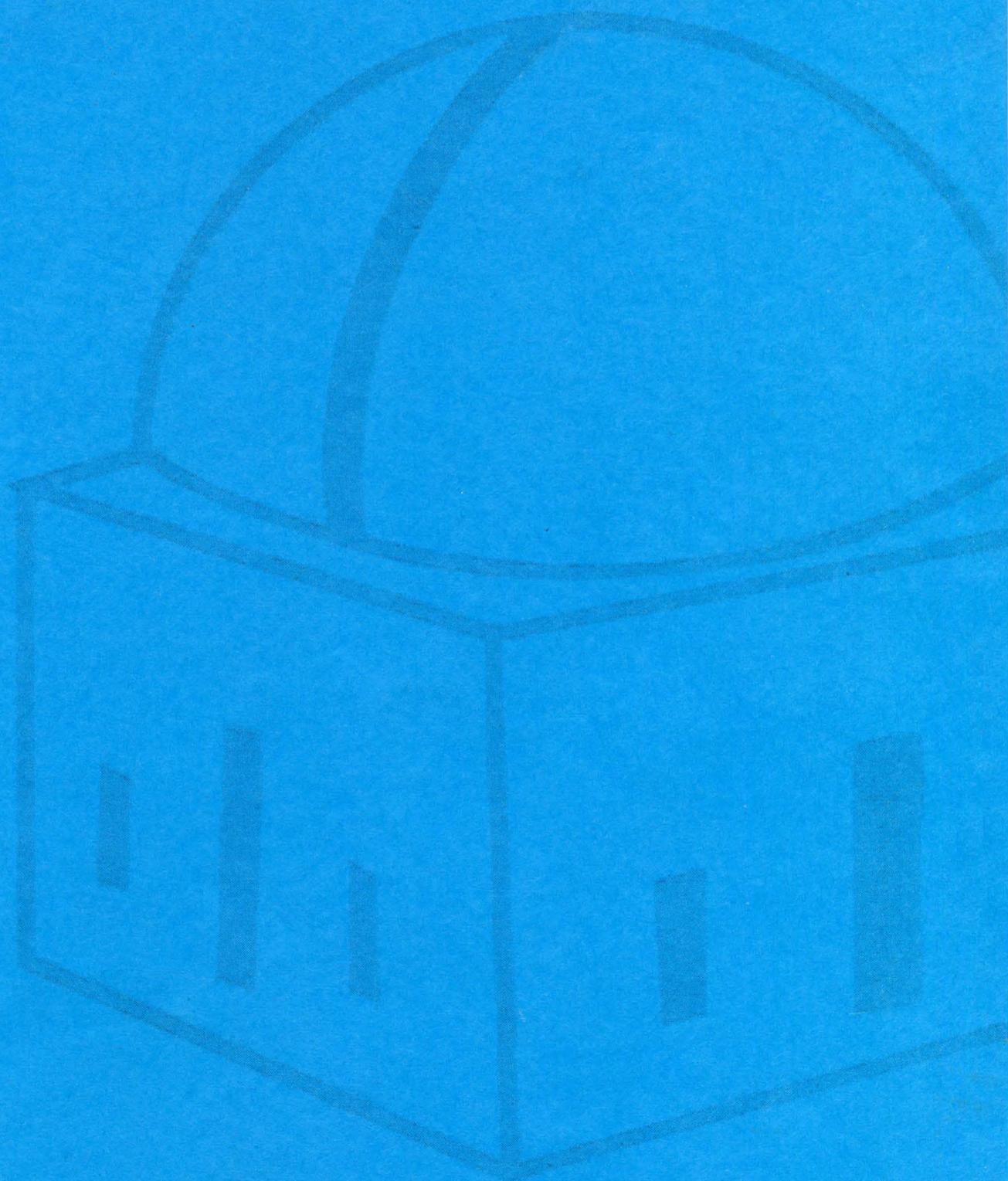


**Association pour le  
Développement International de l'Observatoire de Nice**

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

**BULLETIN N° 37**

**Année 2003**





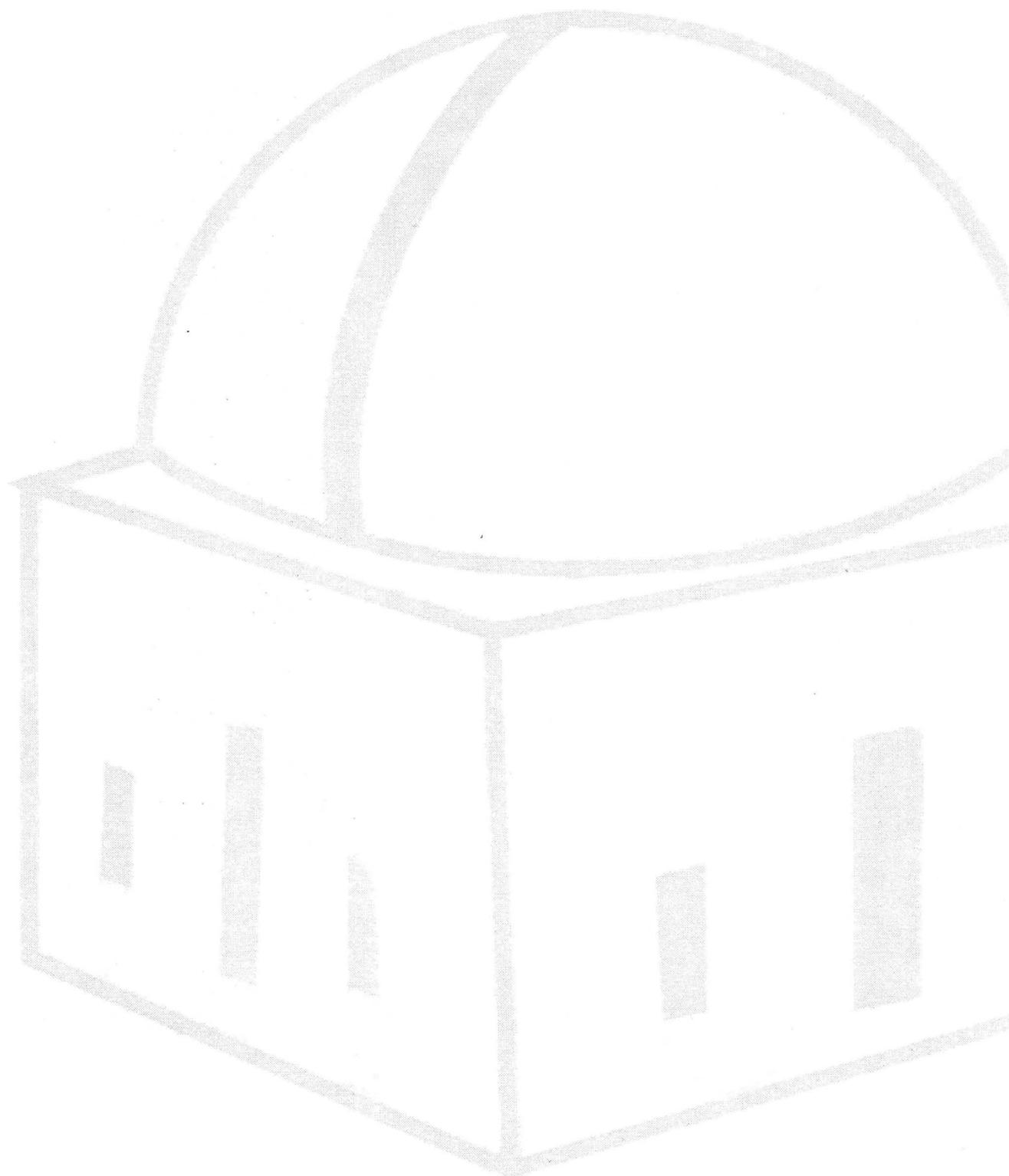


**Association pour le  
Développement International de l'Observatoire de Nice**

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

**BULLETIN N° 37**

**Année 2003**





## Sommaire

	PAGE
Editorial . . . . .	3
Présentation de l'ADION . . . . .	4
Adresses utiles . . . . .	5
Echos d'activités à l'Observatoire de la Côte d'Azur . . . . .	7
Le processus de collision et la formation des familles d'astéroïdes (P. Michel) . . . . .	9
Le passage de Mercure, le 7 mai 2003 (J.P. Rivet, Y. Rabbia) . . . . .	19
Les chercheurs étrangers à l'OCA en 2003 . . . . .	27
Le programme postdoctoral Henri Poincaré . . . . .	29
Les activités de l'ADION . . . . .	35
Programme OCA-ADION pour l'année 2001 . . . . .	37
Compte-rendu de l'assemblée générale du 22 juillet 2004 . . . . .	39
Rapport financier de l'ADION pour l'exercice 2003 . . . . .	44
La médaille de l'ADION . . . . .	47
Comité de la médaille de l'ADION . . . . .	49
Personnalités auxquelles la médaille a été attribuée . . . . .	50
Lauréats des médailles 2001 et 2002 . . . . .	51
Présentation du lauréat de la médaille 2003 . . . . .	52
Le prix de l'ADION . . . . .	53
Eloge des lauréats du prix de l'ADION 2004 (J.C. Thorel) . . . . .	55
Bulletin d'adhésion . . . . .	57
Membership form . . . . .	58



## Editorial

Ce nouveau numéro du bulletin de l'ADION couvre l'année 2003 et avait pour ambition de mettre en lumière plusieurs achèvements importants obtenus par les chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) au cours de la période. Las ! Les reports puis annulations, motivés certainement, ont contraint l'éditeur à revoir à la baisse les contributions scientifiques initialement envisagées. Un seul article vous est donc proposé, celui de P. Michel du département Cassiopée (ex-Cassini). Il y fait le point sur les simulations numériques permettant de reproduire avec succès la fragmentation des astéroïdes sous les chocs mutuels qu'ils subissent. La compréhension de ce processus permet de mieux comprendre l'origine des familles d'astéroïdes identifiées depuis le sol. Le passage de la planète Mercure devant le Soleil a été l'occasion de plusieurs manifestations sur les différents sites de l'OCA. Les organisateurs, J.P. Rivet (département Cassiopée) et Y. Rabbia (département Gemini), décrivent dans leur communication les actions menées pour que le plus grand nombre partage ce spectacle vécu comme une répétition du transit de Vénus le 8 juin 2004.

Parallèlement à leurs succès, les chercheurs de l'OCA montrent leur dynamisme en lançant de nombreuses invitations auprès de leurs collègues étrangers, parfois pour des séjours de plusieurs mois, voire d'une année ou plus pour les séjours postdoctoraux. La liste de ces visiteurs pour 2003 vous est communiquée avec le sujet de recherche de chacun. Le programme postdoctoral de l'OCA, cofinancé par le CNRS et le Conseil Général des Alpes-Maritimes, occupe à ce titre une place privilégiée. La sélection 2004 des candidats retenus est donc portée à votre connaissance, comme les résultats obtenus par les lauréats de la promotion 2002.

La médaille de l'ADION est l'un des événements marquants de la vie de l'association. Compte-tenu d'emplois du temps chargés, les médailles des lauréats 2001 et 2002 leurs ont été remises en 2003 ; aussi, le résumé de leurs travaux est-il à nouveau inclus dans ce bulletin. M. P.J.E.PEEBLES a lui été distingué pour la médaille 2003 ; un aperçu de l'impact de ses nombreux résultats scientifiques vous est également fourni.

Le prix de l'ADION a été attribué en 2003. Il a honoré MM. G. Morlet et M. Salaman pour la qualité exceptionnelle de leurs travaux sur les couples stellaires à partir d'observations faites sur le site de Nice. L'éloge des lauréats prononcé par J.C. Thorel vous est donné.

En vous souhaitant une agréable lecture, bien cordialement,

Eric SLEZAK  
Secrétaire Général de l'ADION

## PRÉSENTATION DE L'ADION

L'ADION a été créée en 1962 :

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

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

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

### Siège social

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

### Composition du Conseil (2000-2004)

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

### Membres d'honneur de l'ADION

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

**Adresses utiles**

**Observatoire de la Côte d'Azur**

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

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

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

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

**CERGA**  
Avenue Copernic  
Roquevignon  
06130 Grasse

Téléphone : 04 93 40 53 53  
Télécopie : 04 93 40 53 33

**A.D.I.O.N.**  
Observatoire de la Côte d'Azur  
Boulevard de l'Observatoire  
BP n°4229  
F - 06304 Nice Cedex 4  
France

\*\*\*\*\*



**ÉCHOS d'ACTIVITÉS**

**à**

**L'OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR**



## **Le processus de collision et la formation des familles d'astéroïdes**

P. Michel , OCA

A la fin des années 1980, les astéroïdes n'étaient encore pour les astronomes que des points lumineux évoluant pour la plupart dans une région située entre les orbites de Mars et Jupiter et appelée la Ceinture Principale des astéroïdes. Ces petits corps sont en fait avant tout les briques qui ont formé nos planètes, et seuls ceux qui évoluaient dans cette ceinture n'ont pu se regrouper pour former un corps unique, du fait des fortes perturbations exercées par la planète géante Jupiter. Cette population d'astéroïdes continue donc à être présente dans une région qui s'érode au cours du temps du fait des collisions qui s'y produisent et de la diffusion de ces composants vers des orbites croisant les planètes. La plupart des astéroïdes actuels font d'ailleurs partie de la seconde génération, née de la fragmentation de corps plus gros qui existaient initialement. Quelques uns des corps détruits par une collision étaient d'une taille si grande, dépassant la centaine de kilomètres, que les traces de quelques uns de ces événements sont encore identifiables. En effet, les fragments issus d'un gros astéroïde peuvent continuer à constituer une famille d'objets partageant les mêmes propriétés spectrales et orbitales. Une vingtaine de familles ont ainsi été identifiées, chacune ayant sa propre histoire commençant par la destruction d'un corps parent, et à chaque fois le lien « génétique » de leurs membres est évident : même composition et des similarités orbitales marquantes.

Si les familles d'astéroïdes sont le témoignage d'événements collisionnels violents, le chemin que les scientifiques ont dû emprunter pour comprendre le processus même de collision a été semé d'embûches. Or cette connaissance est cruciale pour élaborer un scénario cohérent de chaque phase d'évolution d'un système planétaire. De plus, une bonne connaissance de la réponse à un impact d'un astéroïde, en fonction de ses propriétés physiques, s'avère déterminante pour définir des stratégies visant à dévier un objet de sa trajectoire vers la Terre. Face à un tel scénario, l'estimation de l'énergie d'impact nécessaire reposerait totalement sur notre compréhension du processus de collision.

