



Cote W269

# LABORATOIRE GEMINI

(Direction Scientifique concernée)

*ou*

(Département Scientifique concerné)

DS3

SDU

( Établissement )

OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR

**I - Structuration et moyens de l'unité faisant l'objet d'une demande de reconnaissance**

**I.1 - Caractéristiques de la demande de reconnaissance par le Ministère et éventuellement d'association d'une unité de recherche à un organisme.**

**Contractualisation / Année 2004**

- Établissement faisant cette demande : OCA..  à titre principal  à titre secondaire
- Autre(s) établissement(s) formulant également une demande pour la même unité :  \_\_\_\_\_  à titre principal  à titre secondaire  
 \_\_\_\_\_  à titre secondaire
- Unité rattachée à l'ED (N°, libellé) .....
- Participant à une structure fédérative (N° s'il existe, libellé).....

Type d'unité demandé	
Unité non associée à un organisme :	<input type="checkbox"/> EA équipe d'accueil <input type="checkbox"/> JE jeune équipe
1 - Unité associée à un organisme (mixte ou propre) : <i>Préciser le label demandé (cf. nomenclature des labels)</i>	<input type="checkbox"/> Unité avec ERT interne <input type="checkbox"/> Unité sans ERT interne
2 - Equipe de recherche technologique :	<input type="checkbox"/> ERT autonome <input type="checkbox"/> ERT interne (dossier spécifique) <i>préciser UR de rattachement :.....</i>

**Situation antérieure de l'unité (cocher, souligner le type de restructuration et lister dans le deuxième cas) :**

- nouvelle unité (création ex-nihilo)
- unité issue d'unités contractualisées ( renouvellement 1 UR, éclatement, fusion)

Type d'unité & numéro	Nom du responsable précédent	Libellé abrégé de l'unité	date dernière reconnaissance ou association

**- Intitulé complet de l'unité : .....**

**- Responsable :**

M. ; Mme	Nom	Prénom	Corps-Grade	Section du C.N.U. ou de l'organisme :
_M_	_EXERTIER_____	_____Pierre_____	_DR2_	_14_

**Adresses officielles de l'unité (coordonnées du responsable) :**

- Localisation : OCA site de Grasse
  - Établissement : Observatoire de la Côte d'Azur
  - Numéro, voie : avenue Copernic
  - Boîte postale : ..
  - Code Postal et Ville : ..06130 GRASSE
  - Téléphone : .04 93 40 53 86
  - Adresse électronique : ..pierre.exertier@obs-azur.fr
- Télécopie : 04 93 40 53 33

Partenaire(s) concerné(s) par la demande:						
3 - Instances d'expertise	D S Recherche universitaire (a) ou Départements (ou Directions) Scientifiques des Organismes associés			Secteurs disciplinaires de la DR -MSU ou Sections ou commissions d'évaluation des organismes associés		
	4 - Classées par ordre d'importance pour chaque ligne	DS principale	2 <sup>ème</sup> DS secondr.	3 <sup>ème</sup> DS secondr.	1 <sup>ère</sup> Section /Commiss.	2 <sup>ème</sup> Section /Commiss.
5 - Pour le ministère et pour le(s) organisme(s) (voir nomenclature)						
Ministère ( DR MSU)	DS3					
CNRS	14					
INSERM						
INRA						
INRIA						
CEA						
(b) Préciser autre.....						

(a) DS Recherche Universitaire : 7 Directions scientifiques de la recherche universitaire

(b) autre organisme à préciser

- Mots-clefs : | \_SOLEIL\_ | | \_ETOILES\_ | | \_SYSTEMES DE REFERENCE\_ | | \_INSTRUMENTATION\_ |  
cf. nomenclature | SYSTEME SOLAIRE\_ | | \_MECANIQUE CELESTE\_ | | \_\_\_\_\_ |

Date et signature du responsable de la demande :

Grasse, le 25 novembre 2002

P. EXERTIER



Partie à remplir par le responsable de l'établissement demandeur

Je donne mon accord à la présente demande

de reconnaissance

d'association

- Cocher selon l'objet de la demande ou des demandes-

d'une unité de recherche dans le cadre des dispositions générales et spécifiques au statut de l'unité.

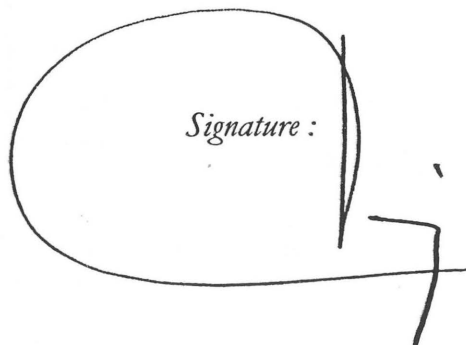
Sous réserve de l'accord de la direction de la recherche (MSU) et du directeur général de l'EPST ou de l'EPIC ,pour les demandes d'association, la direction de l'unité serait assurée par : M. EXERTIER.

Nom et Prénom du responsable de l'établissement demandeur : COLIN Jacques

Qualité : Directeur de l'OCA

Date : 25/11/02

Signature :



I.2 – Moyens matériels et financiers

I.2.1 - Ressources annuelles de l'unité au cours du contrat antérieur (en Euros)  
(hors des financements récurrents ou spécifiques du ministère et des organismes)

ORIGINE	Moyenne des 4 dernières années	Remarques éventuelles, sur l'évolution
Reversement BQR et Ressources supplémentaires provenant de l'établissement		
Ressources propres (contrats de recherche, prestations...)		
Collectivités territoriales		
Communauté européenne		
Fonds National pour la Science		
Fonds de la Recherche et de la Technologie		
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>		

I.2.2 - Besoin de financement de l'unité pour le prochain contrat

NATURE DES FINANCEMENTS 2004	2004	Préciser les autres organismes (si nécessaire)	
Crédits du Ministère Direction de la Recherche			
- Crédits de fonctionnement (1) y compris valorisation	50 000 €		
- Crédits d'équipement	110 000 €		
- Crédits de vacation	15 000 €		
<i>Sous Total Ministère Direction de la recherche</i>	175 000 €		
Crédits de l'organisme de tutelle et des autres organismes (2) éventuellement			
- Fonctionnement général (hors infrastructure)	100 000 €	.....	.....
- Infrastructure (convention d'hébergement, ...) (1)	.....	....	.....
- Opérations scientifiques	30 000 €	INSU	.....
- Programmes	20 000 €	INSU	.....
- Gros équipement			
<b>Sous Total organisme</b>	150 000 €		
Autres ressources [collectivités, contrats, subventions (autres que collectivités), autres contributions (dons)] attendues y compris CPER 2004	100 000 €	CNES	
<b>Total des ressources</b>	425 000 €		

Dans le dossier scientifique, la justification des besoins doit être présentée et éventuellement, la modulation de ces crédits au cours du contrat

Crédits attendus dans le cadre du CPER	Total 2004-2007	Remarques éventuelles
Part État	.....	
Part Collectivités locales	.....	
<b>Total</b>		

- (1) Les subventions du Ministère chargé de la recherche universitaire, versées au titre des infrastructures, sont globalisées sur l'établissement, on ne les fera pas figurer dans ce tableau. Par contre, les dépenses d'infrastructure supportées par l'organisme pour l'hébergement de l'unité seront isolées puisqu'elles sont affectées à une unité.
- (2) Préciser l'organisme qui finance (s'il y a plusieurs rattachements envisagés, porter les chiffres des autres organismes dans les colonnes de droite).

