des moyens aussi considérables. Le CNES a commencé à examiner ce problème il y a plusieurs années, mais son intérêt s'est accentué en Juillet 1996 avec l'accident en orbite du satellite *Cerise* dont le mât

aurait été percuté à près de 15 km/s par un fragment d'une fusée européenne ayant explosé dix ans plus tôt.

L'Observatoire de la Côte d'Azur a été contacté par le CNES en 1995 pour examiner les possibilités de détection sur l'orbite des géostationnaires. En Janvier 1996 nous avons démarré avec le télescope de Schmidt une série d'observations avec des films photographiques, seul moyen disponible à cette époque au foyer. Ceci nous a permis de mieux appréhender les possibilités de ce télescope pour prendre en charge ce programme. Nous avons ensuite proposé de construire un ensemble permettant la détection des candidats, leur mesure et la détermination de leurs paramètres orbitaux. L'étude que nous venons de terminer est prolongée par une exploitation annuelle, afin d'obtenir une ébauche de statistique permettant d'évaluer les risques réels sur cette orbite.

2. L'étude photographique.

Le film photographique couvrait au foyer du télescope un champ de $5^\circ \times 5^\circ$. Mais ce détecteur ne s'adaptait pas à des poses rapides, avec chargement toutes les deux ou trois minutes. Nous avons résolu de faire plusieurs expositions sur un même film. Chacune d'entre elles faisait de l'ordre de 3 mn, espacées de 10 à 20 mn. Ainsi l'observateur passait près de 2 à 3 heures sur un même champ. Les satellites étant géostationnaires, le télescope doit rester fixe pendant la pose. Le cliché est ensuite développé, séché et visuellement analysé. C'est essentiellement Ch. Pollas qui a pris en charge cette étude photographique, examinant les clichés et effectuant les mesures avec la machine à mesurer Zeiss.

Autour des satellites indiqués par le CNES, il a ainsi identifié une dizaine d'objets dont la majorité d'entre eux n'a pas pu être identifiée. Pourtant ces objets étaient d'une magnitude telle qu'il ne pouvait s'agir de débris, mais plutôt de troisièmes étages ou de satellites non répertoriés.

Parallèlement j'ai examiné avec Y. Fang les problèmes de traitement de ces images. Grâce au scanner AGFA Horizon Plus de l'OCA, les clichés ont été numérisés et nous avons commencé à analyser en détail les problèmes de détection et de mesure des objets. La difficulté principale résidait dans les traînées d'étoile : le télescope étant fixe, les étoiles formaient de longues traînées sur lesquelles les images des objets géostationnaires se superposaient. En raison des temps de pose et de la densité des étoiles le taux de remplissage était très élevé, et il fallait détecter des objets quasi ponctuels sur ces traînées.

L'étude, menée au premier semestre 1996, avait donc permis de cerner les problèmes et surtout d'identifier les points sur lesquels une étude CCD devait être approfondie.

3. L'étude avec une caméra CCD.

La mise en œuvre d'une caméra à transfert de charges (CCD) au foyer du télescope de Schmidt par A. Maury et ses collaborateurs a conduit à examiner de manière nouvelle le problème de la détection des débris spatiaux sur l'orbite des géostationnaires. La photographie permettait d'avoir un grand champ, mais elle était d'un emploi fastidieux, avec une sensibilité trop réduite pour détecter de véritables débris. Compte

tenu du nombre de pixels (2048×2048), le champ du CCD est limité à $35' \times 35'$ ce qui réduit d'un facteur 100 le champ observable par rapport à la photographie, mais avec une sensibilité améliorée d'un facteur supérieur à dix. On ne peut pas faire les mêmes travaux; le CCD permet la détection d'objets plus faibles, en temps quasi réel, avec une possibilité de suivi dans la nuit. Sur la figure 1 l'image CCD centrée sur les satellites TDF1 et TDF2 est tracée. On remarque l'importance des traînées.

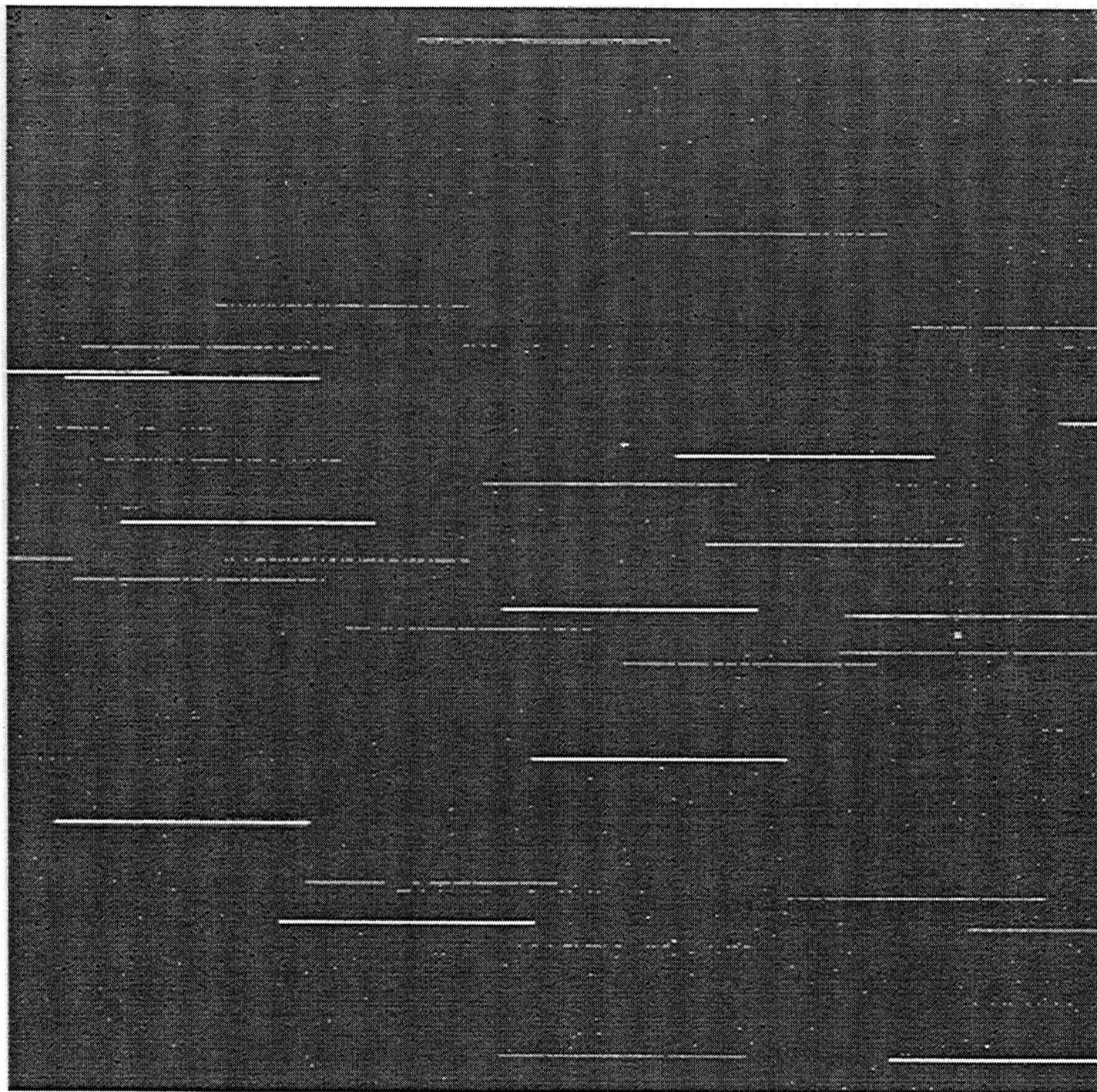


Figure 1: Image centrée sur les satellites TDF1 et TDF2.

Plus d'un millier d'images CCD ont été obtenues par A. Maury et son équipe. Nous avons développé avec J.C. Venturino puis avec B. Vandame un logiciel d'analyse des images et de réduction des mesures. Nous avons convergé sur une réduction sensible des traînées grâce à une suppression de toutes ces traînées à partir d'une prédétection. Une fois la suppression des traînées réalisée nous extrayons les objets avec un algorithme classique d'étiquetage des domaines. Au cours de cette opéra-

tion, on calcule pour chaque domaine différentes quantités : aire, flux, indices de la colonne et de la ligne du maximum d'intensité du domaine. Avant de poursuivre, un tri est effectué pour éliminer des objets qui ne peuvent pas être identifiés comme des candidats : points chauds de la caméra, résidus de traînées, traces de rayons cosmiques... Cette procédure de seuillage réduit le nombre de domaines d'environ 400 à une centaine.

On compare ensuite les positions sur trois poses successives pour identifier des objets pouvant être des sources proches de l'anneau des géostationnaires. Ainsi un objet est retenu comme débris spatial ou satellite si on voit ses images toutes alignées sur plusieurs expositions successives.

Les coordonnées équatoriales des candidats sont obtenues par rapport aux étoiles observées, en utilisant le catalogue GSC. La précision expérimentale, aujourd'hui de plusieurs secondes d'arc, est limitée par la datation du début de pose.

Trois observations topocentriques d'un satellite à trois instants différents permettent de déterminer les composantes géocentriques des vecteurs position et vitesse de ce satellite, en supposant que celui-ci suit une orbite képlérienne. Le logiciel développé par P. Oberti utilise la méthode de Gauss-Lagrange pour obtenir une telle orbite. Le logiciel fournit des positions prévisionnelles (α et δ topocentriques) pour les besoins d'observations futures.

Une petite fraction des images CCD a été réduite. Des objets ont été détectés, mais certains n'ont pas été identifiés.

4. Conclusion

Le logiciel qui a été développé est dans une phase quasi opérationnelle à la sortie de la caméra CCD. Une campagne plus systématique doit nous permettre l'identification de nombreux objets et devrait ainsi conduire à une véritable statistique sur l'orbite des géostationnaires. C'est le but d'un nouveau contrat entre le CNES et l'OCA.

Le remplacement de la caméra actuelle par une caméra à trois CCD devrait augmenter l'efficacité par un facteur voisin de dix. Les perspectives sont donc très favorables pour obtenir une connaissance approfondie d'un champ assez grand dans l'anneau des géostationnaires à l'horizon 2001.

A la Recherche des Exoplanètes

par

Jean GAY

Département Fresnel de l'OCA

1. Sachons rêver.

La revue *La Recherche* reprenait en novembre dernier un article que Paul Kalas faisait paraître dans *Science* de juillet 1998, avec le titre provocateur: *Les Astronomes Saisis par la Planétomania!* L'affaire n'est cependant pas très nouvelle, mais les découvertes de ces quelques dernières années manifestent qu'un pas essentiel vient d'être franchi qui fait passer de la spéculation pure à la certitude sereine.

Suffit-il de remonter à Cyrano ou Fontenelle pour imaginer d'autres mondes, éventuellement habités? Plus près de nous, Camille Flammarion n'a-t'il pas fait rêver quelques générations qui se sont cherchés des cousins éloignés sur les planètes de notre système solaire? Hélas ...ou tant mieux(?), aussi près qu'on y regarde, nous restons bien seuls dans cette région de la galaxie, aussi faut-il aller plus loin ... mais beaucoup plus loin.

2. Mais restons réalistes.

En effet, puisqu'on n'imagine pas une planète habitable solitaire, détachée d'une étoile mère qui la réchauffe tant soit peu, il faut aller chercher de nouveaux lieux de vie possibles au moins à la distance des étoiles les plus proches; cela fait un grand saut dans l'échelle des distances, à peu près équivalent à celui qu'on dût faire un jour quelques polynésiens pour sortir de leur archipel et rendre visite à quelqu'autres îles du Pacifique.

La recherche de correspondants assez évolués pour capter nos messages ou nous en expédier, a alimenté des chroniques plus ou moins proches de la science fiction. Le projet SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) continue de faire rêver de nombreux mécènes qui ont généreusement pris la relève du Congrès Américain devenu réticent à en poursuivre le financement. Sur les sondes Pionnier qui sortent maintenant du système solaire, la NASA a fait graver un ensemble de messages supposés intelligibles pour l'improbable navigateur de l'espace qui rencontrerait cette "bouteille à la mer". Enfin, sans le vouloir, notre brillante civilisation de la radio-communication est déjà entourée d'une bulle d'émission-radio de cent années-lumière de rayon, ce qui arrose déjà pas mal de civilisations potentielles sur les quelques milliers d'étoiles qu'englobe cette bulle ... mais aucune n'a encore répondu ou reconnu l'intérêt de nos messages (Pierre Connes réduit cette bulle à seulement "cinquante années-lumières de Guy Lux").

A défaut de nous trouver des cousins éloignés, nous pouvons rechercher s'il n'existe pas des planètes susceptibles de les abriter. De là à rechercher d'abord simplement

des planètes, il n'y a qu'un pas, en arrière, que la sagesse et l'esprit de méthode conseillent de faire sans réticence. Cependant, même cette simple recherche ne va pas sans difficultés tant sont éloignées de nous les étoiles, ... même les plus proches.

3. Histoire d'angles ?.

Afin de se faire une idée du défi que cela représente, il suffit de se transporter sur une des étoiles les plus proches de nous, disons à dix parsecs (ou 30 années-lumière). Notre Terre n'apparaît plus alors qu'à un dixième de seconde d'arc de l'étoile Soleil, étoile brillante, certes, dans l'échelle des astronomes mais, cependant, à la limite de perception de notre œil de citadin ébloui par les incontournables réverbères qui polluent notre ciel, effarouchent les amoureux, troublent les papillons de nuit et navrent les poètes ... Mais cette Terre, si proche en apparence de son Soleil, serait peut-être perceptible si ce Soleil, lui-même, n'aveuglait l'observateur; l'intensité lumineuse des deux astres est dans un rapport de dix milliards ce qui exclut qu'une modeste Terre soit perçue directement, sauf à tuer la lumière de l'étoile centrale! Nous y reviendrons ... plus tard.

A défaut de détecter une Terre, on se contenterait dans un premier temps de détecter une planète géante dont Jupiter est le prototype éblouissant pour les nuits d'hiver de l'an 2000. Vu à 10 parsecs, Jupiter se sépare du Soleil d'une demi-seconde d'arc. C'est mieux que la Terre, mais le rique d'éblouissement reste prépondérant car le rapport des flux reste encore de cent millions! N'est-ce pas désespérant?

4. Première découverte !

Comme rien n'arrête le rêve des astronomes, on s'est orienté vers la détection des exoplanètes par d'autres moyens. A défaut de les voir, ne peut-on déceler certains de leurs effets dont l'interprétation serait peu contestable? Jupiter nous y invite, dont la masse et la distance au Soleil sont telles qu'elles arrachent le centre de gravité du système solaire hors de la sphère solaire: ainsi le Soleil est-il lui même en rotation autour du centre de gravité du système solaire. Ce mouvement, très lent dans sa composante la plus évidente induite par Jupiter, est resté longtemps au delà de la sensibilité des mesures spectrales de l'effet Doppler qu'induit un tel mouvement, à savoir : détecter des vitesses de quelques dizaines de mètre par seconde (m/s), à comparer à la vitesse de la lumière de trois cents millions de m/s!. Plusieurs équipes à travers le monde se sont attelées à ce long travail de "bénédictin": long, car pour couvrir une simple orbite jovienne, il faut treize années de mesures!