Pour étudier ce phénomène, les premiers travaux ont consisté à effectuer des expériences en laboratoire. Mais bien évidemment, celles-ci étaient limitées à des objets de très petites tailles, quelques centimètres au plus. Pour que les projectiles atteignent des vitesses de plusieurs kilomètres par seconde, adaptées aux collisions dans la Ceinture des astéroïdes, des équipes internationales ont développé divers moyens sophistiqués tels que des canons à double étage ou des charges explosives placées sous la cible. Des matériaux divers

étaient utilisés pour constituer la cible, tel que du basalte, de la glace ou encore du granite, afin de s'approcher au plus près des compositions éventuelles et encore mal connues des petits corps de notre Système Solaire. Des techniques complexes d'imagerie étaient élaborées pour filmer l'explosion sous différents angles, identifier les fragments, mesurer leur taille, leur vitesse d'éjection et leur période de révolution. Des chambres pressurisées sur le site de Boeing à Seattle ont même été utilisées pour faire « ressentir » à une cible centimétrique l'équivalent de l'auto-compression gravitationnelle d'un corps kilométrique qui s'ajoute à sa résistance mécanique. En dépit de tous ces efforts, les expériences n'ont pu permettre de comprendre le phénomène d'une collision aux échelles de tailles et d'énergies mises en jeu entre deux astéroïdes de plusieurs kilomètres de diamètre se déplaçant à quelques kilomètres par seconde l'un par rapport à l'autre. Les résultats extrapolés à ces échelles en utilisant des lois basées sur des hypothèses très incertaines varient de plusieurs ordres de grandeur selon ces hypothèses !

La seule façon directe de traiter le problème à ces échelles est de concevoir des « codes numériques », qui calculent au cours du temps l'évolution des paramètres physiques du processus collisionnel à partir de la résolution des équations de la physique mise en jeu telle qu'elle est comprise. Une fois validée, ces expériences numériques peuvent alors remplacer celles en laboratoire. Aux échelles qui nous intéressent, nous avons à notre disposition les familles d'astéroïdes, un laboratoire unique offert par la Nature pour étudier le phénomène de collisions aux grandes échelles. Les propriétés de ces objets de seconde génération que sont les membres d'une famille, et en particulier leurs tailles et leurs distributions orbitales, représentent en effet plus ou moins directement les propriétés résultant de la destruction de leur corps parent. Un bon moyen de tester notre compréhension du processus de collision est donc d'être capable de reproduire les principales caractéristiques de ces familles d'astéroïdes.

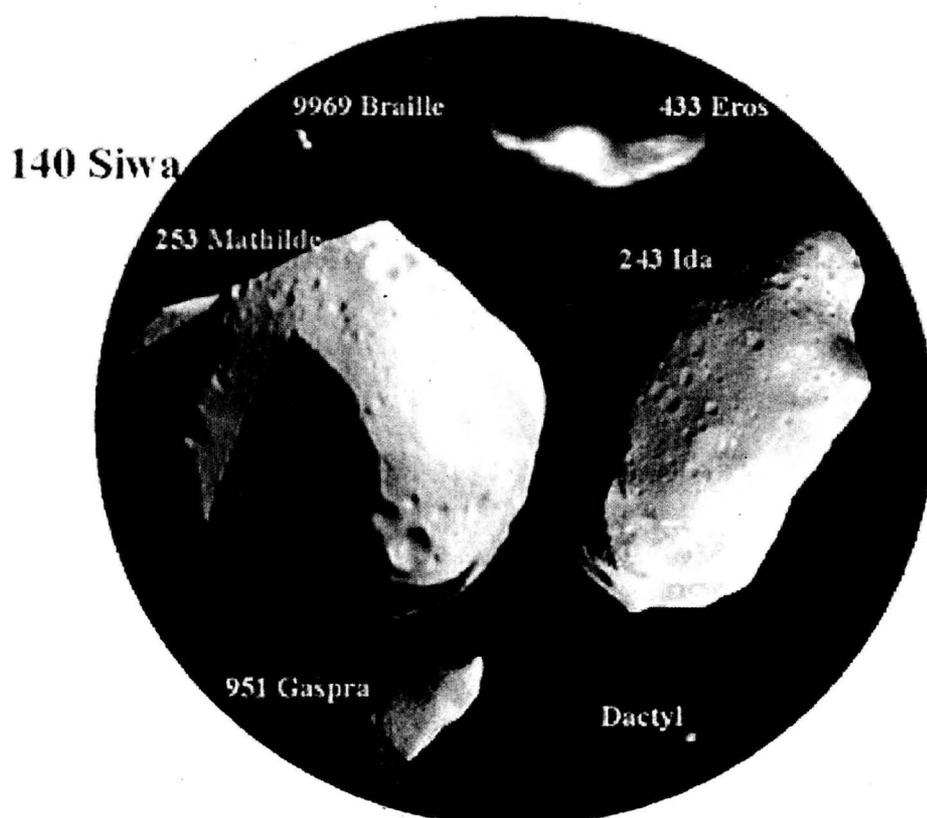
Il faut souligner que jusqu'à très récemment, l'origine collisionnelle des familles d'astéroïdes reposait entièrement sur les similarités spectrales et orbitales de leurs membres, leur « lien génétique », et non sur la compréhension du phénomène physique d'une collision. En effet, jusqu'au développement des méthodes numériques les plus récentes, l'extrapolation des résultats des expériences en laboratoire aboutissait à un véritable paradoxe. Notamment, pour former un groupe de fragments distincts à partir d'un corps de taille similaire à celle du corps parent d'une famille (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de kilomètres), les expériences suggèrent que l'énergie d'impact doit être si élevée que le corps parent est nécessairement pulvérisé, de sorte qu'aucun membre de grande taille ne peut alors être produit, ce qui contredit leur présence dans ces familles. A l'inverse, pour reproduire les grandes tailles des membres d'une famille, l'énergie n'est plus suffisante pour qu'ils se dispersent en un groupe de fragments bien distincts et aucune famille ne serait donc créée. Comment lever ce paradoxe ?

Pour s'affranchir de toute extrapolation risquée, l'unique option est de développer des codes numériques sophistiqués permettant de simuler directement le processus physique d'une collision. Cependant, un tel développement est extrêmement complexe car il doit faire appel d'une part à un système d'équations modélisant une physique mise en jeu encore mal connue et d'autre part à des méthodes numériques fiables et précises de résolution de ces équations. De plus, de nombreux phénomènes physiques interviennent tels que la cohésion du corps considéré, sa friabilité, les changements de phase et la propagation des ondes de choc. La tâche est donc ambitieuse mais cela ne fait que motiver les scientifiques à s'y atteler. Dans les dix dernières années, une avancée majeure s'est produite dans le développement de codes hydrodynamiques incluant un modèle de fracture de corps solide. Ces codes, appelés *hydrocodes*, intègrent les équations de l'hydrodynamique pour calculer la propagation de

l'onde de choc produite par un impact dans un corps solide. Ils y associent un modèle de fracture pour calculer en plus de la pression, l'évolution des contraintes et déformations associées qui peuvent aboutir à la fragmentation du corps. Les comportements transitoires et non linéaires entre les trois types d'ondes (élastiques, plastiques et de choc) qui se propagent dans une roche lors d'un impact sont naturellement pris en compte. Les propriétés de volume d'une roche donnée sont associées à un critère de limite élastique (ou seuil de plasticité) ainsi qu'à une équation d'état permettant de calculer la pression. L'hydrocode le plus performant est tridimensionnel et a été développé dans les années 1990 par Willy Benz de l'Université de Berne. Avec Erik Asphaug de l'Université de Santa Cruz, ils ont prouvé sa validité à petite échelle en reproduisant avec fidélité les résultats des expériences de laboratoire sur des cibles centimétriques. Toutefois, sa seule utilisation n'a pas permis de reproduire avec succès la formation des familles d'astéroïdes.

En fait, contrairement à ce qui fut supposé pendant longtemps, la formation d'une famille d'astéroïdes ne peut être expliquée uniquement par la pure fragmentation d'un corps parent. Lorsque le diamètre d'un corps dépasse quelques centaines de mètres, sa destruction signifie non seulement qu'il se fragmente lors de la traversée de l'onde de choc, mais aussi que les fragments ainsi produits s'échappent et interagissent sous l'effet de leurs attractions gravitationnelles mutuelles. A l'issue d'un tel processus, certains d'entre eux peuvent éventuellement se ré-accumuler par attraction mutuelle et former des agrégats. Ceux-ci constitueraient les membres les plus massifs des familles. La plupart de ces derniers ne seraient donc pas des corps « intacts » mais plutôt des corps constitués de fragments plus petits ré-accumulés lors de la phase gravitationnelle de la collision. Aux échelles du laboratoire, l'attraction entre fragments centimétriques est négligeable et c'est pourquoi les résultats ne sont plus valides à plus grande échelle.

Ce scénario avait déjà été évoqué par quelques chercheurs imaginatifs qui n'avaient pourtant jamais réussi à le prouver. Sans preuve, l'idée restait dérangeante tant ses implications sont nombreuses. En particulier, selon ce scénario la plupart des astéroïdes de seconde génération seraient des agrégats de fragments liés par la gravitation. De tels corps n'offriraient quasiment aucune résistance mécanique et la gravité, qui assure la cohésion des morceaux, resterait extrêmement faible. Ils pourraient donc être aisément dispersés par les forces de marées lors des rencontres avec les planètes ou au moins être déformés. La forme très allongée de certains astéroïdes croisant la Terre imagés par radar pourrait bien y trouver son explication. De plus, si aucune mesure directe des propriétés internes d'un astéroïde n'a été effectuée, des preuves indirectes de la présence d'agrégats ont pu être obtenues. Elle est notamment évoquée pour expliquer, par exemple, la faible densité de volume de quelques astéroïdes tels que *Mathilde* (voir Figure 1) dont la densité mesurée par la sonde NEAR en 1998 est très faible et égale à  $1,35 \text{ g/cm}^3$ , ce qui suggère que ce corps comporte des cavités. De plus, pour les astéroïdes dont la taille est supérieure à quelques centaines de mètres, les observations indiquent une limite supérieure à leur vitesse de rotation : ils tournent quasiment tous sur eux-mêmes à une vitesse plus petite que celle qui désintégrerait un agrégat sous l'effet des forces centrifuges. Ces indices, parmi d'autres, suggèrent que les astéroïdes de plus de quelques centaines de mètres de diamètre sont des tas de cailloux liés par la gravitation. Il restait donc à vérifier cette conclusion au moyen de simulations numériques.



**Figure 1 :** Images de quelques astéroïdes prises lors des missions spatiales Galiléo et NEAR. Les petits corps y sont tous représentés à la même échelle ce qui permet de comparer leurs tailles. Le plus gros d'entre eux (*Mathilde*) a un diamètre de l'ordre de 54 kilomètres et contient cinq énormes cratères, chacun de taille égale à cinq kilomètres, sur sa surface. Ces astéroïdes ont tous des formes fortement irrégulières et de nombreux cratères peuplent leurs surfaces. Ces deux caractéristiques sont un témoignage de l'activité collisionnelle intense qu'ils subissent au cours de leurs évolutions. La plupart de ces objets sont des fragments de corps plus gros détruits lors d'une collision avec un astéroïde. Par exemple, sur la partie droite de l'image, l'astéroïde *Ida* (50 kilomètres de diamètre) et son satellite kilométrique *Dactyl* observés par la sonde Galiléo en 1993 sont membres de la famille de *Koronis*. Cette famille correspond à un groupe d'objets partageant les mêmes propriétés orbitales et spectrales dans la Ceinture de astéroïdes. Nos simulations de collisions confirment l'hypothèse que les membres de cette famille pourraient constituer les fragments provenant de la destruction d'un corps de 120 kilomètres de diamètre il y a plus d'un milliard d'années.

Les premières simulations numériques permettant de simuler complètement une collision selon cette description ont été effectuées durant les années 2000 par une équipe internationale conduite par moi-même en collaboration avec Willy Benz de l'Université de Berne (Suisse) et Derek Richardson de l'Université de Maryland (USA). Notre méthode consiste à utiliser un *hydrocode* tridimensionnel pour calculer la phase de fragmentation d'un astéroïde et un code de calcul d'interaction gravitationnelle entre N corps (code N-corps), où N est le nombre de fragments considérés, pour simuler la phase gravitationnelle au cours de laquelle peuvent se former des agrégats. La fragmentation d'un corps de plusieurs centaines de kilomètres pouvant générer des centaines de milliers de fragments kilométriques, le calcul de l'interaction gravitationnelle d'un nombre si élevé de corps ne peut pas être effectué par des codes N-corps numériques classiques sur des temps raisonnables avec les ordinateurs actuels, même si la force d'attraction mise en jeu suit la simple loi d'attraction de Newton ! Il faut donc faire appel au développement de codes numériques dits parallèles, qui répartissent les calculs sur plusieurs processeurs reliés entre eux par un réseau rapide pour se communiquer les informations nécessaires. Ainsi, chaque processeur s'occupe d'un certain nombre de particules. Les données sont communiquées à chaque pas de temps aux autres processeurs qui en ont besoin, de telle sorte que le système évolue en tenant compte de l'ensemble des paramètres. L'utilisation de plusieurs processeurs permet d'augmenter considérablement la rapidité des calculs qui nécessitent, même avec ce procédé, plusieurs dizaines de jours en utilisant une dizaine de processeurs !

Les premières simulations ont eu pour but de reproduire trois familles d'astéroïdes bien identifiées et formées selon trois régimes d'énergie d'impact distincts, du faiblement destructeur au hautement catastrophique. Pour la première fois, les résultats furent un succès, conduisant à une publication en 2001 dans le journal *Science* dont la couverture montre une image tirée de l'une de nos simulations. Le degré de destruction du corps parent d'une famille nous est indiqué par la taille du plus gros membre observé par rapport à celle estimée du corps parent initial. Plus la fraction de masse contenue dans le plus gros membre est petite, plus le régime d'impact devait être destructeur, et inversement. Dans ces premières simulations, les corps parents des familles étaient supposés monolithiques. Autrement dit, ils étaient supposés être de constitution homogène sans aucune zone de vide ou de fractures macroscopiques. La taille du projectile, sa vitesse et son angle d'impact étaient définis pour que l'énergie d'impact aboutisse au degré de destruction désiré. Le premier résultat marquant de ces simulations fut que dans tous les cas, le corps parent est d'abord totalement pulvérisé à la fin de la phase de fragmentation. Plusieurs centaines de milliers de fragments de taille de l'ordre du kilomètre sont ainsi générés lors de cette phase. Mais ensuite, durant leur éjection, leurs attractions mutuelles produisent de nombreuses ré-accumulations et selon l'énergie d'impact initiale, le plus gros corps formé par ré-accumulation a une taille équivalente à celle du plus gros membre de la famille considérée. Ainsi, tout se joue lors de cette deuxième phase qui aboutit à une distribution de fragments de tailles diverses et correspondant tous, hormis les plus petits, à des tas de cailloux agglomérés (voir Figure 3).