		Code établissement (n° RNE sur 9 caractères)	
		n° de dossier SIREDO de l'unité sur 9 caractères	
<b>I.2.3 - Liste des achats d'équipements souhaités ou programmés durant la période du contrat (2004-2007)</b>			
(Spécifier si les montants sont H.T. ou T.T.C.)			
Descriptif et nombre	Coût unitaires en euros	Sources de financements*	Montants correspondants en euros(1)
Équipement informatique (Astrophysique) : 2 ans, 2004, 2005)	30 000	D	
Renouvellement parc PC (60 postes environ):	2 000	D	120 000
Gravimètre Supra-Conducteur (Géodynamique)	175 000	D: INSU, CNES, autres (région, etc)	
Couple Récepteurs GPS (Géodésie)	30 000	D	
Bâtiment/Salle commune (DORAYSOL, MI-SOLFA et SODISM II) à Calern	30 000		
Véhicule de Service Grasse-Calern (DORAYSOL)	12 000		
Équipement Laboratoire (commun UMR)			
- télescope d'alignement type MAT	25 000		
Fonctionnement GIZT/Regain (sur 2 ans)	30 000		
projet APRES-MIDI (sur 2 ans)	15 000		
<b>Total</b>			470 000 H.T.
Les justifications pourront être apportées dans le dossier scientifique.			
* préciser si les financements sont Demandés ou Acquis.			
Faire apparaître les cofinancements prévus			
Préciser si l'équipe est associée à une demande de programme pluriformation (reporter l'intitulé de la demande) :			

(feuille1)

## I.3 - Ressources humaines

## I.3.1 - Liste nominative des enseignants-chercheurs statutaires prévue au 1/01/04

Nom, Prénom, (classer par établissement)	Date de Naissance (3)	Corps grade (1)	Section CNU	HDR (2)	Date d'arrivée dans l'unité (3)	Établis- sement d'af- fectation	Référence des 4 publications ma- jeures,... (4)	Emargement
BERRUYER Nicole	avr-44	ASTRA0	CNAP		janv-04	OCA		
BONNEAU Daniel	mars-49	ASTR1	CNAP	X	janv-04	OCA		
BONNEFOND Pascal	mai-65	ASTRAn	CNAP		janv-04	OCA		
CHADID-VERNIN Merièmè	oct-69	ASTRAn	CNAP		janv-04	OCA		
CHAPELLIER Eric	juil-53	ASTR2	CNAP		janv-04	OCA		
DELMAS Christian	avr-41	ASTR2	CNAP	X	janv-04	OCA		
GAY Jean	déc-37	ASTR1	CNAP	X	janv-04	OCA		
LOPEZ Bruno	févr-65	ASTRAn	CNAP		janv-04	OCA		
MATHIAS Philippe	mai-66	ASTRAn	CNAP		janv-04	OCA		
METRIS Gilles	août-63	ASTRAn	CNAP		janv-04	OCA		
MOURARD Denis	oct-62	ASTR2	CNAP	X	janv-04	OCA		
OBERTI Pascal	mai-57	ASTRAn	CNAP		janv-04	OCA		
RABBIA Yves	nov-45	ASTR1	CNAP		janv-04	OCA		
ROZELOT Jean-Pierre	déc-42	ASTR1	CNAP	X	janv-04	OCA		
VALTIER Jean-Claude	nov-45	ASTR1	CNAP	X	janv-04	OCA		
WALCH Jean-Jacques	mars-39	ASTR2	CNAP	X	janv-04	OCA		

Récapitulation globale	établisse- ment prin- cipal :	Établissements secondaires :		
		étabt 2 : .....	étabt 3 : .....	étabt 4 : .....
Effectif total	16			
dont HDR	7			

dont affectés dans un autre établissement que le principal et les secondaires

(1) Préciser : PR (PRHC, PR1, PR2), PUPH (PUPHC, PUPH1, PUPH2), MC (MCHC, MC1, MC2), MCUPH (MCUPHC, MCUPH1, MCUPH2)

(2) Cocher les enseignants chercheurs habilités à diriger des recherches

(3) Préciser le mois et l'année

(4) Préciser les numéros des Publications répertoriées dans les fiches II.2.1, II.2.2 pour les Communications avec actes, II.2.3 pour les conférences Invités,



					<i>l'unité sur 9 caractères</i>
			<b>I.3 - Ressources humaines</b>		
<b>I.3.4 - Liste nominative des ingénieurs, techniciens, administratifs et personnels ouvriers et de service (ITA / IATOS) au 01/10//2002</b>					
		(Classer cette liste par organisme d'appartenance : Ministère, CNRS, etc...)			
Nom, Prénom,	Date de Naissance	Corps grade	Quotité recherche (1)	Organisme d'appartenance (2)	Émargement
BERIO Philippe	janv-72	IR2	1	CNRS	
BRESSON Yves	avr-57	IE2	1	CNRS	
CHEVASSUT Jean-Louis	août-45	AI	1	CNRS	
CLAUSSE Jean-Michel	déc-55	IE2	1	CNRS	
CUOT Etienne	mai-47	AI	1	CNRS	
DUGUE Michel	déc-51	IR2	1	CNRS	
FALIN Jean-Louis	août-44	IRHC	1	CNRS	
FURIA Maurice	mai-53	IE1	1	CNRS	
HELMER Georges	avr-42	IE2	0,5	CNRS	
LAGARDE Stéphane	mars-67	IR2	1	CNRS	
LE CONTEL Danielle	août-47	IE2	1	CNRS	
MANGIN Jean-François	janv-42	IR1	1	CNRS	
MERLIN Guy	juil-46	IE2	1	CNRS	
ONETO Jean-Louis	oct-48	IE1	1	CNRS	
PARIS Jocelyn	nov-54	AI	1	CNRS	
PIERRON Francis	avr-49	IRHC	1	CNRS	
ROUSSEL Alain	janv-43	IE2	1	CNRS	
SAMAIN Etienne	août-66	IR2	1	CNRS	
SCHEIDECKER Jean-Paul	avr-43	IRHC	1	CNRS	
LAPLANCHE Maurice	févr-46	Géo.Princ,	1	IGN	
POLLAS Christian	Août-47	IE2	1	MEN	
ALBANESE Dominique	Mai-53	Tcn	1	MEN	
PIERRON Monique	juil-49	IE2	1	MEN	
ANTONELLI Pierre	juil-55	IR2	1	MEN	
BAUMONT Françoise	mai-45	IR1	1	MEN	
CLAUDON Pierre	juil-64	IE2	1	MEN	
DALLA-ZUANA Robert	juil-67	Tcn	1	MEN	
FERAUDY Dominique	mars-51	IE2	1	MEN	
JULIENNE Marie-Christine	sept-54	AJT2	1	MEN	

LAURAIN Olivier	avr-70	IE2	1	MEN	
MORAND Frédéric	août-68	IE2	1	MEN	
SCHNEIDER Jean-Louis	nov-41	AI	1	MEN	
SPANG Alain	mars-65	Tcn	1	MEN	
TORRE Jean-Marie	juil-54	IR2	1	MEN	
VIGOUROUX Gérard	sept-43	IEHC	1	MEN	
VIOT Hervé	déc-61	AI	1	MEN	
Récapitulation globale	Total 36	dont Enseignement supérieur : 16			dont organismes :
		Dt Etablisst Principal 35	Dt Etablissts Secondaires 1	dont effectifs MENRT Org.1 autres que de l'étabt prin- ..... cipal et des secondaires	Org. 2 ...
Effectif					
"+"pour information, effectifs ni Enseigt supérieur, ni organismes					
(1) partie du service pour l'unité. Exemples : 1 = temps complet, 0,5=mi-temps, etc...					
(2) Préciser l'organisme					



# Unité Mixte de Recherche GEMINI

*Le nom GEMINI symbolise un regroupement : recherche et instrumentation. Il indique une "identité spatiale", de nombreux projets présents et à venir étant menés avec le soutien du CNES, de l'Agence Spatiale Européenne, et de l'ESO.*

## 1 - Introduction

Le regroupement des équipes dans l'unité proposée repose sur la volonté de rapprocher des chercheurs et des ingénieurs impliqués dans des recherches instrumentales et observationnelles, et des méthodologies de projets dans deux domaines : la Haute Résolution Angulaire et les Métrologies de l'Espace et du Temps.

L'utilisation de ces techniques concerne d'une part les Physiques Stellaire, Solaire et Planétaire et d'autre part la Géodésie/Géodynamique, dans le cadre de programmes et d'équipes bénéficiant d'une large expertise en instrumentation, observations et modélisation. Ces programmes sont détaillés ci après.

Les thématiques concernées sont :

- l'étude des étoiles et de leur connexion avec l'environnement, du soleil et des planètes (sismologie pour la structure interne, imagerie haute dynamique et haute résolution angulaire pour les étoiles et les planètes, coronographie),
- la mécanique céleste/spatiale, la géodynamique et les géoréférentiels (espace, sol),
- la R et D métrologies du temps et de l'espace pour la géodésie et la navigation,
- la R et D en Haute Résolution Angulaire (HRA)

Nous faisons état des objectifs qui vont conduire ces prochaines années à divers résultats qui nous motivent, dans un cadre où l'expertise (instrumentale, observationnelle, de modélisation,...) élaborée ces dernières années constitue un héritage. Il s'agit en particulier de domaines frontières de l'observation, que sont la mesure de l'Espace-Temps et la Haute Résolution Angulaire (domaines soutenus par nos instances), domaines qui ne demandent qu'à continuer leur développement à condition de valoriser, sur le long terme, un certain nombre de métiers.