Par bonheur, les systèmes planétaires ne se sont pas cru obligés de copier notre système solaire. Ce fut donc une énorme surprise quand l'équipe suisse de **Mayor** et **Quéloz** de l'Observatoire de Genève annoncèrent la découverte d'un "petit" Jupiter gravitant en quatre jours autour de l'étoile 51 Peg (une étoile de type solaire à une dizaine de parsecs de nous!). Une période si courte impose, selon les lois de Kepler, une orbite d'un rayon qui ne serait que 20% du rayon de l'orbite terrestre (qu'on appellera désormais par son nom savant: l'unité astronomique, ou UA, qui fait bien 150 millions de km pour ceux qui aiment accumuler les zéros). A une telle distance, la planète est chauffée par son soleil à une température de mille Kelvin (rappelons

que nous vivons sur Terre à 300 Kelvin), température absolument invivable selon nos normes de confort, même les plus tolérantes. N'étant sensible qu'à la composante de la vitesse orientée vers l'observateur, la méthode ne donne que la valeur minimum de la masse, aussi cette première exoplanète détectée peut-elle être plus massive qu'il n'y paraît.

Les écarts de vitesse de quelques dizaine de m/s n'ont pu être révélés que grâce à la grande stabilité du spectromètre Elodie construit à l'Observatoire de Haute Provence (OHP), qui, depuis, a révélé d'autres exoplanètes par le même procédé.

5. Paternité difficile.

Ainsi fut réalisée cette première découverte d'une exoplanète autour d'une étoile de type solaire. D'autres planètes avaient déjà été détectées autour d'un pulsar, région absolument invivable et sans avenir touristique; aussi n'en ferons-nous pas mention plus avant ici, sauf à leur trouver des propriétés alléchantes pour les théoriciens de la physique fondamentale qui explorent l'univers fractal et postulent la "Relativité d'Echelle". Mais ceci est une autre histoire, bien excitante également. Quelques mois après la publication de Mayor et Quéloz, une équipe américaine découvrait à l'aide du même procédé spectroscopique, deux nouvelles exoplanètes massives et de courtes périodes. La presse y donnait alors un large écho, à la mesure de la discrétion qui entourait la découverte suisse à l'OHP. Peu de temps après, un spectroscopiste canadien ne voyait plus dans les mesures de vitesse de Mayor et Quéloz que la manifestation d'une oscillation interne de 51 Peg, ce qui aurait donné la primeur de la découverte d'une exoplanète à l'équipe des Américains Marcy et Butler ... si cette interprétation réductrice s'était vérifiée. L'enjeu était de taille et la polémique roula bien sur une année jusqu'à ce que la constance des oscillations de vitesse mesurées, on dit leur cohérence en langage d'initié, élimine l'hypothèse d'une vibration interne de 51 Peg, vibration qui ne saurait être cohérente sur plus de quelques semaines, alors que la courbe de vitesse enregistrée sur plus d'un an révélait une stabilité que seule la régularité des mondes gravitant peut assurer.

6. Vie, où es-tu?

Depuis, la méthode a révélé à ce jour dix-neuf exoplanètes, toutes de masses joviennes ou supérieures, de périodes parfois courtes (neuf parcourent leur orbite en moins de vingt jours). Aucune ne peut faire penser à une planète tellurique dont l'indicible légèreté ne saurait affecter de façon mesurable le mouvement de son soleil. Aussi ces planètes géantes sont-elles de piètres candidates pour supporter la vie, à moins que des organismes pratiquant une chimie exotique sur des gaz aussi savoureux que le méthane et le sulfure d'hydrogène, dans une ambiance qui relègue nos climats tropicaux au rang de frigidaire, ne puissent se révéler possible. Cependant, il faut être ouvert aux surprises. Les premières exoplanètes commencent à nous habituer à l'idée que rien n'est comme on s'y attend: quelle idée de mettre un Jupiter entre Mercure et le Soleil! Cette première incongruité, inexplicable par les théories actuelles de formation des systèmes planétaires (elles prévoient les planètes denses, dites telluriques, proches du centre, les planètes géantes, formées d'hydrogène et

d'hélium, plus éloignées), doit nous rendre méfiants de nos schémas à priori.

7. Histoire à suivre

Toutefois, digresser sur la composition de tels objets est pour le moins hasardeux. Qu'on ait détecté l'effet de recul qu'ils impriment à leur étoile mère ne signifie pas qu'on les ait "vus"! Certes, ce mouvement de recul de l'étoile fixe quelques paramètres essentiels tels la masse minimum, la distance à l'étoile, la température. De là, à préciser d'autres grandeurs, il n'y a qu'un pas que franchissent les astrophysiciens, dignes de ce nom, qui appliquent les conséquences des lois physiques à partir de ces données de base. Mais il y a parfois des extrapolations hasardeuses qu'on aimerait consolider par des observations d'autres natures; c'est pourquoi il faut "voir" les exoplanètes.

C'est là un défi plus difficile à relever puisqu'il faut éteindre l'étoile centrale trop éblouissante. Comme on n'en est qu'aux premiers balbutiements des méthodes proposées, parmi lesquelles on trouve aussi la détection des orages sur les planètes ou bien l'observation des effets relativistes qu'elles induisent sur la lumière, cette rubrique fera l'objet d'un chapitre ultérieur qui sera certainement enrichi de quelques résultats nouveaux qui prolongeront ce rêve éveillé qu'est la poursuite des mondes inconnus. A trop prolonger un tel propos, le lecteur pourrait passer de la veille au sommeil et manquer quelques merveilles de la "Science en marche".

TURBULENCE, DISPERSION ET INTERMITTENCE

par

Alain NOULLEZ

Département Cassini de l'OCA

1. Introduction

Par turbulence, on entend ici la turbulence hydrodynamique que sont les mouvements à la fois désordonnés et structurés qui apparaissent au sein d'un milieu fluide lorsqu'on essaie de le mettre en mouvement trop rapidement. Il s'agit d'un phénomène connu et observé depuis longtemps, mais qui résiste encore aux tentatives de modélisation théoriques complètes. Et pourtant, les applications de la turbulence sont innombrables, aussi bien du point de vue de la science pure que de l'ingénierie. Par exemple, même aujourd'hui, les avions volent sans que l'on sache vraiment tout ce qui se passe dans les couches de frottement turbulentes au voisinage du fuselage. En astronomie, la turbulence apparaît au niveau instrumental, puisqu'elle perturbe la transmission de la lumière dans l'atmosphère et qu'elle conditionne ainsi la qualité des images que l'on peut espérer obtenir en un lieu donné. Mais elle joue également un rôle fondamental en astrophysique, où elle contrôle par exemple le transfert de la chaleur par convection au sein des étoiles, ou encore la formation de structures dans les milieux dilués comme le vent solaire ou même la formation de l'univers dans son ensemble par compétition entre l'advection turbulente et l'attraction gravitationnelle. Une des explications également proposée pour l'existence des champs magnétiques stellaires est l'étirement et l'amplification par des champs de vitesse turbulents de champs magnétiques initialement faibles créés par le déplacement de particules ionisées.

Dans beaucoup de ces problèmes n'interviennent pas seulement les champs de vitesse et de densité habituellement considérés en turbulence, mais également des grandeurs qui sont transportées de manière passive par le champ de vitesse, par exemple, la température pour la turbulence atmosphérique ou le champ magnétique (en première approximation) pour le problème de la dynamo stellaire. Jusqu'il y a peu, il était admis que les structures observées dans ces champs advectés étaient les reflets de structures présentes dans le champ de vitesse turbulent lui-même. Ce n'est que très récemment que l'on a mis en évidence qu'un champ de vitesse complètement aléatoire pouvait néanmoins induire la formation de structures dans la quantité transportée.

2. La turbulence hydrodynamique

Quand un problème physique résiste à la modélisation théorique, on s'imagine souvent que c'est parce que "*on n'a pas les bonnes équations*". Tel n'est pas le cas de la turbulence. En effet, les équations de Navier-Stokes qui gouvernent l'évolution d'un milieu fluide sont connues depuis longtemps : il s'agit simplement des analogues pour un milieu continu de la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie, bien connues dans le cas de systèmes discrets. Malheureusement, dans le cas de champs continus, peuvent intervenir un nombre très grand de points de l'espace

agissant *a priori* de manière indépendante, ce qui rend le problème non seulement insoluble, mais également chaotique. Et c'est bien ce qui se passe dans la réalité. A faible vitesse, un milieu fluide suit parfaitement les mouvements qu'on lui impose et il réagit comme un objet d'une seule pièce, chaque couche fluide entraînant ses voisines de manière régulière (on parle d'écoulement laminaire). Par contre, si l'on augmente la quantité d'énergie injectée dans l'écoulement, le fluide crée des tourbillons de tailles de plus en plus petites afin de dissiper par friction l'énergie fournie. Ces petites structures n'interagissent plus alors de manière cohérente et l'ensemble de l'écoulement devient désordonné et de plus sensible à de très faibles perturbations. C'est à la fois le grand nombre et la diversité des tailles des structures produites qui font toute la difficulté de la turbulence.

Puisque les écoulements turbulents sont si instables, il est tentant de ne plus s'intéresser à leurs propriétés instantanées, mais seulement à des grandeurs statistiques moyennes, comme par exemple, la distribution de l'énergie entre les tourbillons de différentes tailles ou la différence de vitesse moyenne entre différents points de l'écoulement. Cette idée a donné naissance aux théories *statistiques* de la turbulence, qui ont culminé avec la théorie introduite par A.N. Kolmogorov en 1941. En se basant sur des résultats expérimentaux, celui-ci a émis l'hypothèse que la taille des structures créées dans un écoulement s'ajuste spontanément à la vitesse et à la viscosité de manière à rester finie, mais indépendante de la viscosité lorsque celle-ci devient très petite. De plus, les équations de Navier-Stokes peuvent se mettre à l'échelle, c'est-à-dire que l'on peut faire disparaître des équations les tailles caractéristiques de vitesse et de dimension en ne gardant qu'un seul paramètre appelé nombre de Reynolds (c'est cette propriété qui permet également de faire des essais sur des maquettes plutôt que sur des objets de taille réelle), et elles deviennent complètement *invariantes* d'échelle lorsque la viscosité devient nulle, ce qui signifie que la solution observée à une certaine échelle et celle observée au travers d'un microscope sont statistiquement équivalentes. En utilisant ces propriétés, Kolmogorov a pu prédire certaines propriétés statistiques de l'écoulement, dont le fameux spectre de l'énergie en $k^{-5/3}$ ou la dépendance de la dissipation d'énergie à la vitesse. Les mesures expérimentales confirment bien la théorie de Kolmogorov pour les grandeurs quadratiques en la vitesse, ce qui explique le succès de cette théorie pour les applications en ingénierie. Par contre, si l'on considère des moments d'ordre plus élevés de la vitesse, ou la distribution des vitesses extrêmes, on constate qu'elles ne suivent pas la théorie simple. Une origine possible de cet écart est l'intermittence.

3. L'intermittence

Une des hypothèses sous-jacentes à la théorie de Kolmogorov est l'invariance d'échelle statistique, qui signifie que l'écoulement reste globalement similaire quand on l'observe à des échelles différentes. En particulier, ceci implique que, si des structures sont présentes dans l'écoulement, elles doivent présenter toutes les tailles avec une distribution qui soit elle-même invariante d'échelle. Si par contre, il existe des objets de taille bien définie dans l'écoulement, toute les activités de dissipation ou de fluctuations de vitesse de l'écoulement vont se concentrer à ces échelles. En particulier, si la taille caractéristique de ces objets est très petite, on observera de grandes fluctua-

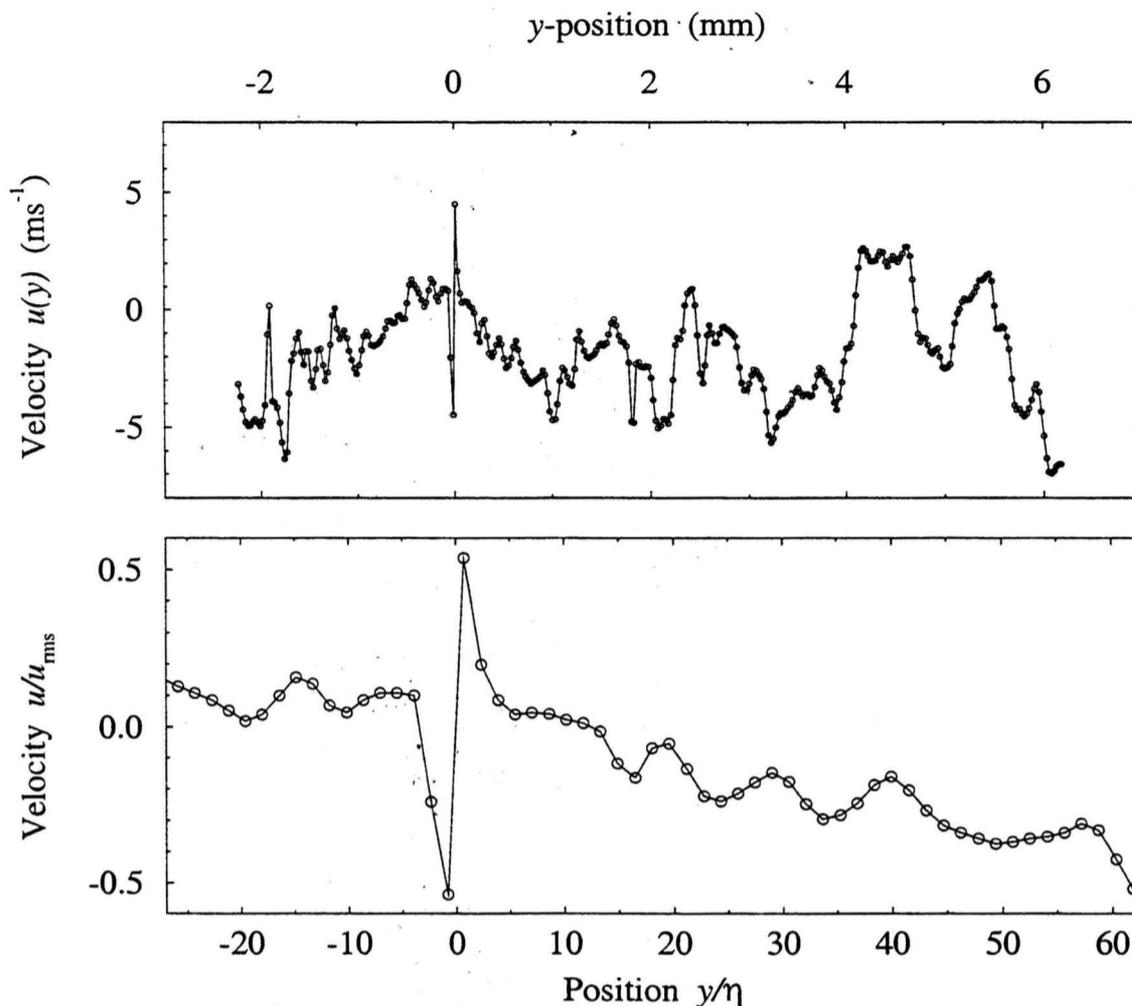


Figure 1: Exemple de structure locale de vitesse observée en turbulence développée. Le profil de vitesse transverse correspond au coeur d'un tourbillon filamentaire dont le diamètre du coeur ($\approx 20 \mu\text{m}$) est près de 1000 fois inférieur à sa longueur tandis que le saut de vitesse au travers du coeur est du même ordre de grandeur que les fluctuations de vitesse aux plus grandes échelles de l'écoulement.

tions de vitesse même à petite échelle, alors qu'une théorie autosimilaire prévoit que les vitesses maximales se comportent avec l'échelle de la même façon que les vitesses moyennes.