Pour la première fois, des simulations numériques ont pu ainsi produire un groupe de fragments à la fois bien distincts et de tailles plus ou moins grandes, tandis que les expériences de laboratoire suggéraient qu'il était impossible d'obtenir en même temps ces deux propriétés. Cependant, d'un point de vue plus quantitatif, la comparaison des résultats de simulations avec les familles réelles est confrontée à plusieurs difficultés. La première est que les tailles des membres d'une famille ne sont pas directement déterminées par les observations. En réalité, les observations donnent la magnitude absolue de chacun de ces objets (rappelons-nous qu'ils ne sont que des points lumineux depuis le sol), et la détermination de leur taille nécessite la connaissance d'un paramètre supplémentaire, l'albédo (fraction réémise de la lumière reçue du Soleil), qui n'est mesuré que pour certains d'entre eux et qui dépend de leur composition. Cependant, si tous ces objets appartenaient à un même corps, il est raisonnable de supposer, pour des questions d'« hérédité », qu'ils ont tous un albédo identique et qu'il suffit de connaître celui d'un membre pour le généraliser à toute la famille. La deuxième difficulté concerne l'identification même de ces familles car la plupart se sont formées il n'y a pas moins de quelques dizaines de millions d'années pour les plus jeunes connues. Si à l'issue de la formation d'une famille, les orbites de ses membres ont des formes et des orientations très proches de celle de leur corps parent, ces objets ne restent pas à graviter autour du Soleil en groupe serré indéfiniment. Au bout de quelques millions d'années, les perturbations gravitationnelles exercées par les planètes, notamment Jupiter, auront complètement dispersé les orientations des grands axes de leurs orbites le long de la Ceinture d'astéroïdes de telle sorte que les membres d'une même famille peuvent se retrouver en des endroits diamétralement opposés dans la Ceinture lorsqu'on les observe aujourd'hui. Par conséquent, il faut d'abord déterminer toutes les perturbations planétaires cycliques qui se produisent puis faire appel à des techniques sophistiquées pour filtrer ces perturbations afin de remonter aux éléments orbitaux dits « propres » qui sont supposés ne pas varier fortement au cours du temps. En utilisant ces éléments et en effectuant des observations spectroscopiques, il devient possible de déterminer qu'un groupe d'astéroïdes est lié « génétiquement » et d'identifier une famille. Les premières familles furent identifiées par l'astronome Kiyotsugu Hirayama au début du siècle dernier. Les calculs d'éléments propres les plus récents ont été effectués à partir de leur propre technique par Andréa Milani et Zoran Knežević, astronomes

à l'Université de Pise et à l'Observatoire de Belgrade. Ces dernières années, le nombre d'objets dont les éléments propres sont calculés a augmenté considérablement et l'identification des familles peut devenir plus précise, ce qui permet la découverte de nouvelles familles comme nous le verrons plus loin. Cependant, on comprend bien que les observations ne permettent qu'indirectement de déduire les tailles et la dispersion dans l'espace des éléments orbitaux propres des membres de chaque famille et qu'en l'absence de véritable « empreinte génétique », l'identification d'une famille reste soumise à quelques incertitudes.

Mais une dernière difficulté non négligeable existe, même en supposant que nous sommes capables de mesurer avec précision les tailles et de calculer les éléments propres. En effet, depuis la formation des familles, des collisions subséquentes ont pu se produire et altérer la distribution des tailles initiales de leurs membres. De plus, des mécanismes dynamiques non pris en compte dans le calcul des éléments propres ont pu se produire et provoquer leur diffusion. De tels mécanismes ont été mis en évidence récemment alors qu'il fut longtemps supposé que les éléments propres conservent avec une certaine fiabilité la mémoire des éléments orbitaux à l'issue de la collision. Des études récentes ont montré que dans la Ceinture des astéroïdes, des perturbations gravitationnelles dues à des phénomènes complexes avec les planètes ont pour effet d'allonger lentement les orbites propres des petits corps et de modifier leurs inclinaisons. De plus, un effet thermique a été mis en évidence, l'effet Yarkovsky, du nom d'un ingénieur russe du début du 20<sup>e</sup> siècle et revisité par Paolo Farinella, grand chercheur italien décédé en 2000. Cet effet provient du changement de direction entre la radiation solaire reçue par un objet tournant sur lui-même et sa réémission sur sa surface, ce qui peut résulter en une force nette provoquant un changement de la distance moyenne au Soleil du corps. La rapidité de ce changement est inversement proportionnelle à la taille du corps, ce qui signifie que les membres les plus petits des familles se dispersent plus vite que les plus gros. Ainsi, même si en dépit de ces mécanismes, l'identification des familles a été possible, leurs propriétés initiales ont été plus ou moins fortement affectées par leurs évolutions au cours du temps. En particulier, dans l'espace des éléments orbitaux propres, la dispersion de leurs membres devraient s'être agrandie par rapport à celle produite par la collision.

Notre beau laboratoire naturel que constituent les familles n'est donc pas si parfait que cela ! La comparaison des résultats des simulations numériques avec les propriétés actuelles des familles doit alors être effectuée avec prudence et doit prendre en compte les dernières connaissances sur leurs évolutions au cours du temps. Il ne faut donc pas s'étonner si les dispersions des éléments orbitaux des fragments obtenues par les simulations sont systématiquement plus faibles que celle des membres des familles réelles considérées. Compte tenu des explications précédentes, cela est totalement cohérent avec le scénario d'évolution de ces familles.

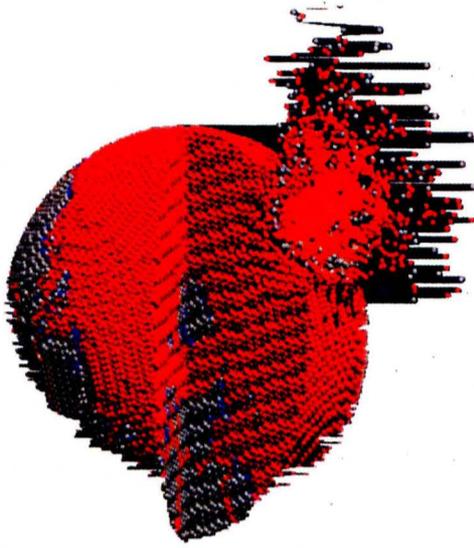
Plus récemment encore, une nouvelle étape a été franchie dans notre compréhension du phénomène de collision et a fait l'objet d'une publication dans le journal *Nature* qui s'est vue encore une fois offrir la couverture du Journal. Ces travaux ont en effet fourni des indications supplémentaires sur la structure interne des astéroïdes. De nouvelles familles ont récemment pu être identifiées et notamment, une famille extrêmement jeune appelée Karin, du nom de son plus gros membre. Celui-ci, ainsi que tous les autres membres de cette famille, sont en fait aussi des membres de la famille de Koronis, mais ils apparaissent être suffisamment distincts des autres membres de Koronis pour constituer une sous-famille. Ainsi, l'affaire se complique : non seulement les membres d'une famille sont par définition des astéroïdes de seconde génération, mais en plus certains de ces derniers peuvent être détruits plus tard et être à l'origine d'une sous-famille ! Cette nouvelle découverte effectuée

par une équipe américaine est en fait une aubaine pour contrôler la bonne validité de nos modèles de collision. En effet, les chercheurs ont pu estimer l'âge de cette famille ; elle serait extrêmement jeune car la destruction de son corps parent se serait produite il y a seulement cinq millions d'années. Or, les processus de diffusion dynamique et les collisions susceptibles de modifier les orbites et les tailles initiales des membres n'ont guère eu le temps de se mettre en œuvre de manière notable après leur formation sur une si faible échelle de temps. Pour la première fois, une famille met ainsi à notre disposition des propriétés que nous pouvons supposer fidèles à celles résultant directement de la collision. Cela nous permet en plus d'élaborer des modèles de structure interne du corps parent car nous pouvons déterminer lequel, une fois détruit, aboutit à une famille dont les propriétés sont les plus proches de celles de Karin. En effet, rappelons-nous que les premières simulations avaient été effectuées en supposant les corps parents monolithiques. Or, les astéroïdes sont martelés par de nombreux petits impacts sur leur surface durant leurs évolutions, comme nous l'indiquent les cratères, avant d'être totalement détruits par un impact à haute énergie. Par conséquent, les astéroïdes pourraient bien être remplis de larges zones de fractures et/ou de vide. Nos simulations précédentes ont déjà montré que c'est certainement le cas des membres des familles d'astéroïdes, agglomérats produits par ré-accumulation de fragments plus petits. Mais les corps parents initiaux pourraient bien être aussi des corps non homogènes du fait des petits impacts qui ont pu les pré-fracturer sans les détruire.

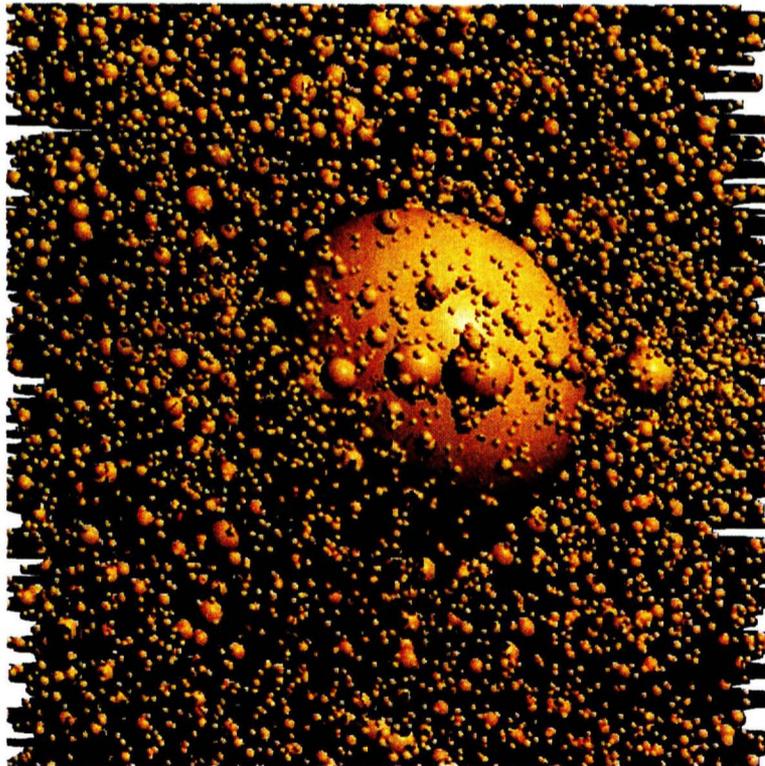
Un corps parents pré-fracturé est rempli de zones de dommages macroscopiques et/ou de vide. Un tel corps pourrait bien représenter un astéroïde ayant subi des petits impacts au cours de son histoire, qui le fracturent sans vraiment le restructurer, ou représenter un astéroïde produit par ré-accumulation de corps plus petits tel qu'un membre d'une famille. Le corps parent de Karin devrait donc avoir une telle structure puisque cet astéroïde était initialement un membre de la famille Koronis. Pour le vérifier, des simulations numériques de destruction de corps pré-fracturés, en plus du modèle monolithique, ont été effectuées (voir Figure 2). Les résultats ont été extrêmement convaincants. Ils montrent que la destruction d'un corps monolithique ne permet pas de reproduire les propriétés de la famille de Karin. En revanche la destruction d'un corps pré-fragmenté produit des résultats en très bon accord avec ses propriétés. Ce résultat est donc totalement cohérent avec le fait que le corps parent était déjà un objet de seconde génération faisant partie de la famille de Koronis. Il faut ajouter que des simulations de formation des trois familles considérées précédemment ont à nouveau été effectuées en utilisant des corps pré-fragmentés et donnent des résultats encore plus proches de celles attendues, même compte tenu de leurs évolutions subséquentes. En particulier, la destruction d'un corps pré-fragmenté génère toujours un nombre bien plus élevé de gros fragments après ré-accumulation que la destruction de son équivalent monolithique. Cette caractéristique est partagée par toutes les familles réelles en général.

Ces nouveaux résultats montrent à quel point l'issue de la destruction d'un astéroïde est sensible à sa structure interne. Un pas supplémentaire est donc franchi dans notre quête : nous savons désormais que les observations ne peuvent pas être reproduites en considérant n'importe quelle structure interne du corps parent. Ainsi, les simulations numériques de collisions peuvent aussi servir à fournir des indications de la structure interne des astéroïdes, en attendant de futures missions spatiales ayant pour objectif d'effectuer des mesures directes.

Une autre nouvelle est plus inquiétante mais non moins intéressante scientifiquement : l'énergie d'impact produisant un degré de fragmentation donné dépend elle aussi fortement de la structure interne du corps considéré. En effet, pour produire la famille Karin à partir d'un corps pré-fragmenté, il faut utiliser une énergie d'impact bien différente de celle adaptée à un monolithe. Les études actuelles n'ont pas encore été capables d'établir si



**Figure 2 :** Image issue d'une simulation de la fragmentation d'un astéroïde de 25 kilomètres de diamètre dans les secondes qui suivent l'impact d'un projectile. Le corps initial est pré-fragmenté, ce qui signifie qu'il contient avant l'impact quelques zones de fractures représentées par les régions bleues, conséquence des petits impacts qu'il a subi lors de son histoire. Sur cette image, suite à l'impact d'un projectile sur le bord droit du corps, une onde de choc se propage depuis le point d'impact jusqu'au côté opposé du corps et provoque sa fragmentation. Les parties rouges ont déjà subi cette fragmentation tandis que les régions grises et bleues ne sont pas encore atteintes à cet instant. Les zones de fractures initialement présentes ont une influence sur la façon dont l'onde de choc se propage et sur le champ de vitesse d'éjection des fragments à la fin de la phase de fragmentation. Dans cette simulation, les fragments générés lors de cette phase auront tous des tailles de l'ordre du kilomètre mais du fait de leurs interactions gravitationnelles lors de la phase suivante, certains d'entre eux pourront se ré-accumuler pour former des agrégats plus gros. Ce processus de fragmentation/ré-accumulation produit par ces simulations permet d'expliquer les propriétés des membres des familles d'astéroïdes, en particulier la présence de membres de grandes tailles (qui seraient donc des agrégats) et leur dispersion dans l'espace des éléments orbitaux.



**Figure 3 :** Image issue d'une simulation de la phase gravitationnelle de la destruction d'un corps monolithique de 164 kilomètres de diamètre. Au cours de cette phase, les fragments de quelques kilomètres de diamètre générés lors de la phase de fragmentation s'attirent mutuellement et peuvent se ré-accumuler pour finalement former des agrégats. Sur cette image prise 84 minutes après l'impact du projectile, la grande sphère au centre représente le plus gros fragment final formé par ré-accumulation de fragments plus petits. Ce plus gros fragment, de type agrégat, contiendra finalement 54% de la masse du corps parent initial. Les autres sphères représentent d'autres agrégats plus petits. Les plus petits d'entre eux ne sont pas des agrégats mais les seuls parmi les fragments générés par la fragmentation qui n'auront subi aucune ré-accumulation. Ainsi, le

résultat final sera un groupe de corps bien dispersés et de plus ou moins grandes tailles du fait des ré-accumulations éventuelles qu'ils auront subies lors de la phase gravitationnelle. De telles distributions de fragments couvrant un large intervalle de tailles est une caractéristique partagée par les familles d'astéroïdes réelles. Selon ces simulations, les membres de ces familles seraient donc pour la majorité des agrégats et non des corps monolithiques, ce qui est en accord avec certaines propriétés observées, telles que la faible densité volumique mesurée pour certains d'entre eux qui suggèrent que leur structure interne contient des zones de vide et/ou de fractures.

une tendance systématique peut être établie entre l'énergie nécessaire et la structure du corps à détruire. Par conséquent, pour estimer la réponse d'un astéroïde à un impact, il ne suffit pas d'avoir une bonne compréhension de la physique du processus de collision, il faut aussi avoir une bonne connaissance de ces propriétés physiques et en particulier de sa structure interne. Ce résultat est riche en implications. Par exemple, l'évolution de la population des astéroïdes et la durée de vie de ses composants face à leurs collisions mutuelles dépendent de la structure interne de chacun d'eux. De génération en génération, les astéroïdes évoluent donc sous l'influence des processus dynamiques et collisionnels. Ces derniers modifient leur structure interne dont les caractéristiques guident leur manière de répondre aux impacts ultérieurs.