Nous présentons ce document sous la forme d'exposés scientifiques et techniques, synthèses des objectifs des deux "groupes" suivants : Géodésie et Métrologies du temps et de l'espace, Astrophysique Stellaire et HRA plus Physique Solaire et instrumentation (sol et espace).

Pour chaque groupe nous listons les personnels (parties scientifique et technique); ceci n'engage pas de façon précise les futures équipes et structures internes à l'UMR, éléments à discuter dans les mois qui viennent. Le groupe administratif n'apparaît pas, étant en cours de discussions à l'OCA.

## 2 - Opérations structurantes

*Programmes Pluri-Formations (PPF) :*

- en cours avec UMR Astrophysique de l'UNSA et future UMR OCA/Cassiopée
  - Imagerie (conduit par OCA, avec le laboratoire d'Astrophysique de l'UNSA)
  - Astérosismologie (conduit par l'UNSA, avec les laboratoires Gemini et Cassiopée)
- en cours avec Observatoire Géodésique de Tahiti
- en cours avec Géosciences Azur

*Formation de Recherche (FR) :*

- Possibilité (à étudier) à moyen terme avec laboratoire Astrophysique UNSA

## 3 - Budget schématique

La place du GRGS (Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale) est très importante dans la future UMR Gemini. En effet, le CNES, via le GRGS, soutient fortement l'activité instrumentale liée au spatial, ainsi que l'activité de recherche correspondante. Ces activités techniques et scientifiques, qui incluent depuis quelques années des campagnes d'observation avec un instrument mobile unique dans le monde, sont liées à l'altimétrie satellitaire, la géodésie (systèmes de référence et cinématique terrestre, champ de gravité et leurs variations temporelles), la physique fondamentale, la mécanique spatiale, ainsi qu'au transfert de temps et à la télémétrie laser.

Part CNRS	100 kEuros
Part Enseignement Supérieur.	175 kEuros
Contrats (2004-2007), par an :	
<b>Union Européenne (avec partenaires laboratoires en Europe) :</b>	
Géodésie	30 kEuros
Astrophysique	Soutien post-doc
<b>CNES et GRGS :</b>	
Projets Spatiaux	25 kEuros
Techniques Spatiales (laser, DORIS, T2L2)	45 kEuros
Haute Résolution Angulaire.	10 kEuros
<b>ESA :</b>	
Haute Résolution Angulaire	10 kEuros
<b>INSU et Programmes Nat</b>	
Haute Résolution Angulaire	50 kEuros
Géodésie/Métrologies espace-temps	15 kEuros

#### 4 - Organisation de la Direction de l'UMR

L'UMR Gemini fera partie intégrante de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), qui comprendra lui-même deux grands départements scientifiques et une Unité Mixte de Service (UMS), voir le schéma ci-après. L'un de ces deux départements comprendra les UMR Gemini et Artes, dernière UMR qui est fortement dans l'expérience Virgo de physique fondamentale avec une forte R&D laser et électro-optique.

L'UMR Gemini pourrait adopter un type de fonctionnement à l'image de ses richesses : premièrement la réunion de deux thèmes principaux de Géodésie/Métrologies et d'Astrophysique stellaire et solaire/HRA, deuxièmement une très forte composante liée à l'opération d'instruments et aux développements de projets et troisièmement la présence de personnels sur 3 sites très différents (Calern, Grasse et Nice).

Aussi, la direction scientifique serait constituée par le directeur de l'UMR, P.Exertier porteur du projet, qui s'associerait avec un directeur adjoint, D.Mourard qui a également été le porteur de ce projet pendant toute la période de restructuration de l'OCA. Ces deux profils sont très complémentaires d'un point de vue scientifique, l'un étant plutôt sur les domaines de la Géodésie et des Métrologies Espace et Temps, l'autre plutôt sur les domaines de l'Astrophysique et de l'Instrumentation (HRA); ils sont donc complémentaires aussi par leur implication dans des projets instrumentaux courants et à venir.

Table 1. Effectifs de GEMINI

	CNRS	ES	AUTRES	TOTAL
CHERCHEURS	8	16		24
IR	8	3		11
IT	11	13	1	25
ÉTUDIANTS EN THÈSES		6	2	8
TEMPORAIRES			1	1
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>69</b>

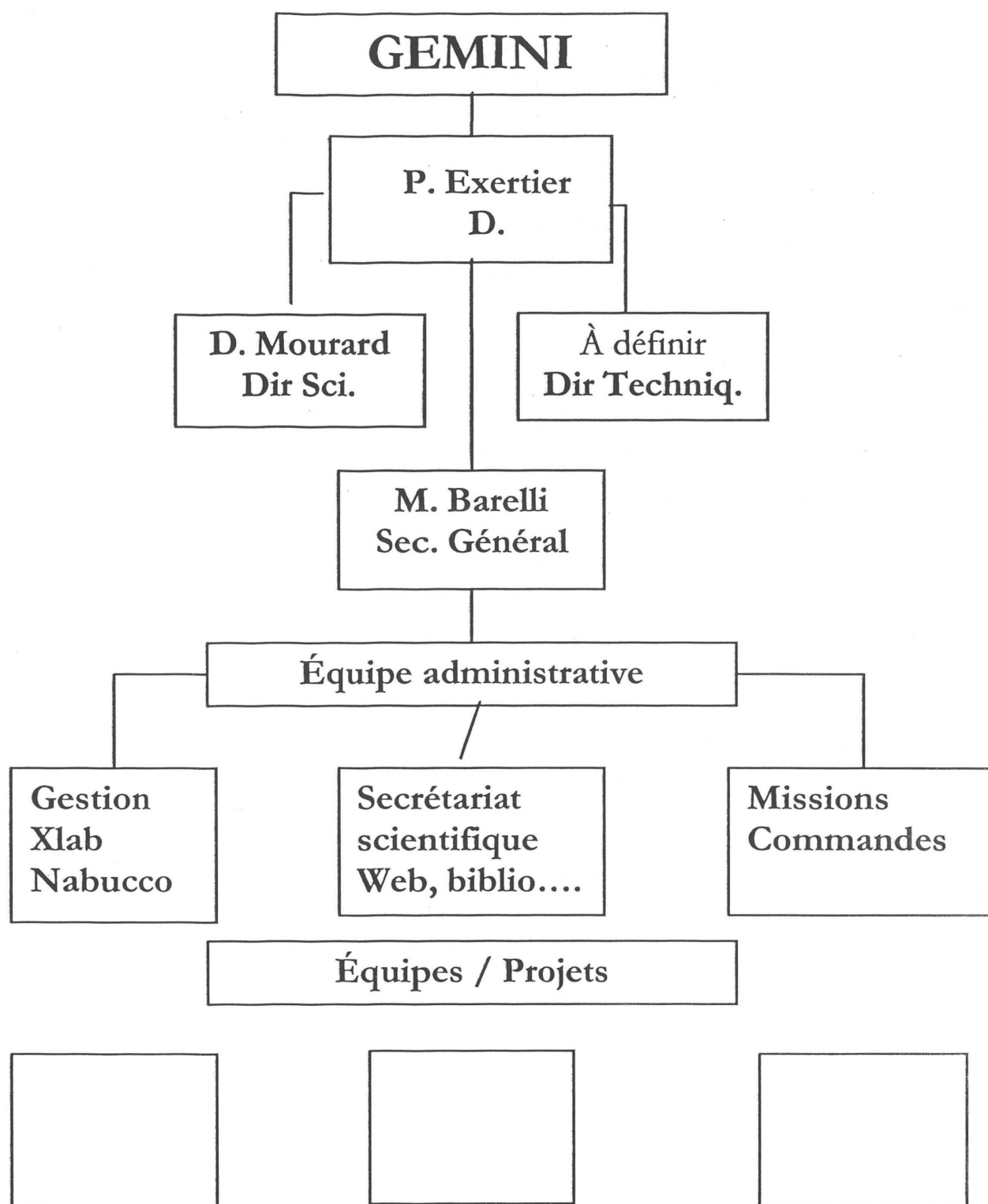
Cette direction scientifique pourrait être complétée par une direction technique en charge de la programmation et du suivi des projets techniques afin de favoriser une vue globale de l'activité instrumentale de type projet.

Ce noyau scientifique et technique serait aidé par un secrétariat général organisé autour d'un personnel niveau cadre A et d'une équipe administrative assurant les tâches de gestion globale, les tâches de secrétariat/gestion courante sur les différents sites ainsi qu'un soutien scientifique pour les deux secteurs différents Géodésie et Astrophysique. L'UMR devrait enfin élire son conseil scientifique et finalement définir une structure d'équipes et de projets (voir second schéma ci-après). La Table 1 donne une idée des effectifs prévus.