Pour expliquer les écarts à la théorie de Kolmogorov, des expériences ont été menées visant à observer de telles structures. La tâche est ardue, car leur taille pourrait être inférieure à celle des sondes utilisées pour mesurer la vitesse dans le fluide. De nouvelles méthodes ont donc été proposées en utilisant des techniques optiques pour observer des particules marquées ou de très fines bulles advectées par l'écoulement. La figure 1 représente un profil de vitesse locale obtenu par ce type de méthode. On constate que la ligne de mesure a croisé un "objet" dont les vitesses radiales sont très importantes et opposées de part et d'autre de son centre, bref une sorte de mini-cyclone, mais dont le rayon ne serait que de quelques dizaines de microns tout en maintenant des vitesses de plusieurs mètres/seconde sur son bord. De telles structures localisées pourraient complètement déterminer les propriétés statistiques des grandes excursions de vitesse à petite échelle et donc expliquer les écarts aux théories autosimilaires de la turbulence. Par contre, les mécanismes de production ou de destruction de telles structures sont encore actuellement inconnus.

4. La dispersion turbulente

Un polluant passif introduit dans un fluide au repos est simplement dispersé par la diffusion. Si le fluide est turbulent, on s'attend simplement à ce que la diffusion soit accélérée ou ralentie par la turbulence et, en effet, c'est bien ce que l'on observe *en moyenne*. Dans le détail, on observe le plus souvent que le traceur, loin de continuer à se disperser de manière homogène, s'accumule le long de structures très concentrées dans certaines directions et très allongées dans d'autres (ce dernier point assurant que le comportement reste globalement diffusif). De telles structures s'observent par exemple en mer où de très long filaments de polluants sont présents en surface et qui ne se dispersent quasiment pas dans leur direction la plus fine. La présence de telles structures pose la question de leur origine : sont-elles dues au processus d'advection lui-même ou aux propriétés statistiques liées ou non à des structures présentes dans le champ de vitesse turbulent ?

Pour répondre à ces questions, nous avons étudié un modèle d'advection par un champ de vitesse aléatoire en temps et en espace, dont la seule similitude avec un champ de vitesse turbulent est la forme de ses corrélations spatiales. Pour pouvoir étudier efficacement ce problème, une méthode lagrangienne de suivi de particules a été développée, pour laquelle il n'est plus nécessaire de calculer le champ de vitesse en tout point de l'espace, mais seulement aux points où se trouvent les quelques particules (typiquement une demi-douzaine) nécessaires au calcul des propriétés statistiques du champ advecté. Les résultats montrent que, même dans ce cas de vitesse aléatoire, le champ de concentration du traceur devient intermittent et contient donc probablement des structures particulières que la dynamique d'advection-diffusion ne parvient pas à disperser. Ce serait donc la forme particulière du mécanisme d'advection qui serait responsable, encore une fois, de la formation de ces structures et donc de l'apparition d'intermittence. Il ne s'agit donc sûrement pas d'une coïncidence puisque ces deux phénomènes proviennent du même processus physique au niveau microscopique, à savoir le transport lagrangien de la concentration ou l'auto-transport de la vitesse. L'explication de l'intermittence à partir du processus microscopique reste cependant encore une question posée sur laquelle de nombreux travaux sont en cours actuellement.

5. Références

U. Frisch, *Turbulence. The Legacy of A. N. Kolmogorov*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1995.

A. Noullez, G. Wallace, W. Lempert, R.B. Miles and U. Frisch, *Transverse velocity increments in turbulent flow using the RELIEF technique*, J. Fluid Mech. **339** (1997), pp. 287–307.

U. Frisch, A. Mazzino, and M. Vergassola, *Intermittency in passive scalar advection*, Phys. Rev. Lett. **80** (1998), 5532.

La TURBULENCE à l'OCA

La turbulence, souvent référencée comme une science connexe parmi les nombreuses recherches développées à l'OCA, a été l'objet d'une conférence européenne organisée par les chercheurs de l'OCA à Saint Jean Cap Ferrat du 30 juin au 3 juillet 1998. L'article précédent d'Alain NOULLEZ nous a initié à certaines de ses applications en astronomie et en astrophysique. Les thèmes abordés au cours de cette conférence ont été encore plus nombreux. Le bref rapport, ci-dessous, souhaite montrer aux lecteurs du bulletin de l'ADION que les recherches fondamentales développées à l'OCA, même si elles paraissent éloignées des problèmes astronomiques, font appel à des approches expérimentales, numériques et théoriques communes à beaucoup de recherches.

Septième Conférence Européenne de Turbulence (ETC-7)

Saint Jean Cap Ferrat, France, - 30 juin-3 juillet 1998

1. Sujet, Contexte et Enjeux

La turbulence fait partie de l'expérience quotidienne : nul microscope ou télescope ne sont nécessaires 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. Le mot "turbulence" désignait d'abord les mouvements désordonnés de la foule (latin : *turba*), puis les tourbillons de feuilles ou de poussière. Depuis Léonard de Vinci (vers l'an 1500) le terme a pris l'acception moderne de "mouvements désordonnés et chaotiques de l'air ou de l'eau".

La turbulence intervient dans de nombreuses activités humaines, par exemple en prévision météorologique. La modélisation d'écoulements turbulents d'intérêt industriel, qui permet par exemple d'optimiser la conception du fuselage ou des moteurs d'un avion, constitue une activité florissante chez les mécaniciens des fluides travaillant en sciences de l'ingénieur. Cette modélisation est essentiellement empirique, mais s'appuie sur une compréhension (partielle) de la turbulence qui résulte de travaux comme ceux du français J. Boussinesq (fin du 19^e Siècle), de l'anglais G.I. Taylor et de l'allemand L. Prandtl (début du 20^e Siècle) et du russe A.N. Kolmogorov (milieu du 20^e Siècle). La France est actuellement un des pays les plus actifs en turbulence sur le plan mondial.

2. Généralités sur la Conférence.

Les conférences européennes de turbulence ont été créées en 1986 à l'initiative de la *European Mechanics Society* (EUROMECH). L'ETC-7, qui était aussi placée sous les auspices de la *European Research Community on Flow Turbulence and Combustion* (ERCOFTAC), a rassemblé 208 participants de 20 pays (dont 80 de France et 90 d'autres pays d'Europe occidentale ou orientale, mais aussi des Etats-Unis, d'Israël, d'Australie, du Japon et de la Chine). Il y a eu 147 interventions, dont 8 conférences invitées, 59 communications de 10' et 80 de 3' (avec compléments sur panneau).

L'organisation de la Conférence a été faite par l'Observatoire de la Côte d'Azur (et tout particulièrement son Département G.D. Cassini, un des principaux centres de recherche sur la turbulence en France), en liaison étroite avec les autres laboratoires concernés de la Région PACA, notamment l'IRPHE (Marseille) et l'INLN (Sophia-Antipolis).

La Conférence s'est tenue à la Médiathèque de Saint-Jean Cap Ferrat dans un cadre

villageois mais technologiquement avancé (multi-média, liaison Internet, etc). De nombreux témoignages reçus après la Conférence indiquent que les participants ont été très satisfaits à la fois du contenu scientifique et de l'organisation matérielle. Dans une intervention improvisée à la fin de la Conférence le Prof. L. Kadanoff (Chicago) a souligné la forte présence de jeunes chercheurs parmi les intervenants, signe de vitalité et de renouveau du sujet.

3. Thèmes et Personnalités.

Les principaux thèmes abordés concernent les diverses approches expérimentales (laboratoire), numériques (sur ordinateur) et théoriques. Sur le plan *expérimental* on peut noter que l'on sait maintenant réaliser au laboratoire des installations qui tiennent sur une table et qui sont aussi fortement turbulentes que les grandes souffleries industrielles de plus de cent mètres de long. De nouvelles techniques qui font appel à la physique des lasers permettent maintenant de mesurer la vitesse d'un écoulement turbulent avec une précision spatiale de l'ordre de la dizaine de microns et cela sans qu'il soit nécessaire d'introduire une sonde dans l'écoulement. La simulation numérique est devenu un complément indispensable à l'expérimentation : on réalise maintenant de véritables *expériences à l'ordinateur* sur des écoulements à deux et trois dimensions. La *théorie* est particulièrement difficile car on sait écrire mais pas résoudre les équations. Dans le passé, le manque de données expérimentales de qualité, ne permettait pas de trancher entre les diverses hypothèses théoriques proposées. La Conférence a montré que cette situation évolue maintenant favorablement. En particulier on commence à comprendre maintenant pourquoi la turbulence est "intermittente" : les petits tourbillons sont, en termes relatifs, beaucoup plus rares que les grands et viennent par paquets "fractals", un peu comme les ramifications d'un brocoli.

Parmi les conférenciers figuraient A.M. Yaglom de l'Institut de physique atmosphérique de Moscou, qui a été un proche collaborateur de A. Kolmogorov, la plus grande figure en turbulence au vingtième Siècle, L. Kadanoff, de l'Université de Chicago, médaille Boltzmann, H.K. Moffatt de l'Université de Cambridge, qui vient d'être élu membre associé de l'Académie des Science, S. Fauve, Professeur à l'Institut Universitaire de France, K. Gawędzki de l'Institut des Hautes Études Scientifiques et D. Laurence de l'Électricité de France.

Cette manifestation a reçu le soutien (ou le parrainage) de nombreux organismes et entreprises: Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Conseil Général des Alpes-Maritimes, Municipalité de Saint-Jean Cap Ferrat, Centre National de la Recherche Scientifique, Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche Scientifique et de la Technologie (Direction de la Recherche et Programme ACCES), Ministère des Affaires Etrangères, Direction Générale de l'Armement, Centre de l'Energie Atomique, Groupements de Recherche "Dynamique des Fluides Géophysiques et Astrophysiques" et "Turbulence", Laboratoire G.D. Cassini de l'Observatoire de la Côte d'Azur, Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice, European Research Community on Flow Turbulence and Combustion, DIGITAL France, Société Continuum, Société Dantec.

LES BOURSES HENRI POINCARÉ

de l'Observatoire de la Côte d'Azur

Les bourses Henri Poincaré de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) sont 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 est faite auprès des instituts compétents et dans la presse internationale spécialisée (Nature et Physics Today).

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 actuels du CPOCA ont été élus (U. Frisch, J. Gay, A. Morbidelli, E. Slezak) ou nommés (D. Mourard, P.-L. Sulem) en 1995 pour 4 ans.

Le Comité Henri Poincaré est actuellement constitué des membres suivants:

- Mme E. Roueff, Représentante de l'INSU,
- M. J. Colin, Représentant du MNSER,
- M. A. Labeyrie, Représentant du Collège de France,
- J.-L. Le Mouël, Représentant de l'Académie des Sciences,
- M. C. Leroux, Représentant du Conseil Général des Alpes-Maritimes,
- M. J. Pacheco, Directeur de l'OCA,
- et M. U. Frisch, Secrétaire 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 1998-1999

Pour l'année 1998-1999, le CPOCA s'est réuni le 13 février 1998 pour étudier l'ensemble des dossiers. L'examen des 23 candidatures a fait apparaître, une fois encore, des candidats de très grande valeur en nombre important. Il faut cependant noter que ces mêmes candidats sollicitent simultanément plusieurs postes de post-doc et retiennent le plus avantageux. Pour éviter d'avoir à gérer les difficultés inhérentes à ce problème, le CPOCA se renseigne sur la probabilité que le candidat choisisse en priorité l'OCA avant d'effectuer un classement définitif.

Le classement proposé cette année par le CPOCA a été confirmé par le comité Henri Poincaré lors de sa réunion du 8 avril 1998. Le Comité a rappelé son souhait de voir continuer la politique de soutien à des candidats jeunes. En raison des désistements toujours possibles des candidats les mieux placés, ce classement comporte, comme chaque année, une liste de six noms:

1) Brett Gladman, de nationalité canadienne (Ph.D. en 1996), a déjà été boursier H. Poincaré en 1996-1997. Il est spécialiste de l'origine et de l'évolution des météoroïdes et des astéroïdes qui croisent l'orbite de la Terre.

- 2) Sam Ragland, de nationalité indienne (Ph.D. en 1996). Il est à la fois instrumentaliste et observateur, et spécialiste, en particulier, de haute résolution angulaire.
- 3) Andrea Mazzino, de nationalité italienne, (Ph.D. en 1997), boursier H. Poincaré 1997-1998, sollicite un renouvellement. C'est un spécialiste de dynamique des fluides appliquée à la météorologie.
- 4) Adriano Campo Bagatin, de nationalité italienne, (Ph.D. en 1997). Il est spécialiste de l'évolution collisionnelle des petits corps de la ceinture principale des astéroïdes.
- 5) Elena Pierpaoli, de nationalité italienne, (Ph.D. en 1998). Son activité scientifique couvre plusieurs domaines de la cosmologie physique.
- 6) Orkan Mehmet Umurhan, de nationalité américaine, (Ph.D. en cours). Spécialiste de mécanique des fluides, ses travaux portent sur l'interaction des phénomènes acoustiques avec la convection dans une atmosphère compressible.

B. Gladman et A. Mazzino ayant obtenu des postes plus intéressants pour la prochaine année, les deux candidats qui ont pu accepter **les deux bourses Henri Poincaré pour l'année 1998-1999** sont Sam Ragland et Adriano Campo Bagatin.

Sam RAGLAND travaille au sein de l'équipe "Haute Résolution Angulaire" dans le département Fresnel en étroite collaboration avec Denis Mourard sur le développement et l'exploitation des instruments REGAIN et AMBER en vue du développement du VLTI.

Adriano CAMPO BAGATIN travaille au sein de l'équipe "Planétologie Dynamique" dans le département Cassini en étroite collaboration avec Jean-Marc Petit sur la modélisation et la simulation de la physique des collisions à grande vitesse entre petits corps du système solaire.

Compte-rendu des bourses 1997-1998

Les bourses Henri Poincaré avaient été attribuées pour l'année 1997-1998 à MM. David Nesvorny (nationalité tchèque, Ph.D. en 1997) et Andrea Mazzino (nationalité italienne, Ph.D. en 1997). Voici un bref résumé des travaux qu'ils ont effectués au cours de leur séjour à l'OCA.

1997-1998 Henri Poincaré Fellowship Report

par

David NESVORNÝ

du département Cassini

David Nesvorný arrived in September 1997 to begin a one-year Henri Poincaré post-doctoral fellowship. He had received his Master's degree in Astronomy from Charles' University in Prague, Czech republic, and Ph.D. degree from São Paulo University, Brasil. His main scientific contacts while at *Observatoire de la Côte d'Azur* were with Alessandro Morbidelli, Jean-Marc Petit and Patrick Michel. This collaboration led to several insights in the dynamics of asteroids on long time scales.

The project was initiated in October 1997 and it happen to result in the following one-year period in several important discoveries. It was found that most of the chaos and slow diffusion indicated in the asteroid belt by previous works is due to the new type of resonances, so-called three body mean motion resonances, resulting from the enhancement of the perturbations of Jupiter and Saturn at specific semimajor axes. This implied the conclusion that the dynamics in the asteroid belt is far more complicated than previously thought. As we understand now, there exists a large number of chaotic layers 10^{-3} – 10^{-4} AU in size densely located all over the belt. Many asteroids at these chaotic regions suffer a significant change of the ellipticity of their orbits on time scales of several 10-100 Myr. Apart from this successful understanding of the resonant effect of outer planets, the effect of inner planets was also investigated. We have shown that the exterior mean motion resonances with Mars largely influence the behaviour of asteroids in the inner belt.

There are several astronomical consequences of the above theoretical work.

The asteroids in inner belt are continuously leaking through high eccentricities and sustaining the populations of large Mars- and Earth-crossers. A quantitative argument in favor of this idea was provided by numerical simulations and is a subject of the paper in *Science*.

The erosion of the inner belt by this process on the age of the solar system is estimated to have removed a number of objects roughly equivalent to that being in the inner belt at present. It is not straightforward to see how this conclusion might be reconciled with the cratering record which suggests a constant cratering rate of the inner planets and the Moon during last 3 Gyr.