L'implication la plus « terre à terre » de ce résultat et somme toute inquiétante se situe dans le cadre de la définition de stratégies de déviation de sa trajectoire d'un astéroïde potentiellement dangereux. Ces petits corps peuvent en effet menacer notre environnement et même la survie des espèces vivantes, ce qu'ils ont déjà fait dans le passé. L'estimation de l'énergie d'impact nécessaire pour dévier un objet dangereux imposerait d'aller d'abord lui rendre visite pour déterminer ses propriétés internes ou en tout cas d'avoir une certaine confiance en nos hypothèses les concernant ! Mais compte tenu de nos résultats, il est fort probable que la plupart des objets croisant la Terre sont des agrégats. En effet, ces objets proviennent, pour la grande majorité d'entre eux, de la Ceinture des astéroïdes et leur transport sur une trajectoire croisant celle de la Terre est due au moins en partie à leur éjection d'un corps parent détruit lors d'une collision. A l'issue de celle-ci, quelques fragments peuvent être placés plus ou moins directement dans une zone instable qui les transporte en quelques millions d'années vers la Terre. Nos simulations de collisions indiquent alors que ces astéroïdes de seconde génération doivent être des agrégats, ce qui est en bon accord notamment avec leurs formes observées par radar. Plusieurs scénarios peuvent alors être envisagés pour se protéger du risque d'un impact de l'un d'entre eux avec notre Planète. Tout d'abord, il est nécessaire de faire l'inventaire des objets potentiellement dangereux dont la taille est supérieure à quelques centaines de mètres (à partir d'une telle taille, les conséquences d'un impact peuvent affecter une région entière). Cela peut difficilement s'effectuer depuis le sol car une portion trop limitée du ciel est accessible, ce qui empêche l'observation de certaines trajectoires. L'équipe de Planétologie de l'Observatoire de la Côte d'Azur, en partenariat avec Alcatel, est à l'origine d'une étude pré-phase A retenue par l'Agence Spatiale Européenne, qui a démontré qu'un satellite placé sur une orbite située entre les planètes Vénus et Mercure pourrait découvrir 90% de ces objets en cinq ans. Si une telle mission spatiale était effectuée, elle permettrait de quantifier précisément le risque d'impact pour le prochain siècle au moins, et de déterminer la trajectoire actuelle des objets réellement menaçant. Mais cela ne suffirait pas car il faudrait ensuite connaître les propriétés physiques de ces objets pour élaborer la stratégie la mieux adaptée à leur déviation. L'énergie d'impact permettant de dévier de tels objets est en effet si fortement dépendante de leur structure interne qu'il est impératif que des observations et/ou des missions spatiales soient alors développées pour enfin mesurer directement leurs propriétés internes. Et en tout état de cause, en attendant que le prochain *impacteur* soit identifié, il serait déjà bon d'effectuer de tels mesures pour un bon échantillon d'astéroïdes, ce qui est loin d'être aisé, même en leur rendant visite. A ce propos, l'Agence Spatiale Européenne vient de former un comité de cinq experts (nommé *Near-Earth Objects Mission Advisory Panel* ou *NEO MAP*) dont le but est de produire un rapport contenant des recommandations et des priorités concernant les prochaines missions spatiales à développer pour faire face à ce risque. Et parallèlement, les études théoriques au moyen de simulations devront être poursuivies pour le plus grand bonheur des chercheurs passionnés par ces recherches, car la tâche est loin d'être terminée pour bien comprendre le processus de collision en fonction de tous les paramètres sensibles dont de nombreux restent très incertains.



# LE PASSAGE DE MERCURE

LE 7 MAI 2003

J.P. Rivet et Y. Rabbia

## Résumé

*A l'occasion du passage de Mercure devant le disque solaire le 7 mai 2003, les auteurs ont organisé respectivement à Nice et à Roquevignon des manifestations visant à faire admirer ce phénomène relativement rare par un public restreint (essentiellement le personnel de l'OCA et leurs proches). Outre leur intérêt en tant que tel, ces manifestations ont servi de "banc d'essai" pour les opérations plus ambitieuses qui sont à organiser pour le transit de Vénus du 8 juin 2004.*

*Nous décrivons donc ci-après les actions menées pour faire partager ce spectacle rare, et nous en tirons quelques conclusions sur les actions à prévoir pour le transit de Vénus.*

## 1 Introduction

Il est, dans une vie d'astronome, des rendez-vous précieux que le ciel nous donne parfois de manière très espacée, et auxquels on trouve souvent autant de plaisir que d'intérêt scientifique. Ces rendez-vous (éclipses, occultations, passages de comètes, ...) ont apporté et apportent encore d'innombrables renseignements astronomiques, et les astronomes n'hésitent pas à monter des expériences et des expéditions parfois très audacieuses pour en bénéficier dans les meilleures conditions.

Parmi ces événements, certains sont rarissimes, parfois même uniques et imprévisibles au point qu'en vivre un au cours de sa carrière constitue un rare privilège. Citons dans cette catégorie l'explosion d'une supernova en 1987 ou la chute de la comète Shoemaker-Levy-9 sur Jupiter en 1994. De tels événements sont l'occasion d'une fiévreuse activité d'observation que suivront de longs mois d'exploitation des résultats. La curiosité insatiable du public amateur conduit la communauté scientifique à communiquer un peu plus en ces circonstances, et à médiatiser le phénomène.

D'autres coïncidences célestes, au contraire, se reproduisent selon un schéma plus ou moins régulier, avec une périodicité plus ou moins longue. Les passages des comètes périodiques par exemple, ont jalonné l'histoire humaine de moments intenses de peur et de curiosité.

D'une régularité plus complexe, les éclipses de Lune et les occultations du Soleil (improprement appelées "éclipses de Soleil") se reproduisent selon des conditions similaires tous les 18 ans et 11 jours (période dite du Saros). En un lieu terrestre donné, en revanche, une même condition d'éclipse met beaucoup plus de temps à se reproduire. Par exemple, l'éclipse de Soleil du 11 août 1999, largement médiatisée parce que facilement visible d'une bonne partie de l'Europe, fut admirée par des millions d'yeux (bien protégés !), et étudiée par des équipes de scientifiques qui n'ont

pas hésité à entreprendre de longs périples pour en bénéficier. Une telle condition d'éclipse, visible depuis la France métropolitaine, ne se reproduira pas avant le 3 septembre 2081, et ne nous sera pas accessible, même au prix d'une draconienne réforme du régime des retraites !

Il est d'autres clins d'œil célestes, plus discrets mais non moins intéressants, qui ont retenu l'attention des spécialistes depuis fort longtemps, sans pour autant connaître pour l'instant une médiatisation importante. Il s'agit par exemple des passages des planètes intérieures (Mercure et Vénus) devant le disque solaire. Ces événements que l'on pourrait appeler des "occultations très partielles" du Soleil, sont plus fréquemment nommés "passages" ou encore "transits" de la planète en question.

## 2 Les transits de Mercure et Vénus

Pour que les planètes intérieures (Mercure et Vénus) puissent passer devant le disque solaire, pour un observateur terrestre, deux conditions doivent être remplies : (i) la planète doit être en conjonction avec le Soleil, (ii) cette conjonction doit se produire au voisinage d'un des nœuds (ascendant ou descendant) de son orbite. Cette double condition conduit à une répétition des transits selon un schéma non trivial, mais à peu près régulier.

Le passage de Mercure devant le disque solaire se reproduit en gros 13.3 fois par siècle, selon un schéma de répétition relativement complexe. Les passages de Vénus, par contre, sont beaucoup plus rares puisqu'ils ne se reproduisent en moyenne que 1.36 fois par siècle, selon un schéma se répétant à peu près tous les 243 ans, alternant des écarts de 8 ans, 122 ans, 8 ans et 105 ans.

Le premier transit de Mercure qui ait pu être prédit et observé eut lieu au cours du *XVII<sup>ème</sup>* siècle. Annoncé par J. Kepler dès 1629, il fut observé par l'astronome français Pierre Gassendi (voir photo en figure 1) le 7 novembre 1631 à Paris, avec seulement 5 heures d'avance par rapport à la prédiction de Kepler. Il utilisa une



FIG. 1 – *Pierre Gassendi (1592-1655).*

chambre noire pour observer le Soleil, et évalua le diamètre apparent de Mercure à 20" d'arc (au lieu de 10").

Par la même technique, J. Horrocks (1619-1641) et W. Crabtree (1610-1644) firent, en 1639, la première observation (partielle) d'un passage de Vénus. E. Halley (1656-1742) fut le premier à souligner l'intérêt de l'observation minutieuse des transits pour la détermination de la distance Terre-Soleil.

Les transits ultérieurs de Mercure et de Vénus furent observés, parfois au prix d'expéditions scientifiques des plus mouvementées, comme celle de l'infortuné Guillaume Joseph Hyacinthes Jean-Baptiste Le Gentil de la Galaisière (1725-1792), qui, au terme d'un périple de onze ans dans l'Océan Indien, ne parvint pas à observer correctement le transit de Vénus du 6 juin 1761 (pour cause d'occupation anglaise), pas plus que celui du 3 juin 1769, à cause d'un passage nuageux !

Ce début de *XXI<sup>ème</sup>* siècle aura la chance de vivre un transit de Mercure (le 7 mai 2003) et deux transits de Vénus (le 8 juin 2004 et le 6 juin 2012). Ces phénomènes ne sont visibles qu'au moyen d'une instrumentation adéquate permettant à la fois de grossir suffisamment l'image solaire et de protéger l'œil.

### 3 Le passage de Mercure, le 7 mai 2003

#### 3.1 Les conditions de visibilité

Le passage du 7 mai 2003 fut visible en totalité depuis la France métropolitaine (voir la figure 2 pour la carte de visibilité). Pour Nice, Roquevignon et Calern, les horaires des contacts furent les suivants (calculs de F. Mignard) :

1 <sup>er</sup> contact :	07h11m (heure locale)	hauteur = +08° 40'
2 <sup>ème</sup> contact :	07h16m (heure locale)	hauteur = +09° 32'
3 <sup>ème</sup> contact :	12h28m (heure locale)	hauteur = +60° 16'
4 <sup>ème</sup> contact :	12h32m (heure locale)	hauteur = +60° 37'

Le diamètre apparent de Mercure était de 12", celui du Soleil de 1902", soit un rapport proche de 158.

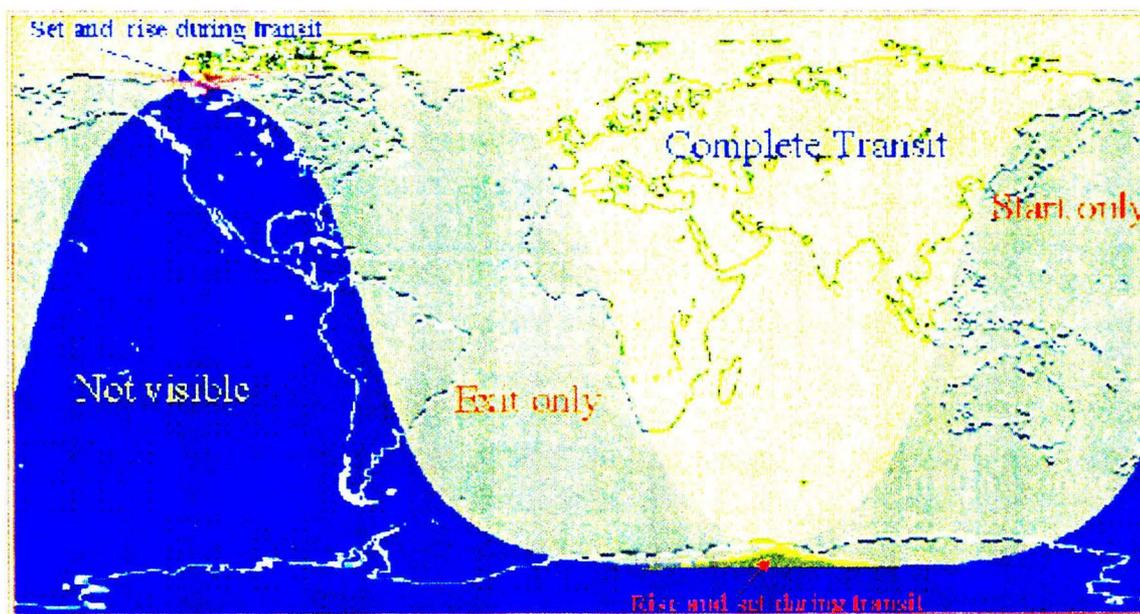


FIG. 2 – Carte de visibilité du passage de Mercure du 7 mai 2003.

#### 3.2 Animations sur le site de Nice

Lors du passage de Mercure du 7 mai 2003, les contraintes logistiques et de sécurité n'ont pas permis d'envisager une ouverture du site de Nice à un large public. Cependant, une manifestation a été organisée pour le personnel de l'OCA

et leurs familles, amis et étudiants. De nombreux collègues de l'OCA ont participé ou aidé à la réalisation de cette rencontre, par leur soutien logistique, leur aide technique, ou leur talent d'animateur. Les auteurs tiennent à les en remercier (voir Section 4). La manifestation s'articulait autour des événements suivants :

- L'association d'astronomes amateurs *NOVÆ*, qui utilise l'Equatorial Coudé (photo en figure 3) dans le cadre d'une convention passée avec l'OCA, a configuré ledit instrument pour effectuer une projection permanente de l'image solaire sur un verre dépoli, depuis le lever du Soleil (6h15 locale) jusqu'à la fin du phénomène (12h32 locale). Grâce aux membres de l'association *NOVÆ* présents sur le site, les spectateurs ont pu voir sans danger, depuis l'extérieur du bâtiment, une image solaire d'environ un mètre de diamètre, sur laquelle la planète Mercure faisait une ombre circulaire d'environ 6 mm de diamètre. L'observation a été entrecoupée de passages nuageux nombreux et denses, qui nous ont privé du spectacle des contacts 1 et 2. Les contacts 2 et 3 en revanche furent visibles relativement bien (voir les photos de l'écran de projection reproduites en figure 4). Des astronomes de l'OCA, secondés par des membres de l'association *NOVÆ*, ont répondu aux questions des visiteurs présents.
- Il était prévu initialement que cette projection soit mise en ligne en temps direct sur le site WEB de l'OCA. Cette diffusion ne fut pas réussie, d'une part à cause des trop rares fenêtres de ciel clair, qui coïncidèrent rarement avec les prises instantanées de la caméra installée, mais aussi à cause de la connection (provisoire, hélas !) de l'Equatorial Coudé au réseau qui ne fut opérationnelle que la veille de l'événement, ce qui ne permit pas aux techniciens de l'association *NOVÆ* de mettre correctement en place et de tester le système de caméra. Ce point sera à corriger pour la manifestation plus ambitieuse prévue pour le passage de Vénus en 2004, si d'ici là, une connection informatique définitive est installée à l'Equatorial Coudé.
- Un petit déjeuner, très aimablement servi par le personnel du restaurant de l'Observatoire de Nice, fut offert aux courageux qui purent être présents dès le début du phénomène (7h11, heure locale).
- En milieu de matinée, J.L. Heudier a présenté à la Nef du CION une conférence très appréciée sur les passages de Mercure et de Vénus.
- Deux *Solarscopes*<sup>1</sup> mis en station dans le hall d'entrée du CION par J. Mekarina, permirent au personnel d'observer confortablement une partie du phénomène depuis l'intérieur du bâtiment, au travers des vitrages de la façade Est du bâtiment.