NB. Le personnel prévu pour l'encadrement administratif de l'UMR sera affecté ultérieurement par le directeur de l'OCA. Nous avons demandé un administratif de cadre A pour le secrétariat général, trois cadres B et un cadre C pour la gestion, le soutien scientifique et les liaisons intersites et interdépartements.

*Les grandes structures présentées et proposées par M. J. Colin,  
directeur de l'O.C.A.*

O.C.A. J. Colin				
Département 1		Département 2		Département 3
GEMINI	ARTES	CASSIOPEE	LETMEX	GALILEE
P. Exertier	N. Man	A. Bijaoui	Y. Ellinger	J. Colin



À définir en 2003

## 5 - Relations avec l'OCA et ses Ressources

L'UMR GEMINI se trouvant dans l'OCA, nous faisons ci-dessous un schéma des relations avec les différents services de cet établissement, en mettant en valeur, avec nos objectifs scientifiques et notre mode de fonctionnement, ce sur quoi nous nous appuyons, ce qui est nécessaire et ce qui serait envisageable.

Les moyens de l'OCA, les ressources sont articulés en différents services: ateliers de mécanique, bibliothèques, web, informatique, réseaux et télécommunications, les sites et leurs infrastructures (bâtiments, véhicules de service, salles, vidéo-projecteurs, etc), gestion/comptabilité, service du personnel, et formation permanente.

Les grands instruments d'observation de l'OCA étant regroupés principalement dans GEMINI, sur le plateau de Calern, la qualité du réseau informatique (débit suffisant et fiabilité) arrivant sur ce site est primordiale. En particulier, si l'on veut automatiser des instruments (temps réel), si l'on veut acheminer les données sur les réseaux, puis pouvoir discuter avec un opérateur depuis l'observatoire de Nice ou le centre de recherche de Grasse en visio-conférence, il est nécessaire d'améliorer la ligne (ce qui a été entrepris en 2002) et de la maintenir.

Au niveau des ateliers de mécanique (Nice et Calern), là aussi les projets de GEMINI sont demandeurs et donc moteurs. Il faut rappeler ici qu'outre la notion de pièces mécaniques à fabriquer, GEMINI développe des instruments à caractère unique (télémétrie laser et GI2T, par exemples). Les ateliers, à Nice et à Calern, étant en restructuration également, forment un ensemble indispensable à nos travaux futurs.

Le service gestion du personnel est également un élément important dans la cohésion de l'établissement OCA. En effet, le service du personnel s'informatise actuellement (en 2002) et il devrait pouvoir mieux s'harmoniser avec la gestion du personnel CNRS via Labintel. L'important serait de pouvoir gérer des listes de personnels, comprenant les listes des conseils (Comité Hygiène et Sécurité, Ateliers, Comité Informatique, Commission Locaux, Conseil Bibliothèques, Conseil d'Administration et Conseils Scientifiques aux différents niveaux : OCA, départements OCA puis UMR elles-mêmes), voire également des listes de groupes scientifiques ou techniques. L'idée est d'arriver à communiquer plus efficacement et d'avoir rapidement une vision globale de l'établissement, caractéristique qui nous semble importante.

Le service gestion/comptabilité de l'OCA doit également être un support important pour les UMR. En particulier à propos de la nouvelle réglementation sur les marchés publics, il s'agira de trouver entre les différentes UMR une harmonisation et une lisibilité des commandes importantes (grand nombre de PC, etc) afin de rester dans les seuils fixés par catégorie de produits (nomenclature spécifique recherche) tout en préservant les prévisions annuelles de chaque UMR.

Enfin, les différentes ressources gérées à l'OCA dans l'UMS "Galilée" sont autant de supports et de moyens pour les UMR afin de se concentrer sur les objectifs scientifiques et de R&D. Il nous semble important de maintenir cette activité en particulier sur les sites de Grasse et de Calern. A Grasse, il est nécessaire d'obtenir une réfection et une extension du bâtiment afin de recevoir les chercheurs et ingénieurs de la nouvelle UMR (ceux venant de Calern notamment). A Calern, il faut préserver le site d'observation et le faire vivre en tant que tel. En effet, le fonctionnement à moyen terme de Calern verra une automatisation la plus poussée possible des observations, avec pilotage à distance depuis Grasse. De même, les développements informatiques et théoriques seront totalement installés à Grasse. Pour satisfaire cette évolution, il est nécessaire de créer des espaces spécifiques à ces activités, la structure actuelle des bâtiments de Grasse ne pouvant pas s'adapter (architecture de bureaux liée aux murs porteurs). Une extension de bâtiment (200 à 300 m<sup>2</sup>) permettrait de réaliser les équipements fonctionnels nécessaires (salle vidéo et de réunion fonctionnelles, salle pour essais et intégration optique, laboratoire d'électronique)

## 6 - Politique de ressources humaines

Les objectifs scientifiques et instrumentaux sont rédigés plus loin dans le document, et ceux-ci justifient pour nous pleinement les postes que nous souhaitons obtenir à tous les niveaux. Nous rappelons ci-dessous brièvement les postes par catégorie avec quelques lignes sur les aspects scientifiques et techniques.

Chercheurs, Enseignants-chercheurs :

**En Astrophysique stellaire**, solaire et planétaire nos besoins de recrutement se situent selon les deux axes principaux et complémentaires :

Expertise instrumentale: cette dénomination regroupe deux activités bien distinctes :

- ▶ Renforcement de nos compétences dans le développement d'idées, leur conceptualisation, les simulations et modélisations associées ainsi que la R&D ou l'élaboration de prototypes dans le domaine de l'interférométrie longue base et notamment de l'imagerie associée avec les connaissances associées en optique adaptative, système de coronagraphie et de nulling. Un des objectifs est la prise de responsabilité à terme dans l'étude formelle et le développement de nouveaux instruments dans le cadre VLTI, Darwin/TPF et post-VLTI. Ces instruments sont développés pour l'ensemble de la communauté astronomique et engendrent une importante activité de service (formation, logiciels, support...).
- ▶ Ajustement de modèles aux données Haute Résolution Angulaire, inversion de données type interférométrie différentielle par exemple ; Développement du savoir faire et des compétences requises en traitement de signal et algorithmes pour l'imagerie interférométrique dans le domaine optique. Les thématiques astrophysiques sous jacentes sont d'une part les modèles de surface stellaire et d'autre part les paramètres caractérisant la détection directe à venir des planètes extrasolaires.

Expertise astrophysique: le groupe astrophysique s'est élargi ces dernières années grâce à des recrutements et des mobilités mais de nouveaux thèmes ont été développées et nécessitent d'être soutenus par des recrutements de jeunes chercheurs afin que les équipes puissent atteindre une masse critique suffisante face aux enjeux forts d'exploitation astrophysique qui s'ouvrent avec l'avènement des grands observatoires interférométriques (VLTI, Darwin...) :

- ▶ Modélisation physique dans le domaine de la physique stellaire et adaptée aux observables interférométriques : Transfert du rayonnement dans le gaz, transfert du rayonnement dans la poussière, couplage numérique avec différentes physiques: formation poussière, hydrodynamique, dynamique polyphasée grains/gaz. Application à l'étude des environnements des étoiles chaudes (par exemple Be) et des étoiles évoluées (type AGB post-AGB).
- ▶ Travaux liés à la dynamique des atmosphères stellaires, des ondes de chocs et de leur propagation (altitude, vitesse, accélération, géométrie). Applications: structuration et dynamique de l'atmosphère des Céphéides; connexions chocs/formation de poussière dans les AGB dont les Miras.

En Géodésie Spatiale, nos besoins de recrutement se situent sur les axes Recherche et Instrumentation-R&D.

**Recherche**: Dans tous les problèmes rencontrés en Géodésie Spatiale, navigation et positionnement inclus, la modélisation du mouvement des corps spatiaux est un problème central. Il importe donc de développer des méthodes d'intégration des équations de la dynamique. L'expertise, en matière de mécanique céleste analytique appliquée dans le domaine spatial s'est développée à Grasse depuis plus de 10 ans, avec des applications aux calculs de trajectoires de satellites géodésiques servant à la détection de paramètres globaux liés au champ de gravité et à la cinématique de la Terre. Aujourd'hui, avec la perspective de nouvelles missions spatiales à la fois pour le champ à haute résolution et les Géoréférentiales spatiales (dont GALILEO-GPS), il est capital de se doter de nouveaux outils théoriques en Mécanique Céleste (Satellites de la Terre, Constellations type GALILEO, Navigation dans Système Solaire).