Many asteroid families all over the belt are crossed by narrow tracks where orbital eccentricity can significantly change. Collisional fragments injected into these places may have evolved with respect their initial orbit. What signatures of this effect will be actually find in asteroid families is a matter of future project recently initiated for Flora family. The results were presented in the following conferences: EGS general assembly and JAM II in Nice, advanced school in Les Arc, and IAU Colloquiums 172 and 173 in Namur (Belgium) and Tatranská Lomnica (Slovak Republic).

David Nesvorný will begin another postdoctoral fellowship at the University of São Paulo in October 1998. The collaboration that began here will be continued during the next year.

Papers resulting from the work at Observatoire de la Côte d'Azur and submitted to scientific journals:

- [1] Three-body mean motion resonances and the chaotic structure of the asteroid belt.
D. Nesvorný and A. Morbidelli.
Astron. J., in press.
- [2] An analytic model of three-body mean motion resonances.
D. Nesvorný and A. Morbidelli.
Celest. Mech., in press.
- [3] Origin of Multikilometer Earth and Mars-Crossing Asteroids: A Quantitative Simulation.
F. Migliorini, P. Michel, A. Morbidelli, D. Nesvorný and V. Zappalà.
Science, in press.
- [4] Numerous weak resonances drive asteroids towards terrestrial planets orbits.
A. Morbidelli and D. Nesvorný.
Icarus, submitted.

Papers in conference proceedings

- [5] Chaos, diffusion, escape and permanence of resonant asteroids in gaps and groups.
S. Ferraz-Mello, D. Nesvorný and T.A. Michtchenko.
Proceedings of Rio conference, Brasil.
- [6] Three-body mean motion resonances in the asteroid belt.
D. Nesvorný.
Proceedings of Les Arcs Advanced School, France.
- [7] Mean motion resonances in the asteroid belt.
D. Nesvorný and A. Morbidelli.
Proceedings of IAU Colloquium No. 172, Namur, Belgium.
- [8] The long-term evolution of the main asteroidal belt and the origin of Mars and Earth-crossers.
D. Nesvorný and A. Morbidelli.
Proceedings of IAU Colloquium No. 173, Tatranská Lomnica, Slovak Republic.

1997-1998 Henri Poincaré Fellowship Report

par

Andrea MAZZINO

du département Cassini

I received from the University of Genova (Italy) both my Master's degree in Physics (1993) and a Ph.D. in Physics in 1997. In January 1997, I began the one-year Henri Poincaré post-doctoral fellowship at the *Observatoire de la Côte d'Azur*. My research program was mainly concentrated on intermittency for transport of passive scalars (e.g., a tracer plunged in a turbulent flow) and, more specifically, on the intermittency properties of the Kraichnan models, where the velocity advecting the passive field, is rapidly varying in time.

In my first work on this problem [9,10] (in collaboration with Massimo Vergassola), we tested the predictions of available perturbation theories. To that aim, we introduced a simpler one-dimensional scalar model. The model is clearly compressible, but it inherits the property of the incompressible Kraichnan model that the limit of very irregular velocity fields ($\xi = 0$, where ξ is the scaling exponent of the velocity) is Gaussian. This is the crucial point for developing the perturbation theory, that closely follows the one for the Kraichnan model. The simulations were performed integrating the partial differential equation by high resolution pseudo-spectral methods. Clean scaling behavior for the passive scalar structure functions were obtained, and compared with theoretical results. The good agreement between theoretical and numerical results thus provided a strong support for the validity of the perturbation schemes.

More recently (in collaboration with Uriel Frisch, Alain Noullez and Massimo Vergassola), we proposed a new strategy [1,4,6,11,12] to obtain clean numerical data for the Kraichnan model. Rather than integrating the partial differential equation, we formulate the passive scalar dynamics from the Lagrangian viewpoint and simulate particle trajectories by Monte-Carlo methods, without having to generate the whole velocity field. One of the main results was that our data allowed to rule out the validity of the Kraichnan closure formula, the discrepancy being very pronounced in the region of small ξ .

Another interesting result obtained by us [4] is related to the behavior of the intermittency exponents, ζ_n 's, for high n 's. Such an investigation would be impossible by using standard numerical methods. This is not the case for our Lagrangian strategy. Indeed, we were able to give strong evidence in favor of saturation of ζ_n versus n , a result in agreement with recent theoretical predictions, which gives a strong support to the existence of "quasi-discontinuity" in the scalar dynamics.

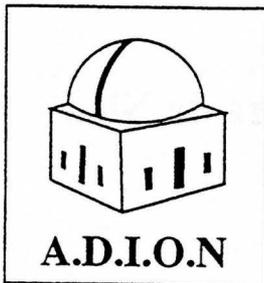
Several previously existing projects were continued during my stay in Nice, resulting in the publication of papers on the physical mechanisms responsible for regimes of enhanced diffusion (see Ref. [3]) and on the interference phenomena in the dispersion of passive scalars (see Refs. [9,2,5]).

In January 1999 I will begin another postdoctoral fellowship at the Niels Bohr Institute of the University of Copenhagen (Denmark). The collaborations with the *Observatoire de la Côte d'Azur* will be certainly continued throughout the next years.

Paper published or submitted while at Observatoire de la Côte d'Azur

- [1] *Intermittency in passive scalar advection*
U. Frisch , A. Mazzino and M. Vergassola
Phys. Rev. Lett. **80**, 5532-5537 (1998).
- [2] *Noise small correlation time effects on the dispersion of passive scalars*
P. Castiglione and A. Mazzino
Europhys. Lett. **43**, 522-526 (1998).
- [3] *Resonant enhanced diffusion in time-dependent flow*
P. Castiglione, A. Crisanti, A. Mazzino, M. Vergassola and A. Vulpiani
J. Phys. A **31**, 7197-7210 (1998).
- [4] *Lagrangian dynamics and high-order moments intermittency in passive scalar advection*
U. Frisch, A. Mazzino and M. Vergassola
Phys. Chem. Earth (in press) (1998).
- [5] *Interference phenomena in scalar transport induced by a noise finite correlation time*
A. Mazzino and P. Castiglione
Europhys. Lett. (submitted) (1998).
- [6] *Lagrangian method for multiple correlations in passive scalar advection*
U. Frisch, A. Mazzino, A. Noullez and M. Vergassola
Phys. Fluids (submitted) (1998).
- [7] *On the strong anomalous diffusion*
P. Castiglione, A. Mazzino, P. Muratore and A. Vulpiani
Physica D (submitted) (1998).
- [8] *Interference between turbulent and molecular diffusion*
A. Mazzino and M. Vergassola
Europhys. Lett. **37**, 535-540 (1997).
- [9] *Structures and intermittency in a passive scalar model*
M. Vergassola and A. Mazzino
Phys. Rev. Lett. **79**, 1848-1852 (1997).
- [10] *Structures and Intermittency in a One-Dimensional Passive Scalar Model*
A. Mazzino and M. Vergassola
In: *Advances in Turbulence VIII, Proc. of the Seventh European Turbulence Conference, Saint Jean Cap Ferrat, France. June 30-July 3, 1998, pp. 591-594, Ed. by U. Frisch, Kluwer Academic Publisher.*
- [11] *Intermittency for passive scalar advection*
A. Mazzino
Transport Processes in the Atmosphere and the Ocean (TAO) 2nd Workshop, Porto, Portugal, 1-4 April 1998
Book of Abstract, pp. 3 .
- [12] *Intermittency for passive scalar advection*
U. Frisch, A. Mazzino and M. Vergassola
European Geophysical Society, XXIII General Assembly, Nice, France, April 1998; *Annales Geophysicae*, Supplement IV to Volume 16 pp. C1113.

ACTIVITES DE L'ADION



Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice

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

Nice, le 28 avril 1998

PROGRAMME POUR 1998

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

Le programme d'activités communes à l'ADION et à l'Observatoire de la Côte d'Azur pour 1998 est arrêté comme suit :

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. Pour le bulletin n° 32, à paraître en décembre 1998, l'Observatoire participe aux frais d'édition pour une somme de 8 000 F.

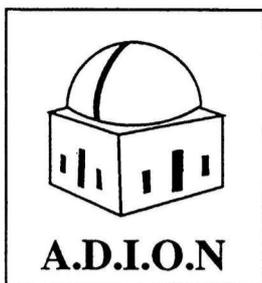
2° L'ADION contribue à l'accueil des chercheurs étrangers séjournant à l'Observatoire de la Côte d'Azur pour des visites de toutes durées. L'ADION ne demande pas de participation à cette activité pour 1998.

3° L'ADION 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. A cette fin, l'Observatoire met à la disposition de l'ADION une somme de 10 000 F pour participer aux frais d'invitation du lauréat à l'Observatoire de la Côte d'Azur.

H. FRISCH
Présidente de l'ADION



J.A. de FREITAS RACHECO
Directeur de l'OCA



Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice

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

Procès-verbal de l'Assemblée Générale statutaire

du 13 mai 1998

Membres présents (20):

Mmes et MM. Amieux G., Bely-Dubau F., Benotto D., Berthomieu G., Chappelet J., Couteau P., Debanne A., Estadiou G., Feldman R., Faucher P., Franck P., de Freitas Pacheco J., Frisch H., Lecontel J.-M., Lopez B., Millot M., Scholl H., Thorel J.-C., Tully J.

Ont donné procuration (35):

Membres permanents:

Mmes et MM. Andrillat Y., Andrillat H., Bardos C., Barlier F., Berruyer N., Bonnet R.-M., Cayrel R., Chopinet M., Dars R., Débarbat S., Delhaye J., Dommanget J., Dumont S., François P., Fried H.M., Frisch U., Hénon M., Kovalewsky J., Mugnier F., Pecker J.-C., Sahade J., Schatzman E., Thiry Y., Viscardy G.

Membres non permanents :

Caseneuve C., Choux D., Clorennec A., Cristante M.-R., Donato M., Fournier J.-D., Froeschlé Ch., Le Guet-Tully F., Michel P., Provost J., Rivet J.-P., Scheidecker J.-P.

La séance est ouverte à 15h par H. Frisch, Présidente de l'ADION.

I. Rapport moral, présenté par P. Faucher, Secrétaire général de l'ADION.

Les activités de l'ADION depuis notre dernière AG sont restées assez traditionnelles, les points forts restant l'attribution et la remise de la médaille annuelle ainsi que l'édition du bulletin.

1. Médaille de l'ADION.

Deux points forts pour cette activité:

- La remise de la médaille au lauréat de l'année antérieure
- L'attribution de celle de l'année en cours.

Nous avons donc remis le 2 juin 1997, la médaille de l'ADION 1996 à Monsieur Eugene N. Parker, Professeur Emérite à l'Université de Chicago (USA). Membre de l'Académie des Sciences des Etats-Unis, Monsieur Parker est un grand spécialiste mondial de l'astrophysique solaire, stellaire et galactique. Il est, en particulier, un des fondateurs de la physique des plasmas spatiaux et est un véritable pionnier sur des domaines essentiels tels que le vent solaire ou la génération du champ magnétique à grande échelle par des effets tourbillonnaires.

La médaille lui a été remise par Monsieur José A. de Freitas Pacheco, Directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur en présence de Madame Mathieu-Obadia représentant le Maire de Nice et de Madame Saint-Cricq, représentant le Délégué Régional du CNRS. Le discours d'éloges au candidat a été prononcé par Annick Pouquet-Davis, du laboratoire Cassini, Directrice de Recherche au CNRS et le Professeur Parker a présenté ses travaux dans sa conférence intitulée :

"Spontaneous Discontinuities in Magnetic Fields"

Au cours des trois jours de son séjour à l'Observatoire, Monsieur Parker a donné ou animé de nombreux exposés sur le chauffage de la couronne, la dynamo galactique et la magnétosphère.

Pour l'attribution de la médaille 1997, après consultation des directeurs des différents départements scientifiques de l'OCA, le conseil, comme chaque année, a proposé aux membres du comité de la médaille une liste de trois éminents scientifiques dont les travaux ont fortement marqué les recherches à l'OCA:

Comme chaque année, le classement définitif a été très serré. Les réponses des membres du comité ont permis de classer en première position Michael PERRYMAN, Responsable Scientifique à l'ESA/ESTEC pour son importante contribution dans la réussite de la mission HIPPARCOS.

La Médaille de l'ADION 1997 est attribuée à Michael Perryman

La remise de la médaille aura lieu à l'Observatoire de Nice le jeudi 25 juin 1998.

2. Bulletin de l'ADION.

Depuis quelques éditions, ce bulletin paraît en fin d'année. Le dernier bulletin (n°31) porte donc sur les activités de l'année 1997. En plus des activités propres à l'ADION, ce bulletin veut être l'écho de certaines activités marquantes des différents départements de l'OCA. Pour 1997, ce bulletin a plus particulièrement mentionné les activités qui ont pu se développer grâce au soutien important des Pouvoirs Publics à l'Astronomie :

- Inscription, pour la première fois; et de façon explicite, d'une ligne spécifique à l'astronomie dans le budget de la Région PACA (Provence-Alpes-Côte d'Azur).
- Attribution d'une subvention spécifique et récurrente pour le fonctionnement de l'OCA par le Conseil Général des Alpes-Maritimes.

Comme il est distribué, en particulier, aux personnalités extérieures des deux conseils d'administration et scientifique de l'OCA, aux personnalités locales et régionales (CNRS, Mairie de Nice, Conseils Régional et Départemental) et aux membres du Comité Henri Poincaré de l'OCA, il représente une des rares sources d'informations des activités de l'OCA vers l'extérieur.

Cette année, sa distribution a été étendue aux bibliothèques des établissements français d'astronomie.

Les activités scientifiques marquantes de l'OCA en 1997, rapportées dans ce bulletin, concernent :

- L'opération VIRGO qui consiste à construire dans la région de Pise, une antenne spécifique pour la détection des ondes gravitationnelles. L'OCA va accueillir une équipe scientifique liée à ce projet.
- L'opération TAROT sur la détection des sursauts gamma qui s'intègre dans un vaste projet de surveillance de l'espace.
- Le projet REGAIN qui est lié à la synthèse d'ouverture.
- L'opération SIVAM (Simulations Interactives et Visualisation pour l'Astronomie et la Mécanique.) qui a permis l'achat d'un ordinateur performant, augmentant considérablement la puissance de calcul local.

Ce bulletin fait aussi état de la dynamique scientifique de l'OCA grâce à ses efforts pour inviter de nombreux chercheurs étrangers. Dans ce contexte, il fait une large place aux deux bourses post-doctorales Henri Poincaré qui sont co-financées par le CNRS et le Conseil Général des Alpes-Maritimes.

Enfin, il fait aussi connaître comment les astronomes amateurs sont devenus d'importants utilisateurs des instruments d'observations du site du Mont Gros.

Ce bulletin est édité en 250 exemplaires et nous essayons dans la mesure de nos moyens financiers d'améliorer sa présentation.

3. Prix de l'ADION.

Ce prix est décerné conjointement par l'ADION et l'OCA et s'inscrit dans une convention signée entre l'Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice et l'Observatoire de la Côte d'Azur. D'une valeur de 5 000 F, il récompense les auteurs de travaux d'intérêt exceptionnel, effectués à titre bénévole au sein de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Il a précédemment été attribué en 1990 (M. Zuntili) et 1991 (M. Gilli). Jusqu'en 1996, aucune nouvelle proposition n'a été faite.

Pour 1997, ce prix a été décerné à Madame et Monsieur Jean-Claude THOREL pour leur contribution très importante aux observations de binaires visuelles avec le grand et le petit équatorial du Mont Gros et à leur participation à l'établissement de la base FIDO (Fichier Informatique des étoiles DOubles) qui permettra la sauvegarde de la base des données d'étoiles doubles visuelles, découvertes ou mesurées par Paul Couteau au cours de ses trente années d'activités.