Pour rendre le phénomène accessible à tous les membres du personnel de l'OCA, un système de rotation fut mis en place par le service intérieur, permettant alternativement à toutes les catégories de personnel d'assister à une partie au moins du phénomène, sans que la continuité des services ne s'en trouve affectée.

### 3.3 Animations sur le site de Grasse

Sur le site de Grasse fut organisée une manifestation plus ambitieuse, compte tenu de l'absence de moyens d'observation fixe. La mise en œuvre a nécessité environ une semaine de travail pour le repérage, l'installation et la mise au point des instruments. Elle a requis, souvent dans l'urgence, les interventions de plusieurs collègues, que les auteurs tiennent à remercier vivement (voir Section 4). Les animations pro-

---

<sup>1</sup>Dispositif d'observation solaire par projection, sans danger et peu onéreux, inventé par Jean Gay.

posées étaient les suivantes :

- Le télescope *Celestron 8*” de la Mission Education et Enseignement de l’OCA fut mis en station sur le site de Roquevignon. Dûment protégé par un filtre en “Solarfilm (TM)” et muni d’une “Webcam”, il a fourni des images solaires visibles sur un écran d’ordinateur (voir la photo en figure 5), et retransmises en direct sur le site WEB de l’OCA.
- Une table équatoriale prêtée par J. Gay, configurée en sidéostat polaire, fournissait des images solaires par projection sur un des murs de la salle de réunion de Roquevignon, au moyen d’un jeu subtil de miroirs de renvoi. (voir la photo en figure 6).
- Pendant cette projection et dans la même salle de réunion, F. Mignard a présenté une conférence sur les passages de Mercure et de Vénus (voir la photo 7), conférence qu’il a donné à nouveau l’après-midi même sur le site de Calern.
- Comme sur le site de Nice, une collation a été offerte aux participants.
- Trois “Solarscopes” étaient installés et mis à la disposition des curieux.

Comme sur Nice, la première partie du phénomène a été masquée par une couverture nuageuse relativement dense. Les deux derniers contacts en revanche furent observés (voir la photo en figure 8).

## 4 Conclusion

Les manifestations organisées à Nice et à Grasse pour le passage de Mercure en juin 2003 ont touché un public volontairement restreint (quelques dizaines de personnes). Elles sont à voir comme des expériences préliminaires à l’organisation d’événements nettement plus ambitieux lors du passage de Vénus, événements sur lesquels le pôle “Animation” du Projet Muséal de l’OCA travaille actuellement.

L’expérience du passage de Mercure a révélé des faiblesses à combler. Les principales faiblesses qui furent révélées sont :

1. La couverture video par le WEB, qui a échoué sur le site de Nice pour des raisons techniques (voir Section 3.2), mais qui a par contre fort bien fonctionné sur le site de Roquevignon.
2. La couverture médiatique avant et pendant l’opération.
3. L’insuffisance des moyens d’accueil et d’encadrement (personnel et logistique de sécurité), peu gênante pour une manifestation à petite échelle comme celle du 7 mai 2003, mais rédhibitoire pour une opération d’accueil d’un public plus large.

Si les deux premiers points semblent relativement faciles à améliorer, il n’en est pas de même du troisième, et cela risque d’être le goulot d’étranglement qui limitera la portée à donner aux futures opérations liées au passage de Vénus. L’OCA sera donc amené à choisir entre trois grandes options :

- des animations sur nos sites (observations, exposés, ...), avec accueil d’un public plus ou moins large (public spontané ou invité),
- des animations déportées par exemple dans les lieux d’accueil et de culture comme la Bibliothèque Louis Nucera ou le Musée d’Art Moderne et d’Art Contemporain (MAMAC) de Nice (conférences, et projection d’images prises en temps réel sur les différents sites de l’OCA),
- un mélange des deux précédentes modalités.

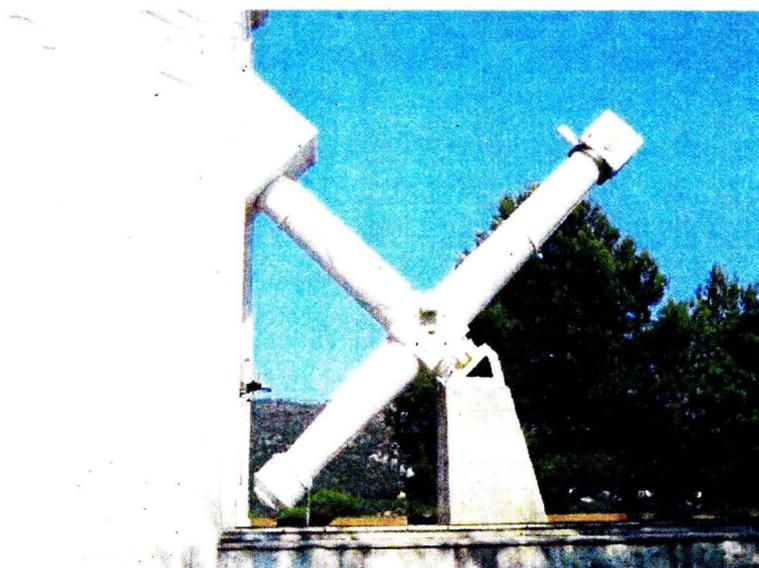


FIG. 3 - *L'Equatorial Coudé de l'Observatoire de Nice.*

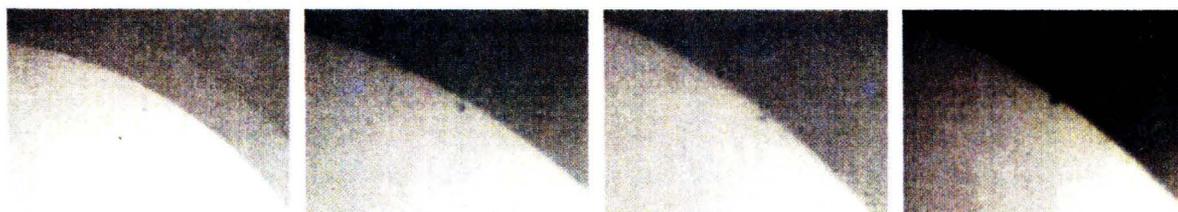


FIG. 4 - *La fin du transit de Mercure photographiée à l'Equatorial Coudé par I. Giusti (Association NOVÆ). L'assombrissement dû à un passage nuageux est clairement visible.*



FIG. 5 - *Le Celestron 8" de la Mission Education Enseignement mis en station à Roquevignon pour fournir les images solaires déposées sur le WEB.*

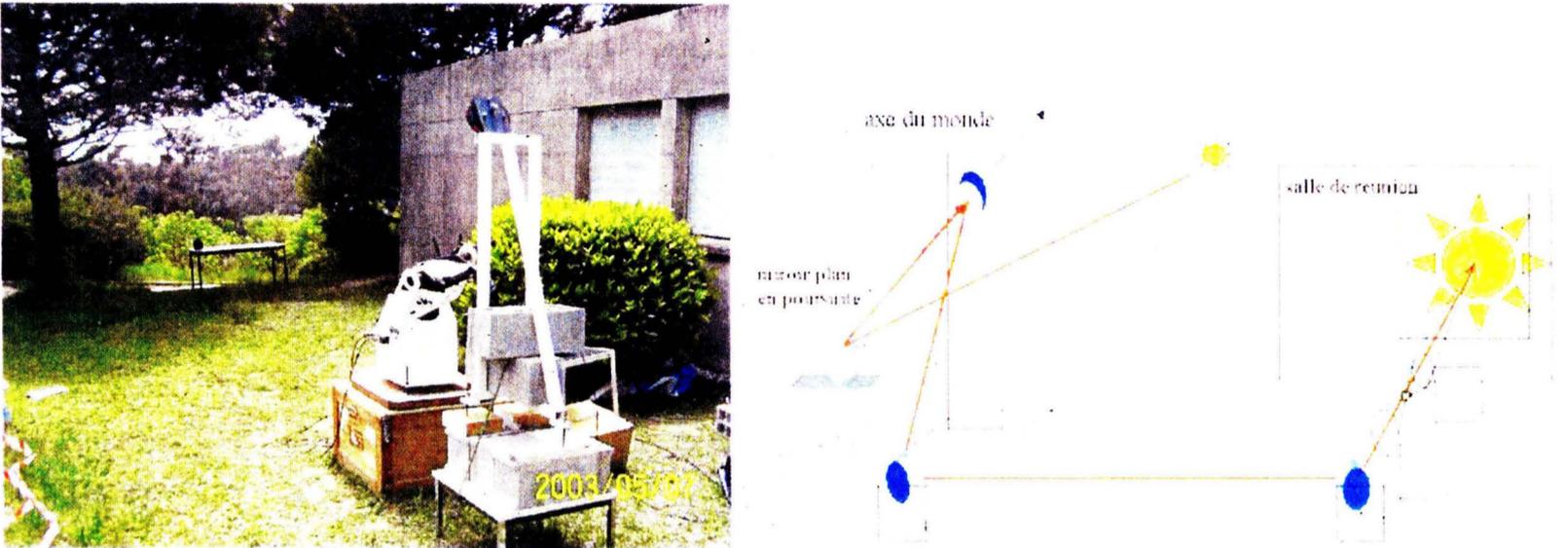


FIG. 6 - La table équatoriale de J. Gay configurée en sidérostât polaire, pour projeter l'image solaire sur un des murs de la salle de réunion du site de Roquevignon.



FIG. 7 - La conférence de F. Mignard à Roquevignon.

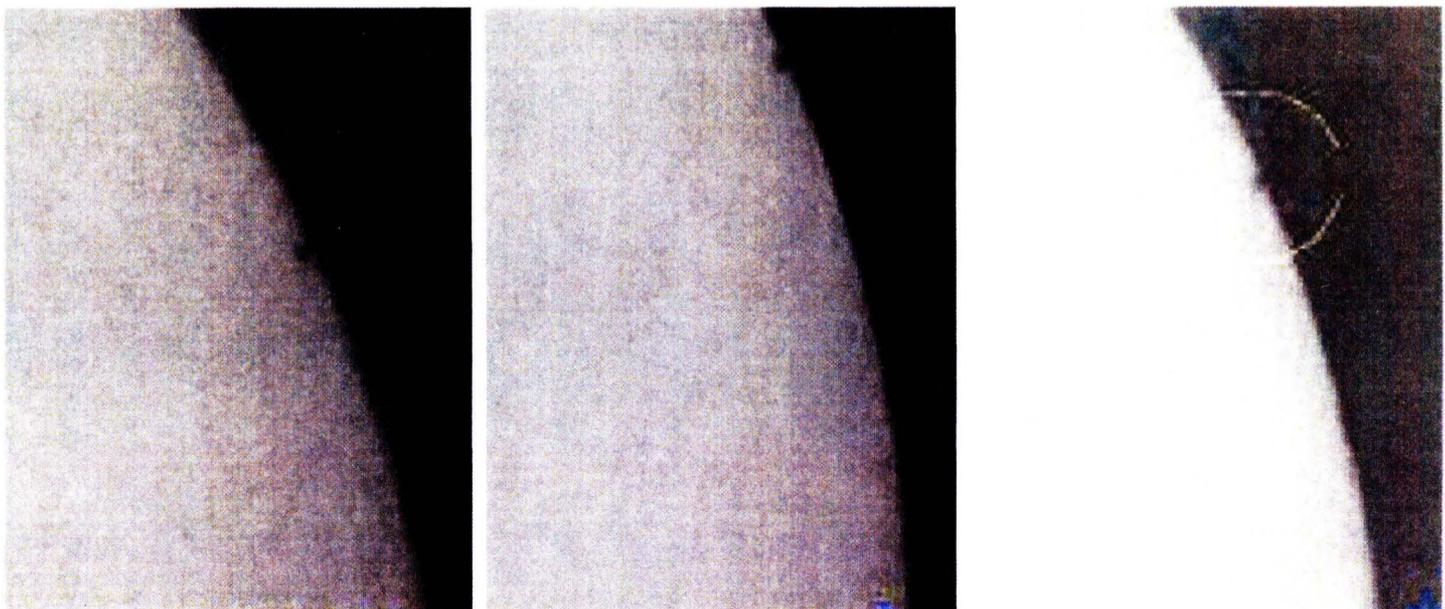


FIG. 8 - Le troisième contact vu à Roquevignon (images diffusées sur le WEB).

Une option comportant l'accueil du public sur nos sites serait sans doute fort valorisante pour l'OCA, mais nécessiterait une logistique locale très solide, dont nous nous sommes d'ailleurs montrés capables par le passé (Fête de la Science en 1995, exposition de préfiguration "Le Soleil, étoile du Midi", en 1998).

### REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les collègues qui se sont investis à Nice et à Grasse dans le succès de cette rencontre privilégiée avec un événement astronomique rare (J. Gay, F. Mignard, J. Postel, P. Somlyo, D. Benotto et le personnel du restaurant et du service intérieur, J. Mekarnia, M. Conjat, J.L. Heudier, I. Fedreghini, David Chapeau, Christian Munier, Jacques Depeyre, Florent Deleflie, ...), ainsi que les membres de l'Association *NOVÆ* (D. Gaffé, I. Giusti, Y. Roudier, J.P. Tonziello, E. Roux, A. Daver, Ph. Bayeux) pour leur aide efficace.

Les auteurs s'excusent par avance pour les oublis toujours inévitables dans la liste ci-dessus.

## Les CHERCHEURS ETRANGERS à l'OCA en 2003

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

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

Nous publions ci-dessous la liste des chercheurs étrangers accueillis à l'OCA pendant l'année 2003 pour un séjour supérieur à 15 jours. Pour chacun des trois départements scientifiques qui constituent l'OCA, cette liste donne l'origine géographique du chercheur invité, la durée de son séjour et la recherche développée.