Il faut aussi mieux exploiter le milieu spatial à travers des expériences futures (notamment le transport d'horloges dans l'espace), et donc pouvoir aboutir à des modélisations beaucoup plus fines engageant un savoir-faire en physique fondamentale. Ceci rejoint l'idée de développer un profil scientifique en amont du groupe technique Métrologies de GEMINI associé au transfert de temps, dans un contexte national très porteur actuellement; grâce à l'avancée très importante de la qualité des références de temps (avec Besançon et l'Observatoire de Paris) et aussi avec la venue du projet GALILEO. La Géodésie Spatiale doit ainsi se doter d'outils de modélisation du transfert de temps au niveau international (celui-ci étant étalonné par la télémétrie laser), en même qu'elle assimile des données de plus en plus précises de distances (1 cm et moins), de vitesses (0,1 mm/sec et moins) et d'accélération (10<sup>-9</sup> m/s<sup>2</sup> et moins).

**Instrumentation et R&D**: Les projets comme T2L2 et TIPO, associés à la télémétrie laser sont des projets à long terme, nécessitant des métiers comme :

La Mécanique (les montures des télescope doivent être d'un pointé précis (seconde d'arc), les instruments sont de diamètres et de poids variés de 13cm à 1,50m, et les vitesses doivent permettre le suivi d'objets très proches (400 km) comme très lointains (Planètes).

L'électro-optique constitue une partie très importante dans la télémétrie laser ou le transfert de temps. Les impulsions laser (vert, infra-rouge, violet) sont très courtes (30 picosec et moins), les datations et chronométrages doivent également atteindre le niveau de la pico-seconde et moins, et les détecteurs (au départ et à l'arrivée des impulsions) doivent pouvoir suivre sans bruit important.

Le groupe Métrologies Espace et Temps de GEMINI est actuellement le seul groupe français investi dans la télémétrie laser (depuis plus de 20 ans) et son développement pour la télémétrie deux voies (distances en aller-retour), ou une voie

(avec un détecteur placé sur la cible spatiale) ou encore pour l'étalonnage du transfert de temps par d'autres techniques de type micro-ondes (différentielles et non exacte, ou affectée fortement par l'atmosphère).

IT (et métiers global pour les deux thèmes de l'UMR) :

- Optique : 1 IR (car 1 Ingénieur.. en déplacement sur VLTI)
  - Électronique : 1 IR (télémétrie laser, transfert de temps)
  - Mécanique : 1 AI, 1 IR (mutualisé entre les divers installations à Calern)
  - Informatique scientifique : 2 AI, 1 IE
- en astrophysique pour le centre MARIOTTI pour codage (AI, IE) et en support aux développements astrophysiques  
- en géodésie spatiale pour traitement données, AI)

Accueil de chercheurs non-permanents : plusieurs mois par an.

## 7 - Services d'Observations

Parmi les services d'observations labellisés par l'INSU, l'UMR Gemini au sein de l'Observatoire de la Côte d'Azur regroupe les services et thèmes suivants :

- Métrologie de l'espace et du temps : avec la télémétrie laser et le transfert de temps, concepts développés complètement dans l'UMR
- Conception et suivi de systèmes de collecte pour les grands observatoires sol et spatiaux : avec les constructions et développements par le groupe astrophysique de l'UMR sur des instruments ouverts de type : VLT, VLTI
- Stations d'observatoire nationales et internationales : avec d'une part le GI2T/Regain (observations interférométriques) et d'autre part le réseau laser international comme celui du GPS ou de DORIS
- Centres nationaux de traitement et d'archivage : avec une importante contribution au JMMC, la base de données astrophysique Sidonie à Nice, et le service international de traitement des données laser auquel le groupe Géodésie contribue
- Surveillance solaire, relations Soleil-Terre : avec les équipements liés à la mission Picard (Doraysol, Misolfa) développés dans l'UMR également.

## 8 - Équipements souhaités

Un des équipements souhaités par l'UMR est un gravimètre supra-conducteur qui serait co-financé par plusieurs organismes (175,000 Euros). En effet, ces dernières années, est apparue dans de nouvelles structures scientifiques comme le GDR AGRET, ou des structures existantes comme le CNES (le GRGS), l'IGN, et l'INSU, la nécessité de suivre les variations de la gravité depuis le sol, en réseau, et depuis l'espace à des résolutions encore jamais atteintes (projets GRACE, puis GOCE en 2007) et plus généralement, de doter la communauté française avec un réseau bien identifié et suivi également par le positionnement et autres techniques.

La France s'est doté d'un outil de mesure de la gravité absolue, le FG-5 géré à Strasbourg (EOST), transportable mais dont le calendrier est trop plein pour assurer un suivi certes non permanent mais très régulier. Cet instrument vient depuis 1998 à l'OCA et nous avons déjà une série temporelle intéressante qui présente des variations annuelles de la gravité encore inexpliquées. Aussi, afin de développer le réseau national, comme le réseau européen d'ailleurs, l'implantation d'un gravimètre relatif et permanent à Grasse (Observatoire de Calern), qui est de fait un observatoire géodésique et géodynamique fondamental, pourrait être envisagé.

Les organismes que nous souhaiterions contacter, et qui l'ont déjà été dans le cadre de propositions non abouties déjà faites au CNES dans le secteur TAOB d'Observation de la Terre, seraient : le CNES, l'INSU, l'IGN et l'OCA. Cet instrument pourrait bien sûr nous permettre de développer aussi, outre l'aspect fédérateur réseau, un pôle régional sud-est avec Géosciences Azur entre autres laboratoires, en matière de géodynamique.

## 9 - Formation Permanente :

1. *Présentation du laboratoire*

L'unité mixte de recherche GEMINI (nouvelle UMR) est organisée autour de trois thèmes scientifiques majeurs et sera divisée en équipes scientifiques à l'intérieur de ces thèmes. On retrouve dans les thèmes qui suivent les aspects astrophysiques et géodésiques qui composent "l'enseigne du département" :

- ⇒ astrophysique au sol et dans l'espace, et Haute Résolution Angulaire
- ⇒ Géodésie spatiale et mécanique céleste, et Télémétrie laser et Métrologie du temps
- ⇒ Physique Solaire et Mesures Sol-Espace (Picard)

Environ soixante cinq personnes, incluant les étudiants en thèse, participeront à cet effort qui implique la collecte des observations et leur traitement, un développement instrumental spécifique, l'analyse de données et un couplage étroit avec des aspects théoriques. On trouve donc rassemblées dans un même laboratoire des équipes techniques tournées vers le développement instrumental et assurant le déroulement régulier des observations, des équipes impliquées dans le traitement des données qu'elles proviennent du laboratoire ou de missions spatiales, enfin des théoriciens et modélisateurs dont l'activité se situe en aval des deux autres groupes.

Cette organisation a inévitablement des répercussions sur les besoins en formation à moyen terme. A cela s'ajoutent l'évolution normale des projets et l'arrivée de nouveaux thèmes qui conduisent à ajuster la formation des personnels.

## 2. *Champ d'activité du laboratoire*

### 6 - 2.1. Instrumentation et acquisition des données d'observations

GEMINI met en œuvre et assure les opérations de stations de télémétrie laser, du GI2T/Regain et des instruments solaire Doraysol(Picard-sol)/Misolfa, avec dans chaque cas des campagnes d'observations. Ces instruments correspondent à une activité de métrologie, puisqu'il s'agit de mesurer des distances, des angles et des variations de diamètre avec une précision relative de l'ordre de  $10^{-9}$ , et ceci de façon régulière. Les équipes utilisent des télescopes optiques, des lasers à impulsion de forte puissance, et une chaîne de chronométrie et de datation des événements (parfois à mieux que  $10^{-10}$  seconde près). De nombreux logiciels de pilotage, de contrôle, d'acquisition et de traitement font partie intégrante des différents instruments évoqués. Les différents systèmes et sous-systèmes qui composent ces équipements ont été conçus et réalisés sur place et les équipes locales prennent en charge l'évolution technique, c'est à dire tout ce qui vise à leur maintien en opération et l'amélioration de leur performances. Les travaux mettent en jeu de l'optique, des détecteurs CCD et toute la chaîne d'acquisition et de traitement, avec une composante informatique et automatique importante.