Ce prix leur sera remis aujourd'hui, après notre assemblée générale.

4. Activités contribuant au rayonnement de l'OCA.

Accueil des chercheurs étrangers

Depuis plusieurs années, une trentaine de chercheurs étrangers effectuent à l'OCA des séjours de durée supérieure à un mois : bourses Henri Poincaré, bourses post-doc, préparation de thèse, détachement sur poste d'astronome vacant, programmes d'échanges internationaux du CNRS, programme avec le Ministère de l'Education Nationale pour des postes de professeurs associés. Pour favoriser leur accueil, l'ADION leur procure des avances sur salaire lors de leur arrivée à l'OCA. Pour 1997, cette avance a représenté une somme de l'ordre de 100 KF.

Plaquette de l'OCA

Le stock des plaquettes de l'OCA (versions anglaise et française) s'épuisant, le directeur de l'OCA a souhaité que l'ADION prenne en charge la réalisation d'une nouvelle version actualisée. Cependant, d'autres projets dispersés, mais ayant des buts assez proches, se sont manifestés au sein de l'OCA : Panneaux EXPOCA, WEB de l'OCA, Tous ces projets sont en phase de concrétisation. Avant d'être le moteur de la nouvelle plaquette, le conseil de l'ADION a décidé d'attendre que les autres projets soient réalisés, ou au moins, bien avancés, pour en définir l'ossature.

Participation à l'aménagement des nouveaux studios de l'OCA.

A la suite de la transformation du pavillon magnétique en studios pour un meilleur accueil des visiteurs, le conseil de l'ADION a sollicité les membres perpétuels pour une cotisation exceptionnelle qui servirait à l'aménagement de ces nouveaux locaux. La somme recueillie doit être utilisée pour l'achat de matériel audio-visuel et aménagement d'un coin-détente commun. L'installation projetée d'une parabole capable de capter la plupart des émissions étrangères se heurte actuellement à des difficultés dues au classement des bâtiments du Mont Gros à l'inventaire des sites historiques. Le conseil a donc décidé de se limiter pour l'instant à l'achat d'une télévision avec antenne intérieure et de compléter cet achat par une mini-chaîne.

D'autre part, dû à l'éloignement des studios par rapport aux autres bâtiments de recherche le conseil a décidé de mettre à la disposition des visiteurs une bicyclette qui leur faciliterait les déplacements à l'intérieur de l'Observatoire et éventuellement de descendre en ville lorsqu'il n'y a pas de bus.

5. Autres activités.

Convention ADION-OCA.

Cette convention datant du 17 avril 1989, permet d'établir annuellement un programme d'activités concertées entre l'ADION et l'OCA. Ce programme prévoit une participation de l'OCA aux frais

d'édition du bulletin, 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. Depuis l'an dernier la subvention correspondante (environ 20 KF) est versée par l'OCA sous forme de prestations de services facturées.

Gestions diverses.

Pour mémoire, rappelons que l'ADION gère quelques contrats internationaux et réunions organisées par les membres de l'OCA. Cette gestion est devenue très réglementée et est uniquement effectuée à la demande du directeur de l'OCA.

Le rapport moral est adopté à l'unanimité.

II. Rapport de J.A. de Freitas Pacheco, Directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur.

1. 10^{ème} anniversaire de la fusion.

En ce 10^{ème} anniversaire de la naissance de l'OCA (fusion du CERGA et de l'Observatoire de Nice), J. Pacheco souhaite dégager les conséquences de cette fusion.

Points positifs:

- Meilleure concertation scientifique entre les chercheurs des différents sites.
- Axes bien définis de lignes de recherche pour le plan quadriennal, ce qui entraîne une meilleure visibilité des activités de l'OCA à tous les niveaux.
- Visibilité plus importante de l'OCA envers les instances locales et régionales: Mairie, Conseil Général et Conseil Régional.

Difficultés:

- Difficultés de gestion de l'organisme liées à la non-centralisation des services administratifs.
- Difficulté dans la gestion du personnel, surtout du personnel CNRS, parce que certaines opérations scientifiques dépendent des départements scientifiques et d'autres de la fédération.

2. Opérations scientifiques.

- Les travaux pour l'accueil de l'équipe scientifique rattachée à l'opération VIRGO rencontrent des difficultés dues à l'absence pour congés de maladie de l'ingénieur responsable des services techniques.
- Par contre l'architecte des Bâtiments de France a donné son accord pour la réfection du bâtiment d'entrée du site du Mont Gros et pour la construction d'un bâtiment d'accueil au Plateau de Calern, ces deux sites étant inscrits à l'inventaire des monuments historiques. Il est rappelé que le bâtiment du Calern est financé sur un projet européen de Plan de Développement des Zones Rurales.
- Au cours de la présente année, les conseils scientifique et d'administration de l'OCA devront se déterminer sur l'avenir du télescope de Schmidt, en particulier, l'équipe scientifique doit trouver un département d'accueil.
- L'opération TAROT de détection des sursauts gamma est devenue une réalité, les premières images ayant été obtenues. L'opération REGAIN est aussi terminée ainsi que l'opération HIPPARCOS relayée maintenant par le projet GAIA.
- Comme nouvelle opération, mentionnons l'opération PICARD sur la mesure du diamètre solaire à partir de l'espace grâce à un micro-satellite ce qui complètera les observations faites au sol.
- D'autre part, l'OCA va être impliqué dans COROT (expérience spatiale d'astérosismologie) et LISA qui est un prolongement dans l'espace de l'opération VIRGO (base interférométrique de 5 millions de kilomètres pour détecter les ondes gravitationnelles).

Au cours du deuxième semestre, l'OCA devra préparer un document préliminaire pour le nouveau plan de contrat-Région. Il faut, dès à présent, réfléchir aux gros équipements dont on a la plus grande nécessité.

3. Projet muséal.

Suite à une question, J. Pacheco fait état de la situation actuelle du projet muséal. L'équipe locale responsable vient d'être reconstituée pour une meilleure répartition des tâches de responsabilités. Une définition de préfiguration du projet sera présentée cet été sur le site de Nice. L'étude de faisabilité est presque terminée et va être présentée prochainement à M. Wahiche, Directeur à la direction "Musées" au Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de la Technologie (MESRT). Pour que ce projet se développe dans la ligne de pensée du Ministre, il faut construire sur le site de Nice, de nouvelles surfaces pour la recherche et aménager d'anciens bâtiments pour le musée. Il est rappelé que le ministère souhaite une implication importante des scientifiques afin de faire coexister les recherches actuelles avec les recherches passées (culture+recherche). Si cette optique est maintenue, les soutiens financiers seront obtenus. La prochaine étape est d'obtenir l'approbation de M. Nahon, responsable "Recherche des Sciences de l'Univers" au MESRT, puis de soumettre le projet au CA de l'OCA. Ce projet est considéré comme étant une partie importante du gros oeuvre à soumettre dans le plan Etat-Région.

Françoise Bely-Dubau est responsable d'une exposition qui sera présentée cet été en deux points différents de Nice: la galerie des Ponchettes pour une exposition permanente de juillet à fin-octobre et le site du Mont Gros pour des week-ends servant comme exposition de "préfiguration" au projet muséal en septembre et octobre. Le thème choisi pour cette expo est le Soleil en raison de son intérêt permanent dans les recherches menées à l'OCA et aussi pour l'impact actuel (deuxième année de SOHO avec lequel des avancées importantes sont obtenues dans la connaissance du Soleil). De plus, le Soleil permet des animations scientifiques pendant la journée. Le choix des Ponchettes comme lieu de l'exposition permanente est dû à l'impossibilité de trouver un lieu d'accueil attractif sur le Mont Gros. Le grand méridien est inutilisable pour l'instant car il ne satisfait pas aux normes de sécurité pour une telle manifestation. D'autre part, la galerie des Ponchettes est admirablement bien située pour attirer des visiteurs au cours de l'été. Cette exposition appelée "Le Soleil a rendez-vous avec la Terre" sera une co-production avec le Museum d'Histoire Naturelle. De plus, comme 1998 est l'année anniversaire de la mort de l'architecte Charles Garnier, une partie de l'expo lui sera réservée. Une petite équipe d'animateurs assurera la visite sur le site de Nice alors qu'aux Ponchettes les visiteurs seront libres de leur parcours.

III. Rapport financier de l'exercice 1997 présenté par G. Berthomieu, trésorière de l'ADION.

L'exercice budgétaire 1997 est résumé sur 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. Pour ces dernières, la valeur mentionnée est la valeur d'achat. Au 31 Décembre 1997, leurs valeurs étaient de 135 431.30 Fr pour les Francic et 90 643.50 Fr, pour les 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 possède statutairement un fond de réserve obligatoire, la dotation. Celle-ci est augmentée chaque année des 10% statutaires prélevés sur les intérêts des sommes placées et s'il y a lieu des cotisations perpétuelles.

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, 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 deuxième tableau. Les recettes proviennent des cotisations, de la subvention de l'OCA, des intérêts des sommes placées, des frais de gestion des colloques (2%) et contrats (5%).

Conformément au programme 1997 de la convention avec l'OCA, la subvention a été utilisée pour l'édition du bulletin et pour une partie des frais occasionnés par la cérémonie de remise de la médaille au professeur Parker le 3 Juin 1997. L'attribution du Prix de l'ADION, pour lequel une somme de 4 000 fr a été donnée par l'OCA, aura lieu en 1998.

Le poste le plus important est constitué par les avances que l'ADION est amenée à consentir aux chercheurs étrangers séjournant à l'OCA à cause des délais administratifs trop longs avec lesquels ces chercheurs sont payés. L'importance des sommes en jeu explique la nécessité d'un fond de roulement assez élevé. Le bilan présente un solde positif entièrement dû aux grandes fluctuations annuelles sur le poste "avances aux chercheurs étrangers".

Mr Estadiou a assuré la gestion des différents comptes de l'ADION et l'établissement du présent bilan avec compétence et efficacité. Je l'en remercie très vivement.

IV. Rapport des commissaires aux comptes.

R. Feldman et D. Benest, commissaires aux comptes, félicitent G. Berthomieu et G. Estadiou pour la transparence et le bonne présentation de leur gestion. Ils n'ont relevé aucune erreur dans la gestion des comptes de l'ADION.

Le rapport financier est adopté à l'unanimité.

V. Questions diverses.

1) *Site WEB*. L'intérêt pour l'ADION de faire connaître ses activités en exploitant le site WEB de l'OCA est évoqué. Cependant, un tel travail nécessite un investissement en temps. La possibilité d'obtenir une aide extérieure sera étudiée lors d'un prochain conseil de l'ADION.

2) *Sigle ADION*. Certaines personnes de l'OCA ont émis le souhait de modifier le sigle de notre association pour qu'elle reflète davantage son appartenance à l'Observatoire de la Côte d'Azur. Une enquête de Monsieur Estadiou auprès des instances compétentes de la Préfecture laisse entendre que toute nouvelle appellation implique qu'une nouvelle demande de reconnaissance d'utilité publique soit faite auprès des services compétents. Les conditions pour obtenir une telle reconnaissance ne sont pas aussi favorables qu'il y a une trentaine d'années. La nouvelle association risquant de perdre le label "reconnue d'utilité publique", l'assemblée générale n'est pas favorable à une telle demande.

La séance est levée à 16 heures 15 pour la remise du prix de l'ADION 1997 à Madame et Monsieur Thorel.



Hélène FRISCH
Présidente de l'ADION



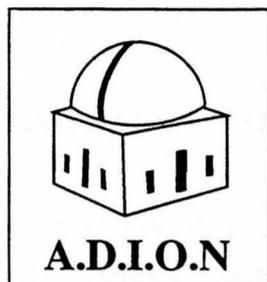
Paul FAUCHER
Secrétaire Général de l'ADION

BILAN FINANCIER de l'exercice 1997

	ACTIF	PASSIF
Fonds Réserve-Dotation		57 390,36
Fonds de roulement		198 305,21
C.C.P.	54 114,95	
Banque	235 392,31	
Caisse	753,10	
FRANCIC	42 394,98	
OBLISUD	51 739,74	
Compte à terme	100 000,00	
 Opérations internationales		
LOS ALAMOS		50 448,10
Les Treilles		63 157,80
Divers Colloques		41 057,17
Programme Henri POINCARE		26 791,25
Communication OCA		17 203,81
 Opérations propres		
Gestion		28 415,63
Dotation		1 625,75
 TOTAUX	 484 395,08	 484 395,08

Gestion des Opérations propres à l'ADION de l'exercice 1997

	PRODUITS	CHARGES
Cotisations	3 950,00	
Subventions	22 000,00	
Produits financiers	4 108,25	
Produits divers	5 698,31	
Charges diverses		12 499,65
M.A.I.F.		223,33
Bulletin de l'ADION		7 910,00
Médaille de l'ADION		18 107,95
Avances aux chercheurs étrangers	127 600,00	96 200,00
 TOTAUX	 163 356,56	 134 940,93
 SOLDE	 28 415,63	



Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice

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

COMPTE-RENDU DU CONSEIL DE L'ADION DU 04 AVRIL 1998

Etaients présents: D. Benotto, P. Faucher, H. Frisch, B. Lopez, H. Scholl.
Etaients excusés: G. Berthomieu, A. Morbidelli, J.-L. Oneto, F. Pierron.

1. Préparation de l'Assemblée Générale.

Il est proposé de fixer la prochaine assemblée générale de l'ADION dans la semaine du 11 au 15 mai 1998. Le mercredi 13 mai sera proposé au Directeur de l'Observatoire. Le rapport moral sera présenté par le secrétaire général. L'assemblée sera suivie d'un apéritif.

2. Médaille de l'ADION 1997.

La liste de trois personnalités scientifiques retenues à l'issue du dernier conseil de l'ADION, a été adressée aux membres du comité de la médaille afin qu'ils procèdent à un classement. Leurs réponses ont permis de classer en première position Michael PERRYMAN, Responsable Scientifique à l'ESA/ESTEC pour son importante contribution dans la réussite de la mission HIPPARCOS.

La Médaille de l'ADION 1997 est attribuée à Michael Perryman

Des contacts vont être pris avec le lauréat afin de fixer les modalités (date, ...) pour la remise de la médaille.

3. Programme ADION-OCA.

Dans le cadre de la convention ADION-OCA, le programme annuel d'activités, proposé pour 1998, comprendra les activités suivantes:

- Participation aux frais d'édition du bulletin annuel.
- Aide à l'accueil aux chercheurs étrangers.
- Participation aux frais d'invitation du lauréat de la Médaille 1997.

4. Prix de l'ADION 1997.

Devant la difficulté de réunir une commission *ad hoc* selon la proposition antérieure faite par le conseil de l'ADION, celui décide d'officialiser l'attribution du prix de l'ADION, pour 1997, à Mme et M. Thorel. Nous rappelons que ce prix leur est attribué en raison de leur contribution très importante aux observations de binaires visuelles avec le grand et le petit équatorial du Mont Gros et à l'établissement de la base FIDO (Fichier Informatique des étoiles DOoubles) dont l'objet est la sauvegarde de la base des données d'étoiles doubles visuelles, découvertes ou mesurées par Paul Couteau au cours de ses trente années d'activités. Des contacts vont être pris auprès des lauréats afin que ce prix puisse leur être remis lors de la prochaine assemblée générale de l'association.

5. Problèmes en cours.

B. Lopez était chargé d'étudier la possibilité pour l'ADION de mettre à la disposition des visiteurs une bicyclette qui leur faciliterait les déplacements à l'intérieur de l'Observatoire et éventuellement de descendre en ville lorsqu'il n'y a pas de bus. La MAIF se propose d'assurer une telle opération (responsabilité civile et vol) pour un coût annuel d'environ

160F. Le conseil de l'ADION donne son accord. B. Lopez se charge d'acheter le matériel (vélo mixte, casques et cadenas).