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

### Au département CERGA :

### Au département Cassini :

BARMAN Travis	1 mois – Poste vacant d'astronome
Etats-Unis	Transfert radiatif, atmosphère naines brunes.
BAYAZITOV Ural	1 mois – Poste Enseignement Supérieur
CEI	Atmosphères stellaires.
BLANK Mikhail	6 semaines – Poste Enseignement Supérieur
CEI	Turbulence et Systèmes dynamiques.
BOTTKE William	3 semaines – Poste vacant d'astronome
Etats-Unis	Morbidelli.
CARBONE Vincenzo	1 mois – Poste vacant d'astronome
Italie	Intermittence en MHD compressible.
HASSLACHER Brossl	6 semaines – Poste Enseignement Supérieur
Etats-Unis	nanotubes et physique des hautes énergies.
LANOTTE Alexandra	5 semaines – Poste vacant d'astronome
Italie	Diffusion accéléré d'un polluant par la turbulence.
LEGA Jocelyn	1 mois – PICS CNRS/NSF
Etats-Unis	Hydrodynamique des colonies de bactéries.
MOLCHAN Georg	4 mois – Poste Enseignement Supérieur
CEI	Probabilités géophysiques.
PINDOR Marciej	3 semaines – Poste vacant d'astronome
Pologne	Approximants de padé multipoints.

PODVIGUINA Olga CEI	3 mois – Poste Enseignement Supérieur Champs magnétiques.
SHANDARIN Sergey CEI	3 mois – Poste Enseignement Supérieur Cosmologie.
SORRISO-VALVO Luca Italie	1 mois – Poste vacant d’astronome Statistiques du champ magnétique dans les héliogrammes solaires.
VOKROUHLICKY David Tchéquie	1 mois – Poste vacant d’astronome NEAs et famille d’astéroïdes.
ZHELIGOVSKI Vladimir CEI	3 mois – Poste Enseignement Supérieur Champs magnétiques.

Au département Fresnel :

ABIA C. Espagne	1 mois – Poste vacant d’astronome Abondances dans les étoiles carbonnées extragalactiques.
FOKIN Andrei CEI	5 mois – Poste vacant d’astronome Pulsations non linéaires dans les étoiles $\beta$ -Céphéides
JANKOV Slobodan Serbie	4 mois – Poste vacant d’astronome Structures photosphériques d’étoiles chaudes par imagerie Doppler.
RECIO-BLANCO Alejandra Italie	1 mois – Poste vacant d’astronome Préparation à la mission GAIA.
TSARESKY G. Australie	2 semaines – Invitation du laboratoire / PNPS Recherche de microquasars.

## Le PROGRAMME HENRI POINCARÉ

de l'Observatoire de la Côte d'Azur

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

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

Les membres du CPOCA ont été renouvelés au cours de l'année 2000. Ont été alors élus MM. B. Gladman, E. Slezak, F. Vakili et M. Vergassola, et nommés MM. A. Brillet et P. Exertier. MM. B. Gladman, F. Vakili et M. Vergassola ayant rejoints d'autres instituts de recherche fin 2002, ils ont été remplacés début 2003 par MM. A. Morbidelli, P. de Laverny et T. Passot.

Le Comité Henri Poincaré avait également été renouvelé en 2001. Mme A.-M. LAGRANGE qui y représentait l'INSU lors des sessions des années 2001 et 2002 a souhaité s'en retirer suite à ses nouvelles fonctions de directrice adjointe de l'INSU pour l'astronomie et l'astrophysique. Elle a été remplacée par M. M. Giard, chargé de mission à l'INSU. Pour la délibération de l'année 2003, la composition du comité Henri Poincaré était donc la suivante :

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

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

### Attribution des bourses 2004–2005

Pour l'année 2003–2004, le CPOCA s'est réuni le 12 février 2004 pour étudier l'ensemble des dossiers. L'examen des candidatures a montré que la tendance des années précédentes est confirmée, à savoir un nombre stabilisée de candidatures à un peu plus d'une quinzaine et une qualité moyenne des dossiers plus que satisfaisante avec toujours près des trois-quarts des candidats d'excellent niveau. Rappelons par ailleurs que ces mêmes candidats déposent souvent plusieurs demandes auprès de différents instituts et retiennent le plus avantageux, notamment en terme de durée. Avec seulement une année, l'OCA est à ce titre peu concurrentiel, surtout depuis l'augmentation très sensible de l'offre, en particulier dans le monde anglo-saxon. Toujours est-il que pour éviter d'avoir à gérer les difficultés inhérentes à un désistement tardif, le CPOCA se renseigne sur la probabilité

que le candidat choisisse en priorité l'OCA avant d'effectuer un classement définitif. Cela n'est malheureusement pas toujours suffisant.

Après délibérations, le comité Henri Poincaré a confirmé la liste de sept noms proposée par le CPOCA avec aux quatre premières places :

1) Alejandra Recio-Blanco, de nationalité espagnole (Ph.D. en 2003). Experte dans l'analyse et l'interprétation des données en photométrie et spectroscopie à haute résolution, elle souhaite développer une procédure automatique qui analysera les millions de spectres collectés par les instruments de nouvelle génération comme VLT/*Flames* afin de contraindre la formation et l'évolution de la Voie Lactée par la chimie des étoiles.

2) Lisbeth Fogh-Olsen, de nationalité danoise (Ph.D. en 2000). Élément moteur dans l'identification et la caractérisation des amas de galaxies au sein de l'*ESO Imaging Survey*, tant au niveau de la construction contrôlée des listes de candidats qu'à celui des suivis observationnels, son programme de recherche concerne les biais affectant la détection dans le domaine optique de ces amas. Il s'insère parfaitement dans les objectifs de l'équipe du département Cassiopée engagée dans l'exploitation des données du relevé *Wide Synoptic* du CFHTLS, une priorité de la communauté.

3) Frank Przygodda, de nationalité allemande (Ph.D. en 2004). Ses compétences dans l'instrumentation interférométrique et l'étude en spectroscopie IR d'étoiles T *Tauri* lui permettent de proposer un programme très bien défini sur la mise au point de l'instrument APreS-MIDI du VLTI, un des projets phares du département Gémini.

4) David O'Brien, de nationalité américaine (Ph.D. en 2004). Le succès remarquable de son calcul analytique de la distribution de la taille des astéroïdes à l'équilibre lui permet de viser maintenant la réconciliation des distributions observées pour les objets de la ceinture principale et pour les géo-croiseurs, un thème sur lequel des interactions fortes avec l'équipe de planétologie de l'OCA sont possibles.

Mme L. FOGH-OLSEN a accepté l'offre qui lui a été faite. Mlle A. RECIO-BLANCO vient elle d'y renoncer pour accepter une bourse ESA facilement reconductible, mais toujours pour venir à l'OCA avec le même sujet de recherche. Le troisième candidat étant également parvenu à obtenir un financement pour rejoindre notre institut, la bourse ainsi libérée a donc été proposée au quatrième des sélectionnés ; il a accepté cette proposition tardive et devrait être présent à l'OCA à compter de janvier prochain.

## Compte-rendu des bourses 2002–2003

La démission fin 2002 d'un des deux lauréats du programme 2002–2003, M. R. HUESO, n'a pas permis de trouver un candidat de qualité encore disponible. Le financement ainsi dégagé a donc été utilisé pour inviter certains des chercheurs recensés dans les pages précédentes. Il en découle également que seul le résumé des travaux effectués par M. A. SOBOLEVSKI au cours de son séjour à l'OCA vous est présenté ci-après.

# Programme Henri Poincaré 2003

Rapport : A. Sobolevskii

I stayed as an Henri Poincaré postdoctoral fellow at the *Observatoire de la Côte d'Azur* in Nice during one year, from January to December 2003. Most of the scientific work during this period was performed in the group of Uriel Frisch. The main results have been obtained in two fields: application of convex optimization methods to a problem of cosmological reconstruction and discovery of a blow-up phenomenon in a class of Burgers-type model equations in an unbounded domain.

Here is a brief overview of the scientific results obtained.

## OPTIMIZATION METHODS IN COSMOLOGICAL RECONSTRUCTION.

The present cosmological mass density field, inferred from the 3D distribution of luminous matter up to certain forms of bias, contains significant information on the past dynamical evolution of matter; extracting this information is the task of cosmological reconstruction.

Together with U. Frisch, M. Hénon and R. Mohayaee of OCA and S. Matarrese of the University of Padova we showed that the field of displacements of mass elements from their positions at decoupling epoch, when the Universe was quasi-uniform, to the present highly clustered structure can be reconstructed on scales above  $6h^{-1}$  Mpc by a variational technique involving minimization of a geometric functional (mean square displacement). This work, started in 2001, led during this year to implementation and publication of an efficient Monge–Ampère–Kantorovich (MAK) method of reconstruction [1, 2]. In collaboration with Y. Brenier and G. Loeper from UNSA we proposed an extension of this method to smaller scales at which the full Euler–Poisson dynamics must be used [2].

It is interesting to note that this work is essentially an application of concepts and techniques of the theory of Burgers turbulence, which for several years has been the field of expertise of U. Frisch's group in OCA, as well as of myself, before we started this collaboration.

## BLOW-UP PHENOMENON IN THE BURGERS EQUATION IN UNBOUNDED DOMAINS.

Statistical theory of the Burgers turbulence relies on the existence of a statistical steady state, where dissipation in shocks is balanced by external large-scale forcing. So far, mathematically rigorous proofs of existence of such steady state have depended on boundedness of the spatial domain.

Together with a frequent visitor of the Observatory, K. Khanin from the Isaac Newton Institute for mathematical sciences (Cambridge), and D. Khmelëv from the university of Toronto we discovered an obstacle to generalization of these arguments to the unbounded case [3, 4]: a moderate forcing (for which the force as well as the potential are uniformly bounded) can actually cause a blow-up in a solution to the Burgers equation, accelerating Burgers fluid particles indefinitely, so that the solution cannot be extended beyond a fixed

moment of time.

This example, being highly non-generic, does not preclude the existence of a statistical steady state (in the “almost sure” sense of the probability theory). However, a general existence theorem should account for this difficulty, which was not obvious before this work.

#### GEOMETRIC SEARCH ALGORITHMS FOR COMBINATORIAL OPTIMIZATION.

Numerical resolution of optimization problems arising in the MAK method of cosmological reconstruction depends on a special geometric form of the assignment problem in combinatorial optimization: given two sets of points in Euclidean space, find a one-to-one matching between them that minimizes the mean square distance between paired points of the two sets. This problem arises in a number of other fields, including astronomical image processing, initialization procedures of cosmological  $N$ -body codes and numerical modelling of incompressible fluids.

Finding an effective implementation of the geometric search needed for such matching is, in its own right, an interesting problem of computational geometry. In the MAK reconstruction, we use a very simple and fast procedure, due to M. Hénon, which exploits both the regular structure of the point sets and the fact that optimally matched points are a priori known to lie within a bounded distance from each other. Building on Hénon’s work, I was able to develop a new algorithm, which achieves comparable speed, but is free of these hypotheses on the structure of input data and thus universal [5].

Apart from “real” research, but still pertaining to the list of scientific activities, is my assistance to C. Benoist with the Russian archaeological literature on the Oulugh-Beg Observatory in medieval Samarkand, including fetching photocopies of T. Kary-Niyazov’s and V. Shishkin’s monographs from Moscow libraries and reviewing these and other publications.

Besides this I was, together with U. Frisch and R. Mohayaee, an organizer of a Non-linear Cosmology Program, held under the auspices of the French *Programme National de Cosmologie* at OCA from May 15 to September 15, 2003. The programme was “devoted to questions in cosmology for which the use of recent advances in nonlinear dynamics is expected to play a crucial role” (see <http://www.obs-nice.fr/cosmo.html>). 37 participants, including 19 foreign, gathered in Nice to attend two workshops held in July in August; several participants had stays extending to 1 or 3 months. More details as well as assessments of B. Tully (Hawaii) and R. Juszkiewicz (Warsaw), who participated in the program, can be found at [http://www.obs-nice.fr/etc7/cosmo\\_bilan.pdf](http://www.obs-nice.fr/etc7/cosmo_bilan.pdf).

I should also mention that, together with colleagues at the Observatory, I contributed to the project of the computational meso-centre SIGAMM recently submitted to CNRS and the PACA region.

Research performed during the postdoctoral stay led to publication of three papers in refereed journals [1, 2, 3] and one in the volume [4]. The results have been presented in talks at a workshop held at the Erwin Schrödinger Institute (Vienna), at the A.N. Kolmogorov Centennial conference at M.V. Lomonosov Moscow State University (both in my own talk and in the plenary lecture of U. Frisch), and at the workshop “Optimal transportation and nonlinear dynamics” at the Pacific Institute for Mathematical Studies (Vancouver).

Finally I should mention that during my stay in the Observatory there was much

fruitful scientific discussion with local colleagues and visitors, including Jérémie Bec, Christophe Benoist, Misha Blank, Peter Coles, Stephane Colombi, Uriel and Hélène Frisch, Wilfrid Gangbo, Sergei Gurbatov, Michel Hénon, Roman Juskiewicz, Kostya Khanin, Yevgeny Kuznetsov, Takeshi Matsumoto, Roya Mohayaee, George Molchan, José Pacheco, Sébastien Peirani, Olga Podvigina, Sergei Shandarin and Vlad Zheligovsky, and with Yann Brenier and Gregoire Loeper from *Laboratoire J.A. Dieudonné* of the University of Nice–Sophia–Antipolis.

## References

- [1] Mohayaee R., Frisch U., Matarrese S., Sobolevskii A. Reconstruction of the primordial Universe by a Monge–Ampère–Kantorovich optimisation scheme. *Astron. Astrophys.* **406** (2003) 393–401.
- [2] Brenier Y., Frisch U., Hénon M., Loeper G., Matarrese S., Mohayaee R., Sobolevskii A. Reconstruction of the early Universe as a convex optimization problem. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **346** (2003) 501–524.
- [3] Khanin K., Khmelev D., Sobolevskii A. On velocities of Lagrangian minimizers. *Moscow Math. J.* (2003), to appear.
- [4] Khanin K., Khmelëv D., Sobolevskii A. A blow-up phenomenon in the Hamilton–Jacobi equation in an unbounded domain. To appear in “Idempotent Mathematics and Mathematical Physics,” vol. 341 of *Contemporary Mathematics*, American Mathematical Society, Providence, 2004.
- [5] Sobolevskii A. Fast Euclidean bipartite matching using priced  $k$ - $d$  trees. 2003, in preparation.



**Les ACTIVITÉS de l'ADION**



Nice, le 15 novembre 2002

### PROGRAMME POUR L'ANNÉE 2003

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

l'ADION et le directeur de l'OCA décident d'arrêter comme suit le programme des activités de l'ADION concernant l'Observatoire de la Côte d'Azur pour l'année 2003.

- 1) L'ADION assure la diffusion d'un bulletin en France et à l'étranger qui présente les activités de l'ADION et quelques points forts de l'activité scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Le Secrétaire Général de l'ADION, E. SLEZAK, coordonnera le bulletin n° 37 à paraître en décembre 2003.
- 2) L'ADION, par l'intermédiaire de son Président, H. SCHOLL, décerne une médaille annuelle qui honore un scientifique dont les travaux ont eu un impact significatif sur les activités de recherche menées à l'Observatoire de la Côte d'Azur. Les lauréats de la médaille sont Mme Geller, Harvard University, (2002), et Mr. Weiss, Massachusetts Institute of Technology, (2003). Vu l'emploi du temps de Mme Geller, la médaille lui sera remise au printemps 2003.
- 3) L'ADION contribue à l'accueil des chercheurs étrangers séjournant à l'Observatoire de la Côte d'Azur pour des visites de toutes durées. Cette activité est coordonnée par la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD.
- 4) L'ADION assure des tâches de gestion de contrats, conventions, subventions passés par des organismes divers avec l'Observatoire de la Côte d'Azur. Cette action est confiée à la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD.