GEMINI est également responsable au Plateau de Calern d'autres instruments de moindre technicité mais avec des objectifs de métrologie de précision comme les stations de géodynamiques, qui ont été largement réalisés par les équipes du laboratoire. Enfin le laboratoire accueillera des instruments transportables (gravimètre absolu, etc), qui ont besoin de l'infrastructure temps/fréquence et géodésique.

Les compétences autour de toutes ces techniques sont très étendues, touchant à la mécanique, la robotique, l'électro-optique, l'électronique rapide, la métrologie et bien entendu l'informatique sous toutes ses formes. L'évolution récente du métier d'électronicien, avec l'apparition d'une frontière ténue entre l'électronique et l'informatique instrumentale, a profondément et durablement touchée les activités des agents concernés.

### 7 - 2.2. Analyse de données et modélisation

Les observations spatiales ou sol en astrophysique et en géodésie fournissent en général des données brutes en grande quantité, souvent éloignées des paramètres physiques recherchés. Il y a donc un important travail de traitement et d'interprétation pour passer de la mesure aux résultats publiables intéressant la communauté scientifique. La situation n'est pas très différente en ce qui concerne les mesures astronomiques réalisées avec des moyens plus conventionnels, en particulier avec les détecteurs du type CCD.

Ces deux aspects sont présents dans le laboratoire avec la réduction des données d'astrophysique ou celles de l'altimétrie satellitaire ou de télémétrie laser. Dans ce secteur, les compétences requises couvrent les domaines théoriques de l'analyse du signal et de la statistique, de l'analyse d'image avec toutes les formes de représentation graphique que cela implique, les questions de codage et de compression de l'information et bien entendu, la gestion des bases de données. La partie informatique, tant au niveau système que langage tient également une part importante.

Au-delà de la réduction des données, il y a la confrontation à des modèles et les études théoriques associées. L'activité est dans ce cas entre les mains des chercheurs et/ou ingénieurs de recherche qui sont responsables de leur thème et des collaborations à l'extérieur du laboratoire. Pour GEMINI, ce secteur est occupé d'une part par la mécanique céleste appliquée à la dynamique des satellites artificiels et du système Terre-Lune, et d'autre part par l'astrophysique stellaire.

Le renouvellement des connaissances est permanent par nature, puisque l'objectif de ce type de recherche est de produire de nouvelles connaissances. Les formations se font, soit individuellement, soit au travers d'écoles et de séminaires

spécialisés en mathématiques, mécanique céleste, analyse numérique, astrophysique, nouveaux instruments optiques et IR. Les besoins en formation sont plus difficiles à caractériser et la demande ne vient pas forcément des agents eux-mêmes.

### 3. *Compétences rassemblées dans le laboratoire*

A la lumière des activités décrites dans la section précédente, il est possible de résumer les compétences rassemblées dans le laboratoire et dresser le contour des besoins en formation, rien que pour maintenir en état le potentiel. Plus bas, nous reviendrons sur les évolutions à prévoir à moyen terme, et leurs conséquences sur la formation.

#### 8 - 3.1. Compétences à caractère théorique

Formation scientifique générale de haut niveau avec spécialisation en astrophysique, dynamique (systèmes gravitationnels) et géodésie spatiale.

Compétences en techniques d'observations spatiales, optique, IR et radio.

Traitement de données, analyse numérique et statistiques.

Analyse automatique d'images, de spectres, etc

Écriture, test et implémentation de logiciels d'analyse de données et de pilotage de télescope (temps réel).

#### 9 - 3.2. Compétences à caractère technique

⇒ Électronique rapide associée à des chaînes de détection.

⇒ Informatique de contrôle et d'asservissement pour de gros ensembles ou de micro-contrôle.

⇒ Technologie des photo-détecteurs.

⇒ Optique astronomique

⇒ Mécanique (télescopes, ensemble de tables optiques, etc)

⇒ Technique des Lasers en mode impulsionnel à très forte puissance

⇒ Métrologie du temps et des fréquences

### 3. *Évolutions futures*

Dans tous les domaines cités ci-dessus, il convient de maintenir les compétences existantes afin de suivre l'évolution des techniques et de maintenir la position du laboratoire dans ses thèmes d'excellence. On peut identifier deux catégories de besoins :

- les besoins permanents de formation liés à l'activité de recherche et de développement, en général
- ceux touchant les domaines où l'évolution technique est rapide (voir compétences techniques)

#### Formations d'entretien

Langue anglaise : L'usage de l'anglais en tant que langue d'échange dans le domaine scientifique ne sera pas remis en cause, bien au contraire. Son importance va croissant et gagne les secteurs de la recherche scientifique qui n'étaient que faiblement touchés jusqu'à maintenant (sciences juridiques, histoire, sociologie). Pour les chercheurs et les ingénieurs, il n'y a pas d'alternative : une mauvaise maîtrise de l'anglais restreint la participation dans le contexte international. On ne peut envisager de prise de responsabilité dans le domaine spatial ou dans les grands organismes de gestion de la science sans savoir communiquer aisément en anglais oral et écrit. Il ne faut pas limiter cette compétence à son propre domaine technique, mais être capable de participer aux relations sociales qui sont un élément important dans la préparation des réunions officielles et la formation par 'cooptation' des nombreux groupes et sous-groupes de travail où s'élaborent les décisions.

Communication scientifique : Les techniques de présentation aux colloques font partie du savoir-faire que doit posséder tout chercheur ou ingénieur amené à présenter ses résultats ou ceux de son équipe ou bien qui doit pousser un projet mis en compétition devant une instance de décision. La rédaction d'articles, quelle qu'en soit la langue, obéit à des règles pour en maximiser l'impact. Enfin la communication vers le grand public, qui demeure une des missions du chercheur, ne doit pas être laissée de côté dans les formations.

Management d'équipes : Les techniques de communication et de management doivent faire partie de l'environnement moderne de travail des responsables (équipes, structures de groupe (GDR, etc), départements). En particulier, l'animation et la conduite de réunions, la compréhension de ce qui fait l'impact d'un message parlé ou écrit, etc, en tant qu'outils, doivent entrer dans le laboratoire.

## 10 - Formations de mise à niveau

- L'informatique scientifique avec la nécessité pour les chercheurs d'utiliser simultanément des stations de travail locales à forte capacité en CPU et fonctionnant sous système UNIX OU LINUX, et les gros calculateurs (vectoriels ou non) décentralisés au travers des réseaux.

- Langages informatiques pour le pilotage et la robotique et l'interface instrument-station de travail.

- Techniques nouvelles pour la création et l'utilisation des bases de données massives qui apparaissent en astronomie et en géodésie.

- L'informatique de gestion et la Bureautique, dans les domaines administratifs d'une part, mais dans les domaines scientifiques et techniques également où elle peut rendre d'énormes services (préparation de documents, rédaction d'articles et de présentations, pages web).

## 11 - Gestion de projet

**Téléométrie Laser** . C'est, à l'échelle du laboratoire, un thème qui va mobiliser pendant plusieurs années des compétences disponibles en électro-optique, électronique rapide, mécanique. Une formation commune à l'ensemble des agents concernés (environ 10-12) touchant à la conduite de projets dans ce domaine serait très souhaitable, à une période voisine de la phase de démarrage (2002-2003).

Il ne s'agit pas d'apprendre des techniques relatives au contenu du projet, mais de se sensibiliser aux implications d'une activité collective où la coordination des différentes tâches est essentielle.

### 5. *Stages de formation identifiés à moyen terme*

- Formation sécurité lasers.

Plusieurs ingénieurs ou techniciens travaillent dans un environnement laser et sont désireux de recevoir une formation spécifique sur les questions de sécurité touchant à cette activité. Environ 6-7 personnes sont concernés.

- Formation au développement des pages web.

La réalisation et la maintenance des sites web est maintenant un souci quotidien des laboratoires et des équipes scientifiques. Il ne s'agit pas d'étudier le langage HTML, mais d'apprendre cette nouvelle technique de communication et d'acquérir des connaissances pratiques pour créer et gérer des sites à pages multiples. Des formations sur Front Page ou Dream Weaver seraient très adaptées.

- Gestion de Projet

L'ensemble des personnes associées à des projets instrumentaux pourraient suivre une formation collective sur la gestion et l'organisation du travail autour d'un projet important, où chacun doit prendre conscience qu'il travaille pour une groupe, avec des délais précis et des contraintes financières.

- Formation UNIX et LINUX et FORTRAN 90

Demande de la part de plusieurs chercheurs et techniciens., pour une formation plutôt de niveau avancée.