P. Faucher était chargé de contacter un installateur de parabole afin d'offrir aux visiteurs une TV capable de capter la plupart des émissions étrangères. Devant la difficulté technique de réaliser actuellement une telle opération, le conseil décide de se limiter à l'achat d'une télévision avec antenne intérieure et de compléter cet achat par une mini-chaîne. Cet ensemble audio-visuel sera placé dans la salle de réunion actuelle, la salle de détente réservée officiellement aux visiteurs étant trop souvent occupée sous forme de studio.

Afin de favoriser les relations entre visiteurs, un coin-détente (table de jardin et chaises) sera aménagé sous le grand pin. D'autres aménagements ont été évoqués (possibilité d'étendre le linge, achat d'une cocotte-minute, éclairage des abords, achat de lampes de poche). Ils seront discutés avec l'administration de l'Observatoire.

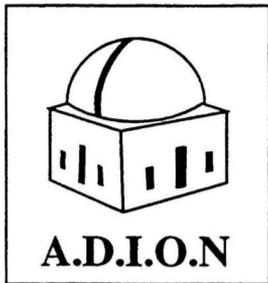
6. Questions diverses.

L'aménagement du pavillon magnétique en studios concrétise une idée très chère à Jean-Claude Pecker de faire construire un hôtel sur le domaine. L'appellation "pavillon magnétique" de ce bâtiment étant devenue depuis longtemps obsolète, le conseil de l'ADION a émis le souhait que ce bâtiment prenne le nom de "Bâtiment Jean-Claude PECKER". Un courrier sera adressé par l'ADION au conseil d'administration de l'OCA pour lui soumettre cette proposition.

H. Frisch informe le conseil que l'ADION a été sollicitée pour la gestion d'une collaboration franco-brésilienne entre le CERGA (Astrolabe) et l'Université de Bahia. Cette collaboration a pour but l'installation à Bahia de l'astrolabe photoélectrique qui était préalablement installé sur le plateau de Calern. La direction de l'OCA a déjà donné son accord pour que l'ADION assure cette gestion. Le conseil est favorable mais demande que le laboratoire brésilien devienne membre perpétuel de l'ADION.



Paul Faucher.
Secrétaire de l'ADION.



Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice

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

COMPTE-RENDU DU CONSEIL DE L'ADION DU 24 NOVEMBRE 1998

Etaient présents: G. Berthomieu, P. Faucher, H. Frisch, A. Morbidelli, J.-L. Oneto, H. Scholl.

Etaient excusés: D. Benotto, B. Lopez, F. Pierron.

1. Proposition pour la médaille de l'ADION 1998.

Afin de soumettre aux membres du Comité de la Médaille une liste de candidats, un premier échange est effectué. H. Scholl va contacter les directeurs des départements scientifiques avant d'arrêter une liste définitive. Cette liste sera adressée aux membres du comité au cours de la deuxième quinzaine de décembre et H. Scholl se charge du suivi de l'attribution.

2. Prochain bulletin de l'ADION.

P. Faucher fait état de la préparation du prochain bulletin annuel de l'ADION, à paraître à la fin de l'année. La composition est semblable à celle des années précédentes. Il fait part des différents articles scientifiques retenus et qui sont basés sur certains points forts des activités et recherches développées à l'OCA en 1998.

Le tirage est maintenu à 250 exemplaires. Le bulletin sera adressé, comme précédemment, aux membres de l'ADION, aux représentants de tutelle de l'OCA ainsi qu'aux personnalités régionales et départementales. De plus, il sera envoyé, comme l'année passée, à chaque bibliothèque des laboratoires de recherche dépendant de l'INSU.

3. Problèmes en cours.

L'achat d'une bicyclette à disposition des visiteurs n'a toujours pas été effectué. P. Faucher se charge de réaliser rapidement cet achat avec B. Lopez.

Une télévision a été achetée et placée dans la salle de réunion du pavillon magnétique. Afin d'améliorer les soirées des visiteurs qui préfèrent rester dans leur studio, le conseil décide de mettre à leur disposition des mini-chaines (pour CD et K7). Trois mini-chaines seront achetées et prêtées sous caution. Il sera demandé à Luc Poirier la gestion de ce prêt. Une armoire fermant à clef sera achetée pour prévenir tout vol.

Le conseil avait déjà approuvé l'idée de donner le nom de J.C. Pecker au pavillon magnétique, cette dernière appellation étant devenue obsolète. Une lettre sera adressée au Conseil d'Administration de l'OCA pour que cette question soit mise à l'ordre du jour de leur prochaine assemblée.

4. Questions diverses.

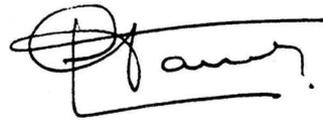
Abonnements. Lors de la dernière assemblée générale, l'ADION a été sollicitée pour maintenir certains abonnements de la bibliothèque de l'OCA à des revues internationales que l'OCA, faute de moyens financiers suffisants, ne voulait plus renouveler. Après discussion,

le conseil décide que l'ADION ne peut se substituer à l'OCA pour de tels achats et qu'un tel engagement serait même dangereux dans son principe.

Plaquettes de l'OCA. Le stock des plaquettes réalisées dans les années 1990 est épuisé. Le service de la communication vient d'effectuer un retraitage de la version française. L'ADION sollicitée pour le renouvellement de son contenu avait décidé d'attendre la réalisation, au sein de l'OCA, d'autres projets (panneaux EXPOCA, site WEB). Même s'il ne présente pas un caractère d'urgence, le renouvellement de la plaquette doit être relancé. Le conseil va rechercher des personnes susceptibles de prendre l'initiative pour cette réalisation.

Page WEB. Le conseil souhaite qu'une page sur l'ADION figure dans le WEB de l'OCA. P. Faucher se charge de sa réalisation.

La prochaine assemblée générale se tiendra dès le mois de mars 1999, le second trimestre risquant d'être perturbé par la candidature et la nomination du prochain directeur de l'OCA.



Paul Faucher.
Secrétaire de l'ADION.

MEDAILLE DE L'ADION

Remise de la médaille de l'ADION 1997 à Michaël PERRYMAN

La médaille de l'ADION, fondée par Jean-Claude Pecker en 1962, honore chaque année une personnalité scientifique de notoriété mondiale, dont les contributions ont marqué de façon importante les recherches développées à l'Observatoire de la Côte d'Azur.

C'est Monsieur Michaël Perryman, Directeur Scientifique à l'Agence Spatiale Européenne (ESA), qui a reçu le **jeudi 25 juin 1998, à 15h, à l'Observatoire de Nice**, la médaille 1997 de l'ADION.

Michael Perryman est un britannique diplômé de l'Université de Cambridge. C'est un astronome spécialiste des observations d'objets variés tels que les pulsars, les radio-sources, les quasars et les Galaxies de Seyfert. A partir de 1980, il rentre à l'ESTEC (Centre Européen de Recherche et de Technologie Spatiales), le plus grand établissement de l'ESA, dont le siège est à Noordwijk aux Pays-Bas où il assure la direction scientifique du projet HIPPARCOS. Ce projet a consisté au lancement d'un satellite dont l'objectif scientifique était d'établir une carte très précise du ciel en fournissant un catalogue de 120 000 étoiles.

Michaël Perryman a grandement contribué au succès de la mission grâce à son insistance et à sa rigueur dans toutes les phases du projet. L'Observatoire de la Côte d'Azur a été fortement impliqué dans ce projet puisqu'une équipe scientifique était responsable d'un groupe européen chargé du suivi de l'expérience et de l'analyse des observations faites par le satellite.

La médaille a été remise à Michaël Perryman par Monsieur François Barlier, Astronome titulaire, représentant le directeur de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Le discours d'éloges au candidat a été prononcé par François Mignard, directeur du département CERGA de l'OCA. Son discours est reproduit ci-après.

Michaël Perryman a présenté ses travaux dans sa conférence intitulée :

"Space Astrometry in 1998: A Time to Look Back, A Time to Look Forward"

La cérémonie s'est terminée autour d'un buffet offert par 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. En particulier, l'intégration en 1988 de l'Observatoire de Nice à un institut plus élargi, l'Observatoire de la Côte d'Azur, nous a amenés à modifier le mode d'attribution de la médaille. 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 de la Médaille est actuellement composé de 7 membres:

- Mme Margaret GELLER, Center for Astrophysics, CAMBRIDGE, MA 02138 USA.
- M. Jacques BECKERS, NSO, TUCSON AZ 85726 USA.
- M. Roger BONNET, ESA, PARIS France.
- M. Jacques HENRARD, Université de Namur, NAMUR Belgique.
- M. Paul PAQUET, Observatoire Royal de Belgique, BRUXELLES Belgique.
- M. Michaël PROCTOR, DAMTP, CAMBRIDGE CB3 9EW Grande-Bretagne.
- M. Evry SCHATZMAN, DASGAL Observatoire de Paris, MEUDON France.

HOMMAGE à Michael PERRYMAN

par

François MIGNARD

Département CERGA de l'OCA

Dear Michael, Dear Colleagues,

It is obviously a real pleasure to introduce Michael Perryman as recipient of the ADION medal for 1997, but, at the same time, I am somewhat embarrassed by the daunting task of penning the praise address for someone I know so well, in some respects, and so little in many more, and for whom, I feel obliged by his unvaluable role as a forceful leader of the Hipparcos project over so many years.

Let me recall that the idea behind the ADION medal is that it should primarily distinguish a first rank scientist and secondly, a one, whose activities have, or had, repercussions on the research carried out at the Observatory. To no contest, you qualify on both counts with flying colors.

Apart from personal recollection or from fully impersonal scientific papers, my own files are really scant in content regarding your background before Hipparcos. However, pitying informants have made up for my deficiency.

As a British-born subject, you went to the best place in England to receive a scientific education and to start a career in research, by being admitted to the prestigious St. John's College in Cambridge. Among its title of fame, one must recall that St. John's challenged Oxford in a rowing race in 1829, the first of an unbroken series. Here, besides a wide ranging and top level formal training in science, you developed also, as far as I know, a keen interest in caving. For the audience, I mean speleology, because St. John's is also renowned for its noteworthy wine cellar, that any French would at once mistake for a 'cave'. Anyway, emerging from the Totes Gebirge, you know what I mean, you graduated at St John's under the benevolent shadow cast by its most famous fellow, the physicist Dirac, and started your PhD with Malcom Longair, as supervisor. You probably were (unwillingly ?) one of the guinea-pigs of his lectures which eventually turned into the much acclaimed 'Theoretical concepts in Physics'.

By inclination or personal taste, your research took naturally the direction which has become the trademark of Cambridge, with investigations in the nature of radiosources, quasars and optical identifications of objects of the famous 3C Catalogue, which led to a first publication in Nature with Sir Martin Ryle as co-author. You could have had a worst start !

Followed several papers on observations of radio sources and seyfert galaxies, when your career took a decisive twist as you joined ESA in the early 80s, to embark on a long and risky project in space astrometry, only few weeks after the Scientific Program Committee of ESA turned down by 10 votes and one abstention, a recommendation of its Scientific Advisory Committee and decided to fund the Astrometry

mission Hipparcos. This marked the real start of an exceptional undertaking.

Appointed Project Scientist, your duty came to an end when the final Catalogue and the related products were made available to the astronomical community in June 1997. This was the culmination of a long and extremely complex chain of events, from the mission design, the satellite manufacture, the dramatic launch on a rambling orbit, the first sphere solutions and the first intermediate catalogues, leading to the impatience of both the astronomers and the ESA high ranking officials.

During the intervening years, (17 years), first as Project Scientist and later as Project Manager, you displayed a unfailling energy and dedication to the mission with a unique and obsessive policy : to get the best data first, and to get the best from the data, next.

Admittedly there were many teams of scientists, engineers and technicians involved in the actual number crunching, several of them at this very place, and they all got full credit thanks to your attention, but you were at the helm, keeping an eye open to avoid the reefs that could have wrecked the ship, driving the European Scientific community toward a much acclaimed feat.

In this role you demonstrated exceptional managerial skills, going from the boldest vision on the instrument capabilities and on the Catalogue contents, inspiring the participants with the highest ambitions and simultaneously displaying an utmost care for the details, on such down-to-earth matters like " should this column header be typeset in boldface 10 pt computer roman font two inch wide or in etc etc ... "

Let me remind that there were several hundred columns like that and as many fields.

The success was at the end of the road with two large astrometric and photometric Catalogues of unprecedented accuracy splendidly bound in a 17-volume publication, spotted at first glance in many libraires and offices all over the world.

Such an achievement is all the more astounding that in parallel, you published several research papers, doubtless worked out during a modern revival of the epagomenal days outside the time, formerly granted by the Egyptian calendar. I noticed, besides several epoch making papers based on Hipparcos data, a long standing interest on new photon counting detectors. Lately you laid down the theoretical foundations for the use of Josephson junctions to this aim, a prototype of which is now being tested in a basement of ESTEC and will prove soon that one can do spectro-photometry without losing photons.

But science and technology are always on the move, and before the end of the Hipparcos project, you co-authored with Lennart Lindegren a proposal for a more ambitious mission, hundred times more precise than Hipparcos, with impressive capabilities, a topic we will hear more about shortly during your talk.

Without a time to breathe you have been appointed chairman of the Science Advisory Group for GAIA, putting in this new challenge the same enthusiasm and commitment for the highest and best science, knowing in advance that it is an endless pursuit since, as stated by the biologist J.B.S Haldane, "not only is the Universe queerer than we suppose, but queerer than we can suppose".

Going further in this direction, will drag us too far away, and today is just the time to celebrate. I would only add to conclude, that the members of the Observatory of the Cote d'Azur able or not to attend today, are proud and honoured to have the opportunity to express their gratitude and to distinguish with the Adion award an influential scientist who contributed so much to a lasting and resounding masterpiece and is on his way to score again.

Thank you again Michael,

**Personnalités auxquelles la MEDAILLE DE L'ADION a été attribuée
pour leur oeuvre 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 oeuvre 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

Le Prix de l'ADION 1997 à Mme et M. THOREL

Le conseil de l'ADION, lors de sa séance du 4 avril 1998, a attribué
le Prix de l'ADION 1997
à Madame et Monsieur Jean-Claude THOREL.

Le Prix de l'ADION est décerné 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 est décerné conjointement par l'ADION et l'OCA et s'inscrit dans une convention signée entre l'Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice et l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Le prix de l'ADION 1997 a été attribué à Madame et Monsieur THOREL pour leur contribution très importante aux *observations de binaires visuelles* avec le grand et le petit équatorial du Mont Gros et à leur participation à l'établissement de la *base FIDO* (Fichier Informatique des étoiles DOoubles) qui permettra la sauvegarde de la base des données d'étoiles doubles visuelles, découvertes ou mesurées par Paul Couteau au cours de ses trente années d'activités.

Ce prix, d'un montant de 5 000 F, leur a été remis le mercredi 13 mai 1998 par J. A. PACHECO, directeur de l'OCA, dans la NEF de l'OCA, à l'issue de l'assemblée générale de l'ADION. Tout le personnel de l'OCA a participé à cette célébration au cours de laquelle Jean-Michel Le Contel, directeur du département Fresnel, et Paul Couteau, astronome titulaire retraité, spécialiste des étoiles doubles, ont fait l'éloge des candidats.

Rappelons que ces dernières années, Yvonne et Jean-Claude Thorel ont fait part de leurs travaux et de leurs passions dans les bulletins n^{os} 28, 29 et 31 de l'ADION, dans la rubrique appelée le "Coin de l'Amateur".