Hans SCHOLL  
Président de l'ADION

Jacques COLIN  
Directeur de l'OCA

Nice, le 15 novembre 2002

### DEMANDE FINANCIÈRE POUR L'ANNÉE 2003

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

vu le programme d'activités établi pour l'année 2003 entre l'ADION et le directeur de l'OCA,

l'ADION sollicite une contribution financière de 2 800 euros TTC de la part de l'Observatoire de la Côte d'Azur afin de réaliser ce programme dont le détail est rappelé ci-après.

- 1) L'ADION assure la diffusion d'un bulletin en France et à l'étranger qui présente les activités de l'ADION et quelques points forts de l'activité scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Le Secrétaire Général de l'ADION, E. SLEZAK, coordonnera le bulletin n° 37 à paraître en décembre 2003. L'ADION sollicite l'Observatoire pour qu'une participation d'environ 1 400 euros aux frais d'édition lui soit octroyée.
- 2) L'ADION, par l'intermédiaire de son Président, H. SCHOLL, décerne une médaille annuelle qui honore un scientifique dont les travaux ont eu un impact significatif sur les activités de recherche menées à l'Observatoire de la Côte d'Azur. Une somme de 1 400 euros est demandée à l'Observatoire de la Côte d'Azur comme participation aux frais d'invitation du lauréat à l'Observatoire.
- 3) L'ADION contribue à l'accueil des chercheurs étrangers séjournant à l'Observatoire de la Côte d'Azur pour des visites de toutes durées. Cette activité est coordonnée par la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD. Aucune aide financière n'est demandée à l'Observatoire pour cette action en 2003.
- 4) L'ADION assure des tâches de gestion de contrats, conventions, subventions passés par des organismes divers avec l'Observatoire de la Côte d'Azur. Cette action est confiée à la Trésorière de l'ADION, C. RENAUD. Aucune aide financière n'est demandée à l'Observatoire pour cette action en 2003.



Hans SCHOLL  
Président de l'ADION

**Procès-verbal de l'Assemblée Générale statutaire**  
**du 22 juillet 2004**

La séance commence à 14h00 dans la salle de réunion (NEF) du CION sur le site de Nice.

*Membres présents* (10):

Mmes et MM. Benest D., Berthomieu G., Colin J., Froeschle Ch., Noullez A., Provost J., Renaud C., Scholl H., Slezak E., Thorel J.-C.

*Ont donné procuration* (0):

Conformément aux statuts de l'ADION, l'assemblée générale se tient avant le mois de Septembre avec un préavis d'au moins une semaine ; aucun quorum sur le nombre de membres présents n'est requis. Rappelons par ailleurs que la Préfecture demande que le rapport financier de l'association lui parvienne avant la fin de l'été.

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

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

Ce rapport moral se veut une présentation synthétique des activités de l'ADION au cours de l'année 2003. La plupart de ces activités sont réalisées dans le cadre de la convention annuelle passée entre l'ADION et l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), convention qui stipule que les activités de l'ADION sont étendues à l'Observatoire de la Côte d'Azur afin de faire mieux connaître l'OCA et ainsi de contribuer à son rayonnement international, national et régional. Pour cela, un programme d'actions concertées est défini entre l'ADION et l'OCA prévoyant une participation de l'OCA aux frais d'édition du bulletin de l'association, à l'invitation du lauréat de la Médaille de l'ADION, à l'attribution du Prix de l'ADION et éventuellement à l'accueil des chercheurs étrangers. Cette subvention est versée s'il y a lieu par l'OCA sous forme de prestations de services facturées.

**I.1. Bulletin de l'ADION**

Afin de faire connaître ses activités, l'ADION édite normalement chaque année un bulletin sous la responsabilité de son secrétaire général. Ce bulletin est tiré à 200 exemplaires et distribué non seulement aux adhérents mais aussi : aux collectivités régionales, départementales et locales (Région, Département, Ville de Nice et Ville de Grasse) ; à tous les membres extérieurs des conseils d'administration et scientifique de l'OCA ; à ses instances scientifiques (CNRS, MEN, Rectorat, Université, ...) ; et aux bibliothèques des observatoires et instituts nationaux relevant de l'astronomie. Le numéro 37 du bulletin consacré à l'année 2003 n'est pas encore publié. Sa parution a pris du retard suite aux délais successifs accordés à deux des chercheurs sollicités chacun pour une contribution. Il apparaît aujourd'hui que cela a malheureusement été en pure perte et le corps de ce futur numéro du bulletin de l'ADION s'en trouve appauvri d'autant. Au-delà, ces circonstances montrent si besoin était que l'intérêt que soulève le bulletin et à travers lui l'association n'est aujourd'hui plus suffisant pour mobiliser les énergies. Il semble donc judicieux de réfléchir aux orientations possibles pour dynamiser l'ADION et à la forme que pourrait prendre le bulletin à l'avenir (diffusion électronique, accès par la toile au sommaire seul, contenu élargi aux thèses en cours, traduction partielle en anglais, articulation avec le service de la communication de l'OCA, mise en place d'un comité éditorial, etc.). Pour l'heure, ce numéro en train d'être finalisé comprendra *de facto* un seul article décrivant la manière de reproduire avec succès la fragmentation des astéroïdes lors des collisions mutuelles entre objets ainsi que l'impact de ce processus sur la formation des familles d'astéroïdes, et le compte-rendu des actions menées à l'OCA lors du passage de la planète Mercure devant le Soleil en mai 2003.

Pour montrer la diversité des collaborations internationales des chercheurs de l'OCA, ce bulletin consacre à nouveau une partie de son sommaire à leurs collègues étrangers ayant séjourné à l'OCA. De fait, au cours de l'année 2003, plus de vingt visiteurs étrangers ont effectué un séjour de plus de deux semaines à l'OCA sur des sujets très variés comme la liste fournie l'indique. Parmi les boursiers post-doctoraux une place de choix est habituellement réservée aux bénéficiaires des bourses "Henri Poincaré", bourses attribuées à l'OCA et co-financées par nos instances de tutelle (CNRS) et le Conseil Général des Alpes-Maritimes. L'un des deux lauréats s'étant désisté après sa prise de fonction sans qu'il soit possible de lui trouver un remplaçant, seul est présenté le rapport scientifique de A. Sobolevski sur l'application des méthodes d'optimisation convexe à la reconstruction des trajectoires en cosmologie d'une part et sur le comportement de l'équation de Burgers d'autre part. Le bulletin fait aussi traditionnellement une part importante aux deux récompenses attribuées par l'ADION, la Médaille annuelle et le Prix. Les dernières récompenses attribuées sont détaillées ci-après.

### **I.2. La Médaille de l'ADION.**

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

Les lauréats de cette médaille pour les années 2001 et 2002 sont respectivement Mme M. GELLER, professeur à l'Université de Harvard (USA), pour ses résultats sur la distribution à grande échelle des galaxies, et M. R. WEISS, professeur émérite au *Massachusetts Institute of Technology* (USA), à l'origine des techniques d'interférométrie laser pour la détection des ondes gravitationnelles. Le bulletin donne un résumé de leurs travaux scientifiques respectifs. Compte-tenu des emplois du temps de chacun et des aléas liés aux circonstances conjoncturelles, les médailles leur ont été remises à l'automne 2003.

Le lauréat de la médaille 2003 est M. J. PEEBLES, professeur à l'Université de Princeton, mondialement connu pour ses travaux théoriques en cosmologie, en particulier sur l'origine et les propriétés statistiques de la distribution à grande échelle des galaxies, cela notamment par le biais d'un principe de moindre action permettant sous certaines hypothèses de reconstruire les trajectoires passées de ces objets et de déduire de cette histoire dynamique la distribution de masse sous-jacente.

### **I.3. Prix de l'ADION.**

Grâce à la convention signée entre l'ADION et l'OCA en 1989, l'ADION peut occasionnellement décerner un prix à des personnes civiles ou morales pour des travaux d'intérêt exceptionnel, effectués à titre bénévole au sein de l'Observatoire de la Côte d'Azur, notamment par des amateurs d'astronomie. Ce prix d'un montant de 800 euros a ainsi été remis en 2004 à MM. G. MORLET et M. SALAMAN pour leurs travaux sur la mesure CCD de couples stellaires à l'aide de l'équatorial de 50cm de l'Observatoire de Nice. La qualité de leur contribution, avec le développement de méthodes originales pour la sélection, la composition et la réduction des images acquises au cours de nombreuses missions d'observation, s'est vu ainsi justement récompensée à la satisfaction de tous.

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

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

- recrutement sur des postes temporairement vacants (détachement, départ à la retraite, ... ) ;
- obtention de postes spécifiques au CNRS ou au Ministère de l'Education Nationale ;

- contrats européens, accords bilatéraux, ... ;
- bourses post-doctorales du programme “Henri Poincaré”.

Pour faciliter l'accueil de ceux ayant de réelles difficultés à leur arrivée en France (ressources personnelles insuffisantes, monnaie non convertible, ...), l'ADION peut consentir des avances sur salaire. C'est toujours le poste budgétaire le plus important pour l'association ; le montant global des sommes avancées en 2003 s'est ainsi élevé à plus de 26500 euros..

### **I.5. Autres activités.**

#### *Programme Henri Poincaré.*

Depuis 1992 l'ADION peut participer au programme Henri Poincaré de l'OCA en couvrant, à partir de subventions exceptionnelles, certaines dépenses afférentes au programme telles que les frais de publicité éventuels et les frais de missions des membres du comité si besoin. Comme pour l'année 2002, cela n'a pas été le cas en 2003.

#### *Gestions diverses.*

Alors que par le passé l'ADION a géré à la demande quelques opérations internationales et réunions organisées par les membres de l'OCA, ceci n'est désormais plus possible. Les reliquats de ces contrats ont donc été résorbés ou sont sur le point de l'être.

### **I.6. Futur de l'ADION**

Comme indiqué par la Chambre Régionale des Comptes qui a examiné l'exécution du budget de l'OCA sur les dernières années, les nouvelles règles administratives qui permettent à l'institut plus de souplesse de gestion font que la délégation de certaines actions à l'ADION sont désormais injustifiées. Ceci joint au très petit nombre de cotisants réguliers et au non renouvellement des membres de l'ADION pose la question de l'évolution des missions de l'association afin de la redynamiser. Pour en discuter, une réunion avec le Comité de Direction est décidée d'un commun accord pour septembre.

### **I.7. Renouvellement du Conseil d'Administration de l'ADION**

Le mandat des membres du Conseil d'Administration de l'ADION arrive à échéance et le Président de l'association a donc sollicité des candidatures pour les neuf postes à pourvoir. Il apparaît toutefois que le nombre de candidats est inférieur au nombre d'élus à remplacer. Cet état de fait est à relier à l'absence de nouveaux cotisants et découle certainement pour partie du flou qui s'est peu à peu installé quant aux missions de l'ADION. Toujours est-il que les élections prévues pour ce jour ne peuvent se tenir. Il est donc décidé qu'elles se tiendront lors d'une assemblée générale extraordinaire à réunir avant la fin de l'année 2004, mais après la réunion désormais prévue avec la direction de l'OCA pour discuter de l'orientation future de l'ADION.

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

Les douze mois qui viennent de s'écouler ont d'abord vu la mise en place de la nouvelle structure ayant émergée des débats sur la restructuration de l'établissement, avec à la clef des laboratoires de recherche solides et une nouvelle direction de l'OCA s'appuyant sur deux directeurs adjoints, l'un pour les aspects instrumentaux et technologiques, l'autre pour les volets théorique et informatique. Le rapport du Comité National d'Évaluation est positif, avec bien sûr des recommandations — certaines ont déjà été suivies — pour nous renforcer dans les créneaux de l'enseignement, la diffusion des connaissances, la valorisation et l'international.

Un nouveau contrat quadriennal a également démarré autour de plusieurs projets importants s'appuyant sur les domaines d'expertise de l'OCA. Citons dans le désordre la détection des ondes gravitationnelles (VIRGO, LISA), l'innovation en métrologie laser et en temps-fréquence (environnement, vols satellitaires en formation), les développements instrumentaux en HRA accompagnant

le VLTI, les travaux en planétologie et les systèmes planétaires, les études sur la structure interne des étoiles et l'évolution stellaire, les activités fondamentales en hydrodynamique et en dynamique gravitationnelle (avec leur cortège de simulations lourdes), les recherches en cosmologie théorique et observationnelle, le projet GAIA.

L'accueil d'un mésocentre de calcul scientifique intensif mutualisant les moyens en simulation numérique de cinq laboratoires locaux dont l'OCA a été proposé au Ministère. Également à l'ordre du jour, la construction du nouveau bâtiment de recherche sur le site de Nice (elle devrait commencer au printemps 2005) et le développement sous contrôle du projet muséal.

Les derniers concours ont vu le recrutement de trois jeunes chercheurs dans l'établissement, cinq autres personnes déjà en poste étant par ailleurs arrivées au titre de la mobilité interne au CNRS (emplois NOEMI).

L'OCA a pour finir obtenu le financement de deux bourses de thèse par la région PACA, l'une à 100%, l'autre cofinancée.

### **III. Rapport financier de l'exercice 2003 présenté par C. Renaud, trésorière.**

Rappelons que les comptes sont désormais présentés selon les modalités du Plan Comptable Général.

Le compte de résultat de l'ADION est détaillé dans les deux premiers tableaux joints. Les recettes proviennent cette année pour l'essentiel des intérêts des sommes placées sur livret (rubrique produits financiers), seules 9 cotisations annuelles s'y ajoutant à hauteur de 15%. Les charges couvrent les frais de gestion courante (papeterie, Assemblée Générale, redevance de la télévision du Pavillon magnétique) ainsi que l'assurance souscrite auprès de la MAIF pour les réunions de nos membres. Les frais occasionnés par l'édition du bulletin 35-36 et la remise des médailles 2001 et 2002 n'ayant pas encore été couverts par l'OCA, le résultat comptable est pour l'heure négatif pour 5 128,24 euros.

Conformément à la présentation comptable adoptée depuis 2001, le poste budgétaire le plus important de l'ADION, à savoir les avances consenties pour leur installation aux chercheurs étrangers séjournant à l'OCA, apparaît seulement au niveau du bilan financier. Celui-ci est décrit par deux tableaux. Sous l'étiquette de l'actif, le premier dresse le bilan de ces avances et des différents comptes de trésorerie de l'ADION avec mention de la seule valeur d'achat des Sicav "CIC France" et des placements "CIC court terme". Il faut noter qu'un changement de logiciel informatique de la banque gérant les comptes a mis à jour un second compte-courant inactif depuis la fin des années soixante-dix avec un solde créditeur de 2 156,63 euros. Le second tableau présente ce qu'il est convenu d'appeler le passif, c'est-à-dire la ventilation de l'actif sur les différentes lignes d'activités, soit le fond de réserve ou dotation, le fond de roulement, le report du compte de résultat, et les sommes liées aux opérations internationales dont l'ADION assure encore la gestion. L'importance du fond de roulement se justifie afin d'allouer les sommes requises aux étrangers qui en font la demande.