Perfectionnement en langue anglaise

Communication pour les scientifiques, tant à l'oral qu'à l'écrit.

## 10 - Diffusion de la science vers le grand public :

Types d'actions que nous avons conduites dans un passé récent et sur lesquelles il serait nécessaire de poursuivre, et donc d'avoir un soutien :

- site Web (niveaux : équipes et groupes, UMR, département OCA)
- organisations de conférence grand public
- participation à Sciences en Fête, Nuit des Étoiles et manifestations OCA
- interventions (individuelles) en milieu scolaire
- interventions programmées avec rectorat
- rédaction d'ouvrages, CD-rom, etc

## Groupe

# GEODESIE SPATIALE

### Objectifs scientifiques et Instrumentation

La géodésie spatiale est à la frontière de plusieurs disciplines des Sciences de la Terre et de la Planétologie : rotation de la Terre (la manière dont tourne la Terre dépend de la structure interne), métrologie du temps et de l'espace, océanographie, tectonique et déformations de la croûte terrestre, météorologie, etc.

Cependant, elle constitue en elle-même un domaine d'études et de recherches qui, de manière traditionnelle et pleinement justifiée, est rattaché à la section 14 du CNRS dans le sous-secteur Mécanique Céleste et Astrométrie (Systèmes de Référence). Beaucoup des méthodes et des approches de géodésie spatiale sont en effet issues de ces disciplines et des interactions fructueuses ont existé et continuent d'exister. Il est aussi reconnu que les métrologies de l'espace et du temps sont à la base de nombreuses disciplines pour la connaissance de notre environnement le plus proche mais aussi le plus lointain : les méthodes développées pour la "mesure" de la Terre sont quasi-directement applicables aux autres Planètes.

Les progrès dans l'exactitude et la précision des métrologies (altimétrie spatiale, GPS, DORIS, télémétrie laser, VLBI, interférométrie radar, ...) ont été de plusieurs ordres de grandeur depuis 2 à 3 décennies. On mesure aujourd'hui des déplacements avec une précision de quelques mm/an aux échelles locale et globale. Cette situation ouvre de très nouvelles perspectives dans la connaissance de la Terre, localement autant que globalement, et accroît l'interdisciplinarité de ces domaines de recherche. Ce changement d'échelle du local vers le global nécessite des études théoriques, des modélisations et simulations numériques ainsi que de nouvelles approches dans le traitement de données.

D'autre part, de très nombreuses missions spatiales financées par la France ou l'Europe arrivent aujourd'hui à maturité, et vont être lancées très prochainement ou l'ont été depuis peu : missions altimétriques/océanographiques Jason-1 et Envisat (2001-2002), missions champ de gravité Champ (2000), Grace (2002) et Goce (2007), mission physique fondamentale sur le principe d'équivalence Microscope (2006), mission horloges atomiques en orbite (ACES). Plu-

sieurs équipes, dont notre groupe, associées à des GDR du CNRS (AGRET, GREX) ont eu un rôle moteur dans leur définition et leur mise en œuvre. Il importe donc de se préparer à la valorisation et à l'exploitation des données de ces missions, sans oublier les autres activités (systèmes de référence, rotation de la Terre, transfert de temps, etc).

Par ailleurs, la communauté a des engagements nationaux et internationaux dans des tâches de service scientifique relatives aux systèmes de référence célestes (IVS, IERS) et terrestres (IERS, DORIS, IGS, ILRS, IVS), aux transferts de temps (IGS, BIPM), au suivi de la rotation de la Terre (IERS, IGS, ILRS, IVS). Il importe d'en assurer la continuité au meilleur niveau de qualité.

On peut se fixer comme objets d'études et de recherches, les objectifs de la géodésie dans les 5 prochaines années :

- mécanique céleste des corps spatiaux et études du milieu spatial (haute atmosphère terrestre, physique des phénomènes mis en jeu),
- applications en physique fondamentale,
- systèmes de référence d'espace et de temps: géo-référentiels comme par exemples : l'ITRF, le niveau moyen des mers (au niveau millimétrique sur plusieurs décennies), le transfert de temps et le suivi d'horloges sol et spatial,
- géodynamique : contribution à l'étude du champ de gravité et de ses déformations dans le temps,
- R&D métrologies, basées sur la technique et l'expertise unique en Télémétrie Laser.

Ces recherches participent à la compréhension des mécanismes de l'évolution de la Terre globale (la géodynamique), avec ses trois composantes : Terre solide, Océans et Atmosphère, et leurs interactions. Les pôles de recherche (collaborations sur le plan national) sont :

- l'IGN/LAREG à Marne la Vallée,
- le GRGS/CNES à l'OMP à Toulouse,
- l'Observatoire de Paris,
- l'EOST à Strasbourg,
- Géosciences Azur (Valbonne - Sophia-Antipolis)
- l'IPG à Paris,
- l'OCA/GEMINI à Grasse

Il est vrai que c'est un domaine frontière, qui relève conjointement de plusieurs disciplines des Sciences de l'Univers et qui est rattaché aux Sections 11, 13 et 14 du CNRS (voir liste ci-dessus ainsi que la demande de prolongation du GdR

"AGRET", M. Feissel 1998-2002, en nouveau GdR "Géodésie-Géophysique" (G<sup>2</sup>), Ch. Vigny).

Le contexte international actuel est très favorable à l'exploitation de nos compétences, en particulier à Grasse en matière de mécanique céleste et spatiale, de physique spatiale, et de modélisations des phénomènes géodynamiques. De plus, la télémétrie laser et les techniques de transfert de temps, techniques spatiales fondées sur des mesures optiques (et non radio) de grande exactitude dont les acteurs ont été installés à Grasse/Calern il y a plus de 25 ans, sont parmi les sources de données les plus pertinentes en Géodésie. Elles engagent aussi des moyens et des équipes au sol très importants.

### 1. Mécanique Céleste et Milieu Spatial

Dans tous les problèmes rencontrés en Géodésie Spatiale, navigation et positionnement inclus, la modélisation du mouvement des corps spatiaux - la dynamique de ces systèmes gravitationnels - est un problème central. Il importe donc de continuer à développer des méthodes d'intégration des équations de la dynamique, tout ne pouvant se résoudre par l'intégration numérique. L'expertise, en matière de mécanique céleste analytique appliquée dans le domaine spatial s'est développée à Grasse depuis plus de 10 ans, avec des applications aux calculs de trajectoires de satellites comme TOPEX/Poseïdon, pour l'altimétrie des océans, Starlette et Stella, pour l'étude du champ de gravité à moyenne longueurs d'ondes, et LAGEOS pour le positionnement, le repère de référence terrestre.

Aujourd'hui, avec la perspective de missions spatiales très importantes, comme GOCE pour l'étude du champ de gravité, et GALILEO-GPS, pour la navigation et le positionnement, il est capital de se doter de nouveaux outils théoriques en Mécanique.

1) D'abord, pour le champ, les méthodes d'inversion pour la détermination des grandes et moyennes longueurs d'onde à partir de l'analyse des mouvements orbitaux vont prendre une importance fondamentale. En effet, les missions à basse altitude vont privilégier les courtes longueurs d'onde (la haute résolution apportée par GOCE) et leurs variations dans le temps, au détriment des grandes échelles spatiales. Or, les questions sur les grands transports de masse à l'échelle du globe (Terre solide, fontes des glaces, circulation, etc) restent très ouvertes.

2) Ensuite, pour le positionnement, il reste des progrès énormes à faire dans le domaine de la mécanique spatiale des futures constellations

(l'analyse de missions, notamment) si l'on veut pouvoir améliorer avec GALILEO, l'ancien concept GPS. En particulier, il faut s'intéresser aux phénomènes de résonances orbites-corps célestes, aux contrôles des trajectoires à long terme, etc.

3) Le problème des débris spatiaux est bien réel et de plus en plus pris en compte par les agences spatiales. De nombreux problèmes théoriques se posent afin de parfaire la connaissance imprécise actuelle des trajectoires des débris spatiaux, qui sont en très grand nombre (plusieurs milliers). Nous avons développé de nombreux contacts avec le CNES et Alcatel Space, sous la forme de contrat d'études depuis plusieurs années, et il faut continuer.

L'étude du mouvement des satellites artificiels, en relation avec des observations de télémétrie laser permet d'obtenir de précieuses informations sur la physique de l'environnement terrestre. Depuis quelques années, en collaboration avec D. Vokrouhlicky (Université de Prague), nous avons contribué à la compréhension des effets non gravitationnels sur le mouvement orbital et le mouvement de rotation du satellite LAGEOS. Nous avons en particulier proposé une explication de l'évolution « anormale » de l'excentricité de l'orbite. Ce projet est maintenant de raffiner les modèles en prenant en compte l'effet des rétro-rélecteurs.