LE COIN DE L'AMATEUR

L'Equatorial Coudé

de l'Observatoire de Nice

Un système réactif temps-réel conçu par l'approche synchrone

Gérald ASSMANN, Daniel GAFFÉ

Association d'Astronomie amateur NOVAE

1. Introduction

Dans les systèmes temps-réel, la durée *d'exécution* ou de *prise en compte* de l'environnement est une contrainte primordiale. Les lunettes et télescopes sont justement des systèmes temps-réel à part entière. Lorsque nous avons repris le système de pilotage du Coudé, nous avons gardé ceci à l'esprit. Nous devons assurer aussi bien une utilisation normale de l'instrument que la sécurité des biens et des personnes. La masse de l'instrument (trois tonnes) a nécessité la prise de précautions particulières. Dans cet article, nous nous intéresserons à la conception de ce système temps-réel. Les problèmes rencontrés se retrouvent dans un très grand nombre de domaines répertoriés : dans l'industrie manufacturière, les systèmes de régulation, la gestion des robots et des automates industriels. Tous ces systèmes doivent respecter des contraintes temporelles qui sont parfois très fortes. Ils doivent être de plus déterministes (i.e. : Toute action sur le système engendre une réaction prévue) pour assurer par exemple la sécurité des personnes. Enfin ils doivent posséder certaines qualités de fiabilité et de robustesse.

Comme plusieurs méthodes de conceptions existent, nous avons demandé conseil au laboratoire I3S, qui nous a orientés vers l'approche synchrone. Elle possède de nombreux avantages et s'appuie dans notre cas sur le langage synchrone Esterel que nous présenterons succinctement. Nous montrerons ensuite comment ceci a été appliqué au Coudé.

2. Intérêt de l'approche synchrone

Dans le domaine de l'automatique, une certaine révolution est apparue avec l'arrivée des langages synchrones comme ESTEREL, LUSTRE ou SIGNAL. Ils ont en effet permis de définir des sémantiques de comportement rigoureuses et assurent au niveau implantation que le code généré sur la machine cible aura rigoureusement le même comportement que le modèle de départ. Tous les langages synchrones sont capables de générer du code machine efficace. L'apport d'une sémantique formelle permet non seulement de lever toute ambiguïté d'interprétation comportementale, mais de plus, elle permet la construction d'outils de preuves formelles de comportement (c'est à dire de faire vérifier par un programme mathématique que le système initialement conçu ne peut pas endommager l'instrument).

Le langage synchrone ESTEREL a été créé à l'INRIA et à l'école des Mines, pour modéliser puis implanter les systèmes réactifs. L'idée essentielle est de réduire la frontière entre ces deux phases en assurant la conservation des propriétés comportementales. Pour cela le modèle ESTEREL a été muni d'une sémantique mathématique de comportement précise qui doit être suivie par tout compilateur. Cette approche permet de conserver les propriétés logiques et temporelles jusqu'à la génération du code objet (automate fini ou système d'équations). Ce code est indépendant de l'implémentation et peut faire l'objet de preuves formelles de comportement.

La chaîne de compilation d'ESTEREL permet de générer un système d'équations triées (SSC) ou un automate (OC). Ils peuvent être traduits en langages classiques (C, Lisp, ...) ou intégrer des outils de simulation ou de preuves formelles ou générer des circuits électroniques.

3. Présentation de l'instrument et historique

Le Équatorial Coudé de l'Observatoire de Nice Côte d'Azur (OCA) est facilement reconnaissable par sa forme en "T retourné". Ce type d'instrument est dû à l'astronome parisien Loewy, spécialiste de l'observation planétaire, qui l'imagina vers 1871. Il s'agissait à l'époque, de donner une

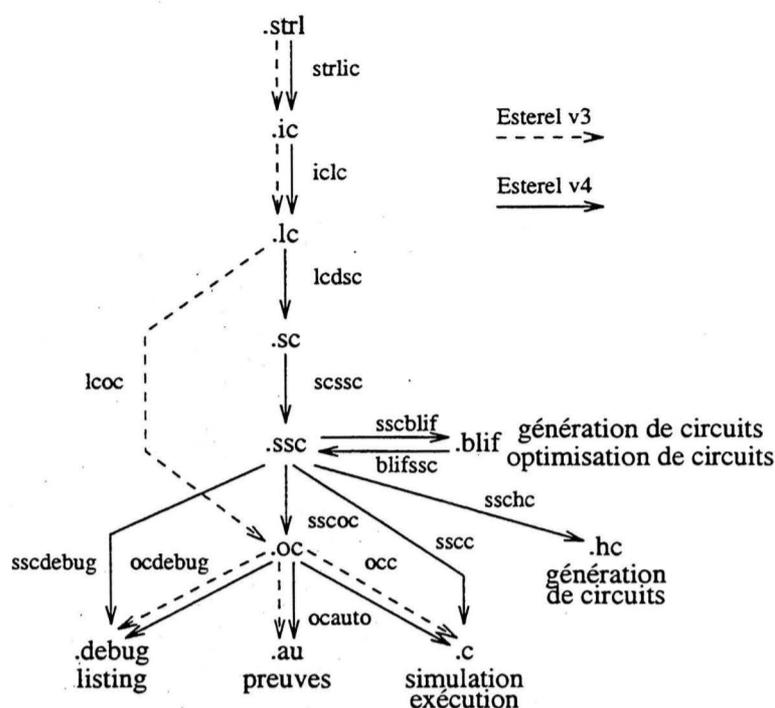


FIG. 1 - Chaîne de compilation d'ESTEREL

meilleure stabilité mécanique aux grandes lunettes astronomiques. En fait, ce type d'instrument ne connut pas un très grand essor car les inconvénients optiques l'emportèrent finalement sur les avantages mécaniques.

L'équatorial Coudé est entré en service dans la seconde moitié de 1892. La construction mécanique est due à MM. **Gautier** et **Villard**, et l'optique d'origine aux frères **Henry**.

A l'origine, l'instrument avait pour objet l'observation des comètes, des étoiles doubles, des astéroïdes, des planètes et de la Lune. Il disposait alors d'un entraînement à contrepoids qui nécessitait un remontage toutes les trois heures.

Une grande rénovation de l'équatorial Coudé est entreprise en 1969 sous la direction de M. **Ricort**, qui le transforme en instrument solaire. L'instrument est notamment motorisé.

L'instrument entre de nouveau en service en 1973, il est alors considéré, en astronomie solaire française, comme un des meilleurs (ensoleillement de Nice) et donnera lieu à de nombreux travaux de recherche en *Helio-sismologie*.

Après ce renouveau d'activité, la lunette ne sera plus guère utilisée par les astronomes que pour des études précises sur le Soleil ou la mise au point de manipulations réalisées à l'étranger. L'Observatoire est conscient du risque de dégradation mécanique, lié à une longue immobilisation. Il décide en 1991, de prêter l'instrument à notre association d'astronomie amateur qui en assure depuis l'entretien et la rénovation.

Cette rénovation porta sur plusieurs axes. Le point le plus critique concernait le pilotage de l'instrument. Le système électronique ne donnant plus satisfaction, il fut décidé de tout reconcevoir et de ne garder que les actionneurs. Le nouveau système intègre un volet informatique que ne possédait pas le précédent. Un premier ordinateur gère en temps-réel tous les capteurs et pilote les différentes cartes de puissance des moteurs. Un second ordinateur se charge de calculer les éphémérides de nombreux objets suivant l'heure locale.

4. Présentation du système de pilotage

Comme tout instrument équatorial, le Coudé possède deux degrés de liberté : *l'ascension droite* et *la déclinaison*. Le premier mouvement que nous nommerons ALPHA dans la suite de l'article, sert à suivre le mouvement apparent des astres, il est parallèle à l'axe de rotation terrestre. Le second mouvement (DELTA), normal au premier, permet d'atteindre n'importe quelle déclinaison. Chaque mouvement possède deux modes de fonctionnement (deux moteurs indépendants couplés par des embrayages). Le premier mode (POINTAGE) permet de positionner l'instrument

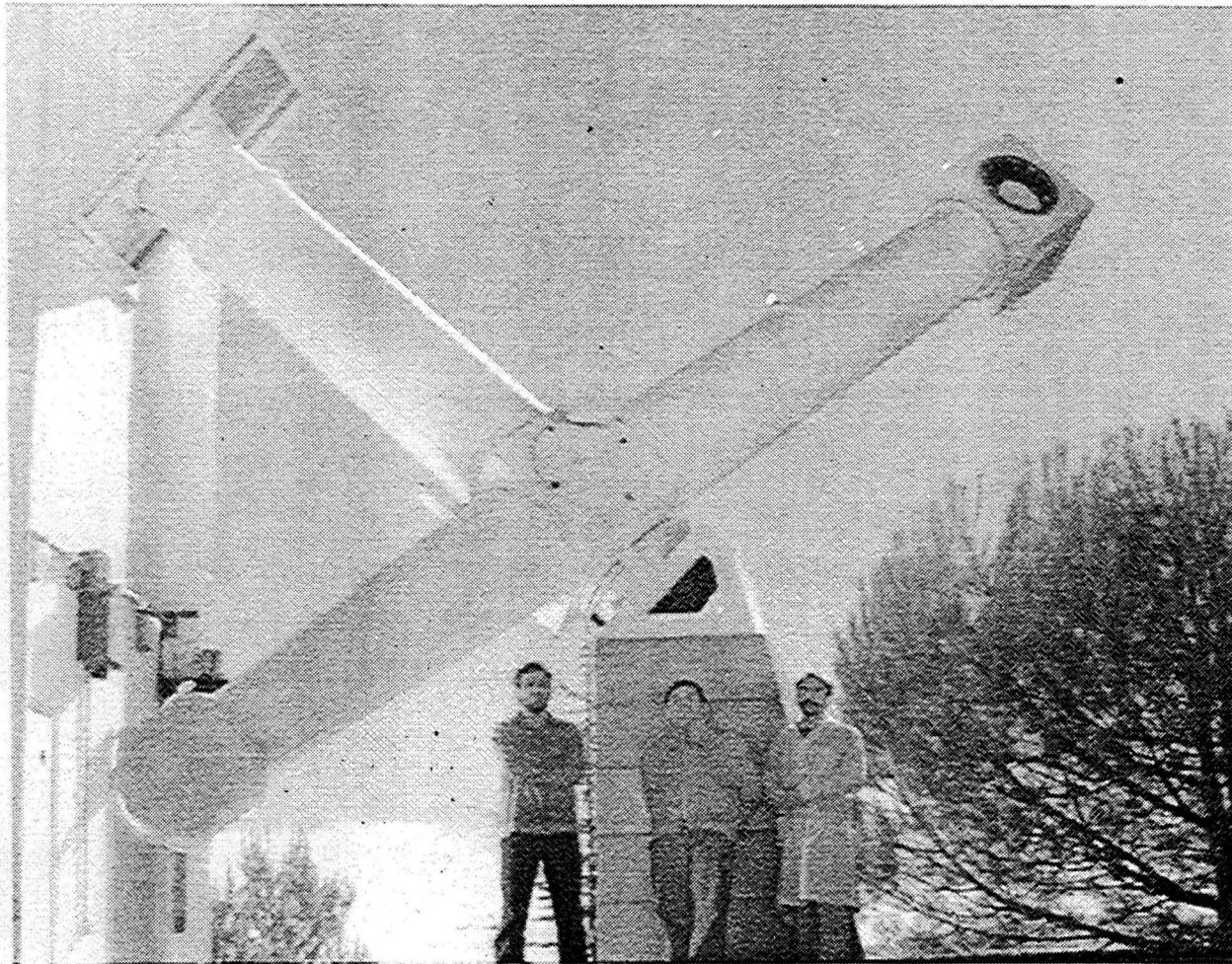


FIG. 2 - *Le Coudé aujourd'hui*

en direction de l'astre observé. Le second mode (SUIVI) permet de compenser le mouvement apparent de l'astre une fois pointé.

Lors de la phase de rénovation, il a été décidé de piloter chaque moteur par un contrôleur électronique local. Par exemple, le contrôleur de pointage ALPHA est un système électronique analogique qui permet de gérer un moteur continu 24V. Par souci de simplicité, la figure 3 ne schématise que ses entrées-sorties.

Les trois bits PAA0, PAA1, PAA2 forment une consigne logique et permettent de sélectionner

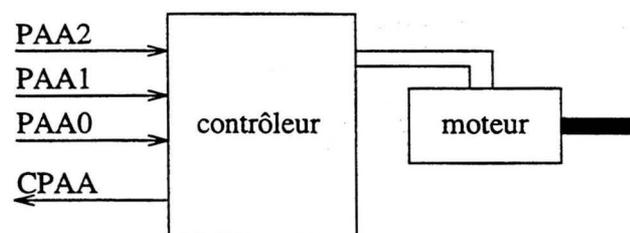


FIG. 3 - *Schéma du contrôleur local*

une vitesse parmi 8 possibles dont l'arrêt. Vu la masse de l'instrument, le passage d'une vitesse à une autre se fait via une rampe d'accélération gérée par le contrôleur local. Par exemple, l'arrêt total de l'instrument demande une durée de 10 secondes qui est confirmée par le bit CPAA (Coudé Pointage Alpha Arrêté).

5. Le contrôleur principal

Tous les contrôleurs locaux sont pilotés par un contrôleur général informatisé (fig. 5). On remarquera également la présence d'un contrôleur de sécurité câblé, capable d'intercepter les ordres provenant du contrôleur général. Cet observateur électronique câblé est redondant. Il ne doit normalement jamais intervenir sur le système.

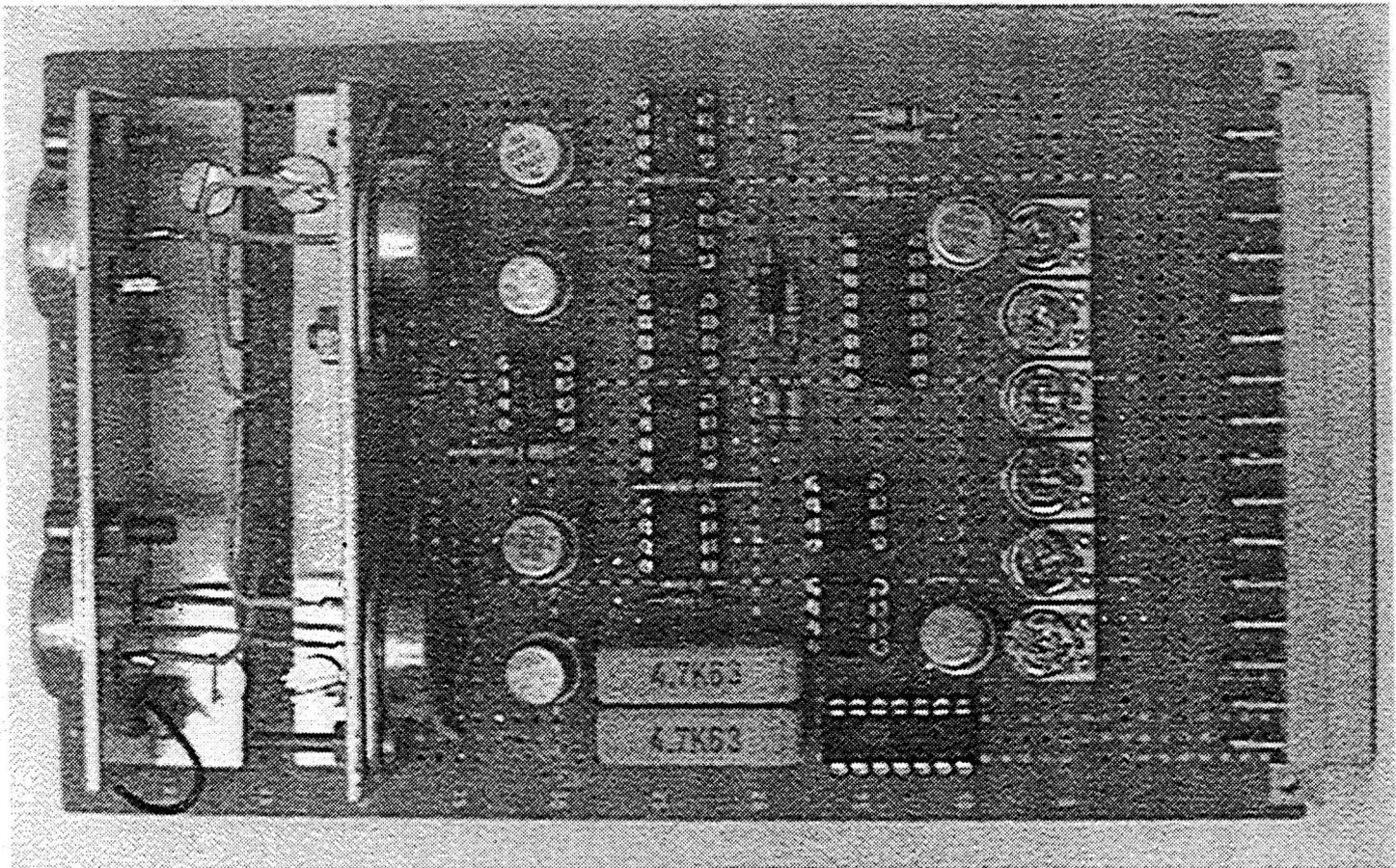


FIG. 4 - Un des cinq contrôleurs locaux

Toutes les entrées sont logiques, elles proviennent d'une raquette (ex: RAP pour Raquette Alpha Plus) et d'un tableau de commande (ex: TDM pour Tableau Delta Moins). Elles incluent également différents capteurs de sécurité (ex: WOS pour Wagon Ouverture Suffisante) et les acquittements (ex: CPAA).