Après avis favorable de la commissaire aux comptes, Mme G. Berthomieu, qui tient à souligner la qualité de travail effectué,

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

Le fond de réserve obligatoire de l'ADION, la dotation, doit statutairement être augmenté de 10% des intérêts des sommes placées, soit 114,45 euros, ainsi que du total des éventuelles cotisations pépétuelles perçues (aucune cette année). Le résultat comptable étant négatif, il est proposé de déduire du fond de roulement son montant additionné de l'augmentation de la dotation.

*L'augmentation du fond de réserve de 114,45 euros,  
la diminution du fond de roulement de 5242,69 euros,  
l'attribution des 2156,63 euros du compte CIC au fond de roulement  
sont adoptées à l'unanimité des présents.*

#### IV. Questions diverses.

Suite à l'achat d'un poste de télévision pour équiper le Pavillon Magnétique accueillant les visiteurs de l'OCA, l'ADION est redevable de la redevance associée depuis plusieurs années. Les membres présents sont d'accord pour demander à l'OCA le remboursement de cette charge.

Le remboursement par l'OCA de l'avance de 200 euros consentie à M. Pindor, décédé lors de son séjour, est également évoqué.

Il s'avère qu'un certain nombre des membres de l'OCA qui utilisent les services de l'ADION pour faciliter l'accueil des chercheurs étrangers qu'ils invitent ne sont pas membres de l'association. Il est décidé à l'unanimité que seuls les référents à jour de leur cotisation pourront prétendre pouvoir bénéficier de ces services. Un message précisant ces nouvelles modalités sera envoyé à toutes les personnes concernées à la rentrée septembre.

Lié à ce questionnement, il est décidé à l'unanimité que les personnes n'ayant plus cotisé à l'ADION depuis trois ans reçoivent un message leur annonçant qu'elles n'en seront officiellement plus membre à brève échéance.

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

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 16h30.



Hans SCHOLL  
Président de l'ADION



Eric SLEZAK  
Secrétaire de l'ADION

Pièces jointes : rapport financier.

## RAPPORT FINANCIER DE L'ADION ANNEE 2003

### 1- Compte de résultat :

Les deux 1<sup>er</sup> tableaux présentent les comptes correspondants.

- Pour les comptes de produits : cette année, les recettes de l'ADION proviennent uniquement des *cotisations* (9 cotisations + un soutien d'un membre permanent) et des intérêts des sommes versées sur le livret (*produits financiers*).

- Pour le compte de charges : les *frais de gestion courante* incluent la redevance télé, les frais de papeterie et d'assemblée générale. La *MAIF* figure explicitement.

*L'édition du bulletin* et la remise exceptionnelle de 2 *médailles* expliquent le résultat comptable négatif cette année qui devrait être compensé par un remboursement par l'OCA en 2004 et rendre positif le solde.

***Le résultat comptable est négatif : -5128,24 €.***

### 2- Bilan financier au 31/12/2003 :

Compte tenu de la présentation du plan comptable général, les opérations les plus importantes de l'association, avances aux chercheurs étrangers, apparaissent ici seulement au niveau de ce bilan. Elles sont assurées grâce au montant élevé du fond de roulement : cette année, 19 mois de chercheurs ont été assurés cette année pour un montant de 26529 €.

- Dans le 1<sup>er</sup> tableau, l'« actif », sont indiqués par ordre de liquidité croissante outre le bilan des créances chercheurs étrangers au 31 décembre, les comptes de trésorerie, sommes possédées par l'ADION et déposées sur différents comptes.

Pour le relevé de portefeuille, actions et parts « Sicav CIC France » et placements de trésorerie « CIC Court terme » la valeur mentionnée est la valeur d'achat.

Cette année la banque CIC gérant notre compte a modifié son système informatique et il est apparu un compte courant non répertorié dans les archives de l'ADION et jamais rappelé dans un quelconque relevé bancaire. Ce compte de solde de 2156,63 € daterait de la fin des années 70 d'après notre conseiller CIC.

- Dans le 2<sup>nd</sup> tableau, le « passif », classé par ordre d'exigibilité croissante, figure la répartition de ces sommes entre ses « obligations » soit : fonds de réserve-dotation, fonds de roulement et gestion des opérations internationales.

L'ADION assure la gestion de plusieurs opérations internationales: subvention Los Alamos, subvention de la fondation des Treilles, subvention INTAS... L'ADION participe aussi à la gestion du programme Henri Poincaré. Cette année l'ADION n'a pas été sollicité quant à ces opérations.

Le résultat négatif du compte de résultat de -5128,24 € y est reporté.

Compte tenu des statuts de l'association, l'ADION possède statutairement un fond de réserve obligatoire *la dotation* : celle-ci doit être augmentée chaque année des 10% statutaires prélevés sur les intérêts des sommes placées soit 114,45 €.

***Selon les statuts, nous vous demandons donc d'approuver l'attribution de 114,45 € à la dotation. Le reste, -5242,69 € étant déduit du fond de roulement.***

***Nous vous demandons aussi d'approuver l'attribution des 2156,63 € du compte CIC réapparu cette année au fond de roulement.***

La Trésorière  
Catherine Renaud

## ADION - 2003

### Compte de résultat de l'exercice

#### comptes de produits

756	Cotisations	200,00
76	Produits financiers	1 144,53
		1 344,53

#### compte de charges

65	Charges de gestion courante	318,50
616	Assurance M.A.I.F.	85,50
623	Edition du bulletin	1756,50
62	Médailles (2) ADION	4312,27
		6472,77

*Résultat comptable de l'exercice* -5128,24

### Bilan financier

#### Actif

467	Créances (Avances chercheurs étrangers)	1 424,94
503	CIC France	6 820,41
503	CIC Court Terme	7 887,67
514	Compte Courant Postal	528,73
512	Banque: compte CIC (804)	2156,63
512	Banque: compte courant CIC (802)	14 798,10
517	Compte sur livret	29 181,66
530	Caisse	74,83
	<i>Bilan</i>	62 872,97

#### Passif

1063	Fonds de Réserve-Dotation	9 724,74
106	Fonds de roulement	41 817,69
129	Résultat comptable de l'exercice	-5 128,24
467	Opérations internationales	16 458,78
	<i>Bilan</i>	62 872,97



**La MÉDAILLE de l'ADION**



## Comité de la Médaille de l'ADION

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

Le Comité de la Médaille 2003 était constitué des personnalités suivantes :

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

\*\*\*\*\*

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

La cérémonie de remise de la Médaille 2001 à Mme. M. GELLER s'est déroulée le 3 septembre 2003. Pour mémoire, le résumé de ses travaux de recherche vous est redonné ci-après.

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

La cérémonie de remise de la Médaille 2002 à M. R. WEISS a eu lieu le 23 octobre 2003. Pour mémoire, le résumé de ses travaux de recherche vous est redonné ci-après.

\*\*\*\*\*

### Attribution de la Médaille de l'ADION 2003 à M. P.J.E. Peebles

Le comité de la Médaille a décerné la Médaille 2003 à M. P.J.E.. PEEBLES, professeur à l'université de Princeton (USA). Elle devrait lui être remise début septembre 2004. Un résumé de ses travaux de recherche vous est proposé ci-après.

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

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

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

1991	Yoji OSAKI
1992	François RODDIER
1993	Robert KRAICHNAN
1994	Charles TOWNES
1995	Vladimir ARNOLD
1996	Eugene PARKER
1997	Michael PERRYMAN
1998	Michel MAYOR
1999	N'a pas été attribuée
2000	Wojteck DZIEMBOWSKI
2001	Margaret GELLER
2002	Reiner WEISS
2003	P. Jim E. PEEBLES

## La médaillée 2001 : Margaret GELLER

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

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

## Le médaillé 2002 : Rainer WEISS

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

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

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

## Le médaillé 2003 : Philip James Edwin PEEBLES

En plus de quarante ans, P.J.E. PEEBLES, professeur à l'université de Princeton (USA), a donné une longue liste de contributions fondamentales dans le domaine de la cosmologie, depuis la prévision de l'existence d'un fond de rayonnement micro-onde comme trace fossile de l'Univers très chaud et dense des débuts, au rôle que devait jouer la matière noire pour stabiliser le disque des galaxies spirales, en passant par de nombreux travaux sur l'origine et les propriétés statistiques de la distribution à grande échelle des galaxies dans l'Univers.

Dans cette dernière catégorie, un de ses apports essentiels a été les prémices d'une procédure pour reconstruire l'orbite passée des galaxies, à savoir la méthode de moindre action. Commencé en 1989, ce travail a ouvert le champ à la reconstruction de l'histoire dynamique de l'Univers. La procédure de PEEBLES pose cette reconstruction des orbites comme un problème de conditions aux limites mêlées pour lequel des solutions peuvent être trouvées si des hypothèses sont faites sur l'état initial. Si assez de données sur les positions et vitesses actuelles des galaxies sont fournies, alors le problème est suffisamment contraint pour qu'un modèle fiable de la distribution de masse sous-jacente puisse être construit. La méthode a l'avantage d'être applicable dans les régimes fortement non-linéaires.

Par l'application de cette méthode de moindre action, tout d'abord aux galaxies du Groupe Local puis à celles du Superamas Local, PEEBLES a conclu que la densité moyenne de matière dans l'Univers était nettement en-deçà de la valeur critique requise pour le clore. À l'époque, ce résultat n'a pas reçu d'écho favorable dans la mesure où il rejetait le modèle d'Einstein – de Sitter communément admis. Ce n'est que dans les cinq dernières années que l'accumulation des preuves observationnelles conduisit à admettre la véracité de l'énoncé initial de PEEBLES.

---

Over 40 years, P.J.E. PEEBLES has made a long list of fundamental contributions to the study of cosmology, from prediction of the existence of the microwave background radiation as a relic of the hot young universe, through the anticipation of dark matter as a way to stabilize the structure of disk galaxies, to many papers on the properties and origin of the large scale structure of the universe.

In this latter category, one of his seminal contributions was the outline of a procedure for the reconstruction of galaxy orbits, which is known as the Least Action or the Numerical Action Method. This work, started in 1989, gave rise to the field of reconstruction of the past dynamical history of the Universe. The Peebles procedure poses orbit reconstruction as a mixed boundary condition problem, allowing solutions to be found by making physical assumptions about the initial conditions. If enough information on the current three-dimensional positions and velocities of galaxies can be provided by observations then the problem becomes sufficiently overconstrained that a reliable model can be constructed of the underlying mass distribution. The method has the great advantage that it is applicable even in highly non-linear regimes.

Through application of the Numerical Action Method, first in the region of the Local group and later across the Local Supercluster, PEEBLES concluded that the mean matter density of the Universe must be well below the critical value required for closure. At the time, this result found disfavour because it was inconsistent with the then popular Einstein – de Sitter world model. Only in the last five years has the accumulation of evidence resulted in recognition that the early claims by PEEBLES about the mean matter density of the Universe were correct.

**Le PRIX de l'ADION**



## PRIX DE L'ADION 2004

Eloge des lauréats prononcé par

Jean-Claude Thorel

Invité Scientifique à l'O.C.A., Membre du C.A. de l'A.D.I.O.N.

Nice, le 14 mai 2004

Les équatoriaux de l'Observatoire de Nice ont permis de grandes découvertes : astéroïdes, comètes et de nombreuses étoiles doubles. C'est avec ces instruments que plus de 3500 binaires se sont révélées aux yeux perçants des principaux duplicistes français que sont Robert JONCKHEERE, Paul MULLER et Paul COUTEAU. Aujourd'hui encore, ces instruments permettent à des astronomes amateurs passionnés et sérieux, l'observation, la mesure et la découverte de couples stellaires, et depuis quelques années, le développement des mesures au moyen de CCD et de traitements informatiques.

Deux Membres de la Commission des Étoiles Doubles de la Société Astronomique de France, le parisien Guy MORLET et le savoyard Maurice SALAMAN, s'intéressent à ces nouvelles méthodes, allant jusqu'à créer leurs propres logiciels d'analyse d'images.

C'est en 1990 qu'ils commencent à s'intéresser à la mesure CCD de couples stellaires. Après des stages de formation, ils affinent leur technique et travaillent avec une caméra ST4 SBIG, puis une HiSiS 22, installées sur un télescope Schmidt-Cassegrain de 35cm.

En 1997, ils effectuent leur première mission à Nice, au 50 cm, sur lequel ils adaptent une caméra HiSiS 22. L'acquisition se fait à l'aide du logiciel QMIPS 32.

En 2000, ils utilisent une caméra HiSiS 23, munie d'un capteur plus sensible dans la plage des longueurs d'onde du visible, c'est-à-dire dans le domaine où l'optique de la lunette a sa meilleure correction. Ils emploient une méthode plus performante d'acquisition d'images (100 à 300 par couple), faite sans aucun tri avec le logiciel QMIPS 32. La sélection est faite ensuite hors coupole à l'aide d'un programme de leur conception qui permet de trier, les 10 à 30 meilleures images de chaque couple. Ces séries d'images sélectionnées sont ensuite compositées grâce à un programme également de leur conception.

En plus de leurs programmes de tri et d'addition d'images, ils mettent également au point un logiciel de réduction pour les mesures CCD d'étoiles doubles.

Leur dossier a retenu l'attention du Comité d'Administration de l'A.D.I.O.N. qui, à l'unanimité, leur a décerné le Prix de l'A.D.I.O.N. 2004. Avec René GILI, mon épouse et moi-même, cela fait cinq astronomes amateurs qui se voient récompensés par l'A.D.I.O.N. pour leurs travaux assidus à Nice et leurs publications sur les Étoiles Doubles. Cela montre l'intérêt que nous portent les Instances Dirigeantes de l'Observatoire de la Côte d'Azur, et nous les en remercions vivement.

Aujourd'hui, Guy et Maurice effectuent leur 13e mission à Nice; nous les félicitons et les accueillons chaleureusement, en leur souhaitant de belles nuits pour cette mission.

Je leur laisse la parole.



.....

BULLETIN D'ADHESION

NOM :

Prénoms :

Profession :

Adresse complète :

Je désire adhérer à l'A.D.I.O.N.

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

20 euros (cotisation annuelle)

200 euros (cotisation perpétuelle)

.....

Ce bulletin doit être adressé à :

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

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

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

---

(\*) Rayer les mentions inutiles.

.....

MEMBERSHIP FORM

NAME (Personal or Corporate) :

FIRST NAME :

PROFESSION :

FULL ADDRESS :

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

I enclose a cheque of :

20 euros (20 \$ US annual subscription)  
200 euros (200 \$ US life membership)

.....

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

This form should be sent to :

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

The cheque should be made payable to : ADION