À la mise en place du système informatique, les équations des sorties ont été déterminées en fonction des entrées possibles. Celles qui suivent, concernent, par exemple, les signaux de gestion du contrôleur de pointage ALPHA :

$$PAA0 = \overline{RSPA} + \overline{TAP} \times TAM + \overline{TAP} \times \overline{RAP} \times RAC + \overline{TAP} \times \overline{RAM} \times \overline{RAC} + \overline{TAP} \times RAP \times RAM + TAM \times \overline{RAP} \times RAC + TAM \times \overline{RAM} \times \overline{RAC} + TAM \times RAP \times RAM$$

$$PAA1 = \overline{RSPA} + \overline{TAP} \times TAM + \overline{TAP} \times \overline{RAP} + TAM \times \overline{RAP} + \overline{TAP} \times RAM + TAM \times RAM$$

$$PAA2 = \overline{RSPA} + \overline{TAP} \times TAM + TAP \times \overline{TAM} + \overline{RAP} \times RAM \times RAC + RAP \times \overline{RAM} + RAC$$

Ces équations ont ensuite été codées en langage C et intégrées dans une boucle de scrutation sans fin. Cette solution paraît efficace. Elle est pourtant critiquable sur de nombreux points :

- (a) : Les contrôleurs sont susceptibles de recevoir des ordres transitoires car les équations de sorties sont évaluées les unes après les autres.
- (b) : Comme les mêmes entrées interviennent dans plusieurs équations, elles peuvent changer de valeurs d'une équation à une autre et amener à un état non prévu (aléas).
- (c) : Le système de pilotage obtenu n'est pas en temps-réel car le processeur peut être interrompu de manière aléatoire, pour une durée également aléatoire, par un périphérique.
- (d) : L'établissement des équations est fastidieux. Il existe de plus un risque non négligeable d'oublier des spécifications. Ce phénomène s'amplifie encore si on encode une machine d'états.
- (e) : Le système obtenu est très difficile à maintenir. Par exemple l'intégration de l'entrée CPAA a provoqué la réécriture de la moitié des équations !

Pour toutes les raisons évoquées, ce type de solution n'a finalement pas été implanté sur l'instrument.

6. Nouvelle Conception du contrôleur principal par l'approche synchrone

L'approche synchrone apporte une réponse viable à tous les points évoqués précédemment.

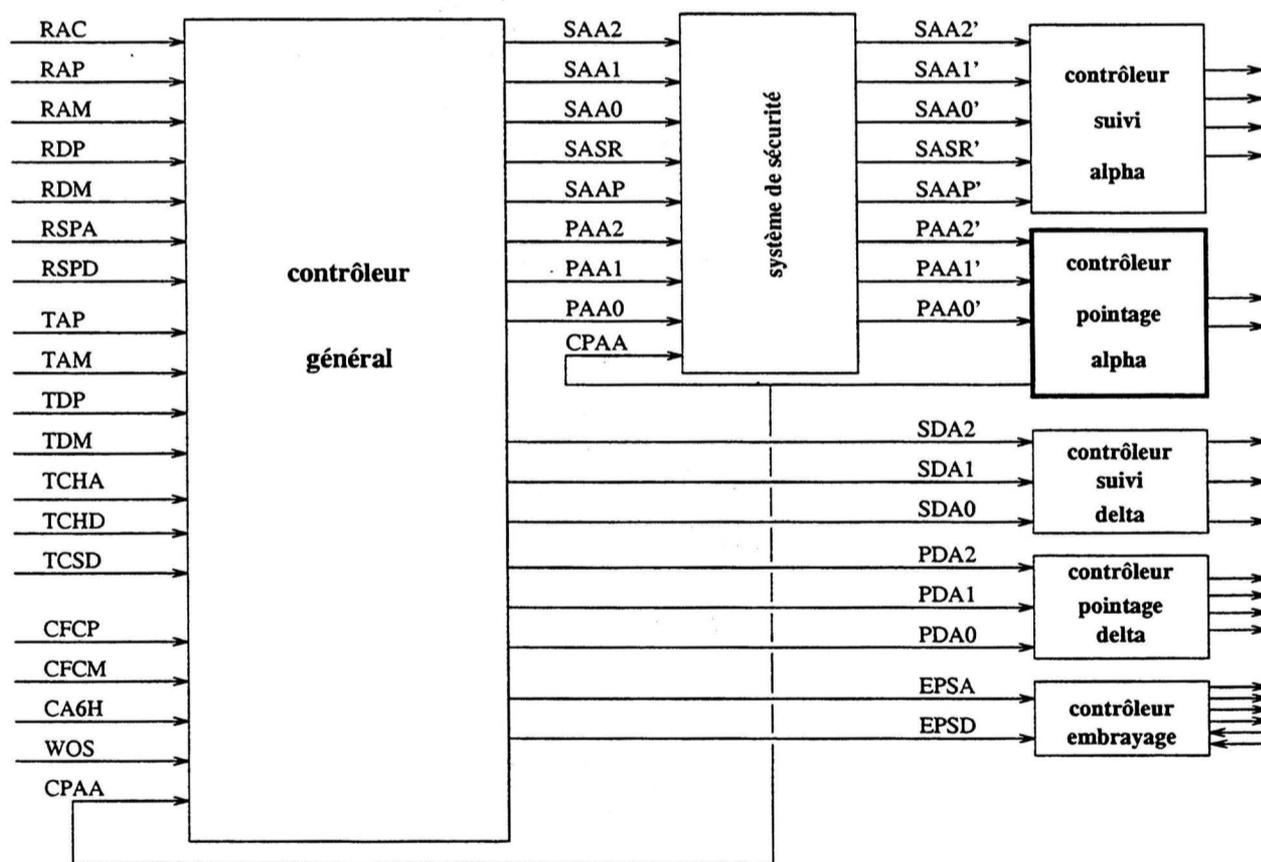


FIG. 5 - Synoptique général du système

D'abord, elle impose l'atomicité de la réaction. Ceci suppose que les sorties soient toutes présentées en même temps à l'environnement (point a) et que les entrées soient figées (point b) pendant la réaction. Pour que le système devienne temps-réel, il suffit alors que la réaction soit incluse dans une section critique ininterrompible et que son temps maximum soit évaluable (respect du cahier des charges initial).

Pour le Coudé, nous avons choisi de prendre en compte pour les commandes chaque top d'horloge du PC.

Tous les vingtièmes de secondes, les demandes d'interruption sont bloquées (point c), l'image des entrées physiques est dupliquée dans un buffer (point b). Ensuite la machine d'état, issue de la compilation Esterel, transite et affecte un buffer de sortie. Ce buffer est alors recopié sur les sorties physiques (point a) et les interruptions sont libérées. Le temps maximum d'une réaction est facilement mesurable : il suffit de sommer les temps de cycle machine de chaque instruction. Comme la réaction ne contient ni appels récursifs de fonctions, ni boucles, cette opération est facilement automatisable et a déjà été réalisée dans l'I3S.

6.1 Spécification du module "contrôleur général"

Pour répondre aux points (d) et (e), le comportement du contrôleur a été de nouveau spécifié en Esterel. Il est composé des modules concurrents : `contrôleur_alpha`, `contrôleur_delta` qui dialoguent instantanément entre eux. Ainsi le module `contrôleur_alpha` s'écrit :

```
signal BLOCAGE_SUIVI in
  suspend
    run contrôleur_suivi_alpha
  when immediate [RSPA or BLOCAGE_SUIVI or not WOS]
  —
  suspend
    loop
      do
        run contrôleur_pointage_alpha
        watching immediate [not RSPA];
        await RSPA
      end loop
    —
    sustain EPSA
  —
  sustain BLOCAGE_SUIVI
  when immediate [CPAA and not RSPA]
end signal
```

A priori, les deux modules internes sont activés simultanément car Esterel est un langage parallèle. En fait le signal RSPA est inhibiteur pour le mode suivi et absolument nécessaire pour le mode pointage. Par contre, lors d'une demande de passage en mode suivi, tant que le signal CPAA (Coudé Pointage Alpha Arrêté) n'est pas émis par le contrôleur électronique, les deux modules sont désactivés et l'embrayage (EPSA) reste verrouillé.

6.2 Simulation

Dans la conception d'un système réactif de commande, la phase de *validation* est très importante. Elle permet de garantir le comportement attendu d'un système soumis à des contraintes normales ou exceptionnelles.

Deux grandes méthodes de validation existent : la vérification formelle et la simulation. Dans cette article, nous ne présentons que l'aspect simulation. Mais notre approche a également permis de vérifier symboliquement plusieurs propriétés de sûreté (gestion des capteurs de fin de course, commutation pointage-suivi).

Pour la simulation, l'I3S a accepté de faire tourner notre programme sur "X Esterel Simulator". Sur la figure 6, nous pouvons reconnaître le module "contrôleur_alpha". Ici, nous étudions la réaction du contrôleur à une demande de "mode suivi alpha". Sur la figure, nous pouvons également reconnaître l'arborescence des modules synchrones qui montre d'ailleurs la désactivation de "contrôleur_pointage_delta", "contrôleur_pointage_alpha" et de "contrôleur_suivi". Enfin le simulateur permet de visualiser tous les signaux internes et externes et les préemptions qu'ils

impliquent (par exemple "blocage_suivi").

7. Conclusion

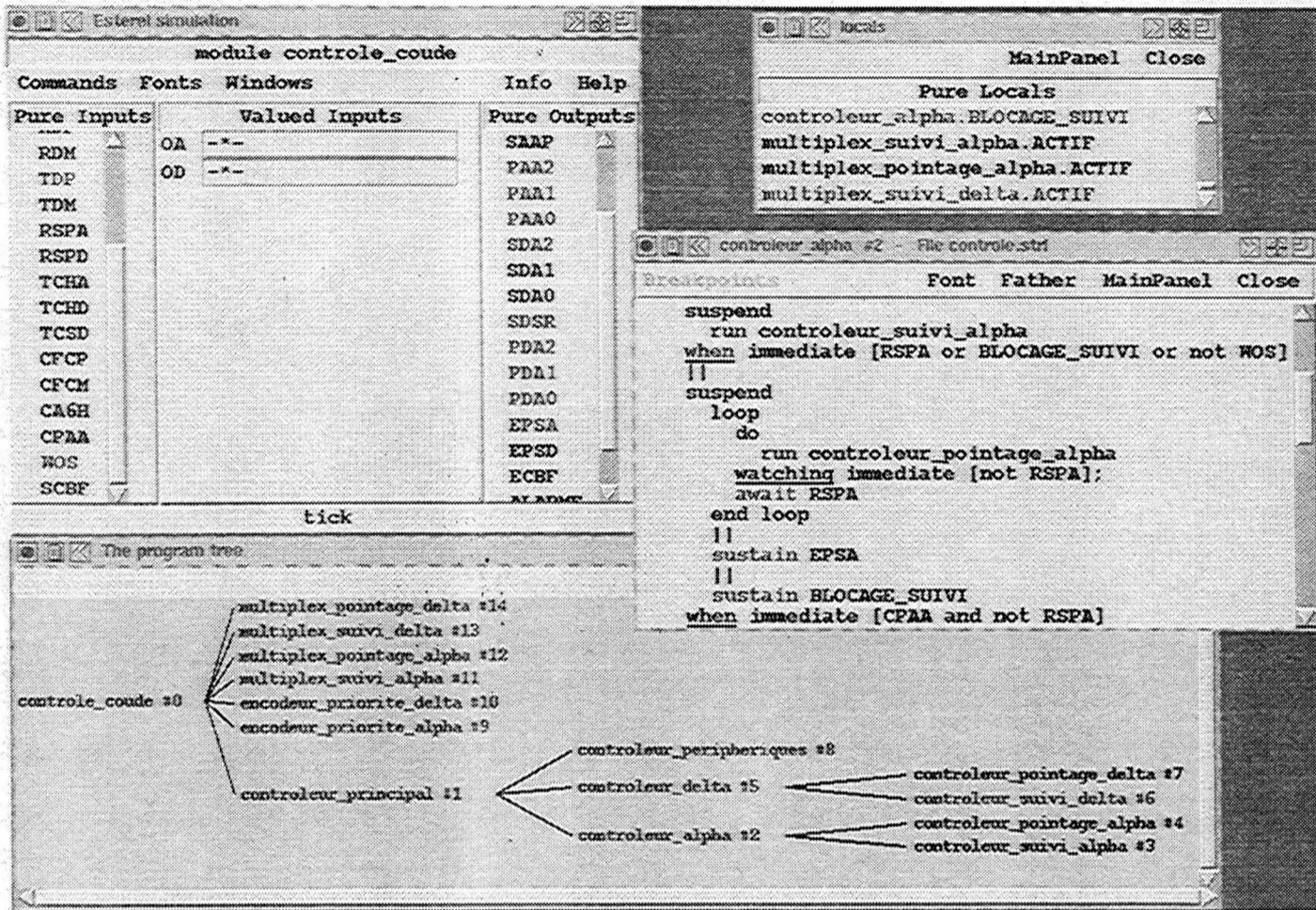


FIG. 6 – Simulation du contrôleur grâce à *xes*

Le système ainsi réalisé, est opérationnel depuis 3 ans. Il a été simulé et prouvé avant sa mise en route grâce aux outils conçus à l'INRIA. D'ailleurs il a fonctionné dès sa mise en service par le GST. Ce dernier a quand même testé pendant une semaine les sécurités avant de permettre son utilisation.

Suite à cette étape, nous intégrons actuellement des capteurs de positions. Ils permettront de pointer automatiquement un objet et d'assurer le séquençage des différents actionneurs.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'Observatoire de la Côte d'Azur pour son constant soutien. Nous remercions également le laboratoire I3S pour leur aide et leurs conseils, ainsi que l'INRIA-CMA pour avoir accepté de tester notre code sur leurs outils d'optimisation.

.....
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 :

100 F (cotisation annuelle)
1000 F (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 agé 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 :

100 FF. (20 \$ US annual subscription)

1000 FF. (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