Il est important de comprendre de tels phénomènes car ce sont eux qui limitent l'utilisation de LAGEOS voire aussi d'Etalon pour des observations encore plus fondamentales tel que par exemple l'effet « Lense-Thirring », prévu par la relativité générale mais pas encore mis en évidence directement avec précision (on a aujourd'hui 20 à 30% seulement), ou encore tel le suivi des déformations du repère de référence terrestre international (ITRF).

### 2. Physique Fondamentale dans l'Espace

Le projet MICROSCOPE (MICRO Satellite à traînée Compensée pour l'Observation du principe d'Équivalence) est l'un des projets spatiaux dans lesquels nous avons pris des responsabilités de co-proposant. Notre implication va encore se renforcer dans les 4 prochaines années avec la concrétisation progressive du projet. La mission MICROSCOPE a pour but de tester le principe d'équivalence dans l'espace avec une précision de  $10^{-15}$  en comparant la chute de différentes masses d'épreuves à l'intérieur d'un satellite au moyen d'accéléromètres électrostatiques développés par l'ONERA.

La validité du principe d'équivalence (ou universalité de la chute des corps) est vérifiée expérimentalement (par des expériences sur Terre et par la télémétrie laser sur la Lune) à mieux que  $10^{-12}$  en précision relative. Les spécialistes des théories de la gravitation (et plus généralement en physique fondamentale) sont fortement demandeurs de tests bien plus précis.

La mission MICROSCOPE co-proposée par l'ONERA (PI P. Touboul, responsable de la charge utile) et l'OCA (Co-PI G. Métris responsable de la simulation de la mission et de l'analyse des données) a été sélectionnée fin 1999 par le CNES dans le cadre de sa nouvelle filière microsattellites pour un lancement en 2006. Depuis, des contributions de l'ESA et du ZARM (Allemagne) sont venues renforcer le projet.

### 3. Systèmes de Référence, Altimétrie

L'étude des déformations de la croûte terrestre et des variations du niveau moyen des mers s'appuient sur la disponibilité de référentiels terrestres, dont la qualité doit être maintenue à un niveau compatible avec les mesures les plus précises et les modèles les plus performants. La réalisation des référentiels fait appel aux techniques spatiales comme la télémétrie laser, DORIS et GPS (par ondes radioélectriques), le VLBI, la gravimétrie de surface et la gravimétrie spatiale. Les mouvements de la croûte terrestre sont observés avec une précision de l'ordre quelques mm/an. La sophistication de la modélisation des phénomènes perturbant les observations qui est nécessaire pour assurer la validité des interprétations scientifiques de ces données ne cesse de croître, rendant nécessaire un progrès constant de la modélisation et des méthodes d'analyse. La croûte terrestre se déforme à toutes les échelles de temps, ce qui se manifeste par des mouvements dont on peut distinguer les composantes horizontales et verticales majeures, résultant de phénomènes différents.

1) Les mouvements horizontaux sont liés aux déplacements et aux déformations des plaques lithosphériques. Les mesures de géodésie permettent de contraindre les modèles physiques de déformation de la Terre à différentes échelles, de la géodynamique globale à la dimension d'un séisme ou d'un volcan.

2) Les principaux phénomènes impliqués dans les mouvements verticaux sont le rebond post-glaciaire, d'une amplitude de l'ordre du centimètre par an dans les régions arctique et antarctique, et les effets de la surcharge exercée par les couches fluides sur la croûte terrestre. Ces derniers résultent des déformations élastiques et de

la redistribution des masses à l'intérieur de la Terre (océaniques, atmosphériques, ou des eaux continentales), avec des amplitudes de l'ordre de quelques millimètres à quelques centimètres à grande longueur d'onde (milliers de km), et ont une variabilité principalement diurne et saisonnière. Les mouvements verticaux et les effets de surcharge sont actuellement au cœur du débat scientifique en géodésie.

Parmi les questions scientifiques dépendant de la connaissance des mouvements verticaux, on peut citer la caractérisation des variations actuelles du niveau moyen des mers, qui nécessite un ensemble de mesures complémentaires : marégraphie, géodésie spatiale avec l'altimétrie des océans, gravimétrie. Le niveau moyen des mers subit des transformations faibles, cumulatives et donc profondes (montée des eaux de 1 à 3 mm/an), dont l'origine est recherchée avec la plus grande précaution (réchauffement, etc). Les données des missions altimétriques comme Jason-1, TOPEX/POSEIDON(1992) et EnviSat (nous en sommes PI et CoI sur les aspects de calibration instrumentale et de validation orbitographique), ont apporté et continuent d'apporter une continuité fondamentale à une meilleure caractérisation des phénomènes en jeu, dans l'espace et surtout dans le temps.

Nos recherches dans ce domaine, comme pour l'aspect de Mécanique Spatiale, portent sur les méthodes, la modélisation et sur l'interprétation de longues séries temporelles de données des techniques spatiales sol et de l'altimétrie spatiale. Le but est de faire ressortir du bruit, des signaux de 1 à quelques mm/an : (i) à l'échelle globale, en travaillant sur la notion de repère de référence international (exactitude et continuité dans le temps), y inclus de surface moyenne des océans (le niveau zéro), et (ii) à l'échelle locale, en proposant des expériences de terrain dites de co-localisation de différentes techniques (avec en particulier la Station Laser Ultra Mobile, des marégraphes, les systèmes GPS et DORIS, et un gravimètre portable de type FG-5, voire d'autres équipements plus spécifiques). Il y a des projets en cours que nous conduisons, et à venir (à Grasse/Calern, en Corse, en Crête), et il est capital d'en assurer la continuité dans le temps.

### 4. Champ de gravité et variations temporelles

La connaissance des variations spatiales du champ de pesanteur est fondamentale pour la détermination des géoïdes locaux précis ainsi que pour le calcul d'éphémérides de satellites et de constellations de satellites (voir thèmes 1 à 3).

Les études des variations temporelles de la pesanteur relèvent des marées terrestres et de la caractérisation des mouvements de masse globaux et/ou des changements de densité dans le sous-sol; elles contribuent également à la quantification des mouvements verticaux.

Sur une très grande échelle spatiale, la restitution des paramètres du champ par l'analyse d'orbites de satellites géodésiques (par méthode d'inversion) doit continuer d'apporter de nouvelles contraintes à la géodynamique; l'effort entrepris depuis de nombreuses années dans notre groupe doit être poursuivi sur le long terme, en particulier au travers des collaborations avec le GRGS à Toulouse et le GFZ à Potsdam (Allemagne).

Depuis quelques années, la gravimétrie est entrée dans une nouvelle phase d'évolution. Le champ de pesanteur terrestre et ses variations à courtes échelles spatiales seront beaucoup mieux connus dans les années à venir grâce aux progrès spectaculaires des capteurs terrestres, marins (voire de fond de mer), aéroportés et surtout spatiaux. En complément des programmes d'altimétrie satellitaire comme TOPEX/POSEIDONet Jason-1, la cartographie globale du champ de pesanteur et de ses variations dans le temps sera réalisée dans le courant de la décennie, en partie grâce à des missions spatiales en cours (CHAMP, GRACE) ou décidées (comme GOCE). Ces progrès ont ouvert la voie de la gravimétrie temporelle à haute résolution, développée par exemple pour la volcanologie et la surveillance des zones tectoniquement actives ainsi que pour la circulation océanique.

Parallèlement au progrès rapide de la mesure gravimétrique (spatiale), les méthodes de traitement et d'analyse sont naturellement en plein bouleversement. Nous contribuons déjà aux premiers travaux entrepris dans le cadre du projet CHAMP (lancé en 2000); c'est un travail sur le long terme qui permet de préparer une contribution au projet, beaucoup plus ambitieux, GOCE pour 2007.

### **Télémétrie Laser, R&D Métrologies**

Grâce à une compétence reconnue dans le domaine des systèmes de référence d'espace et de temps, la communauté française a obtenu des responsabilités dans un certain nombre de services, programmes et projets internationaux qui s'occupent de ces problèmes, tels que l'IERS, ACES et le temps (plus le transfert). Il est essentiel de garantir dans la durée l'activité de chercheurs et d'ingénieurs qui maintiennent et développent une compétence scientifique et technique de pointe, ce qui concourt aussi à la qualité

des tâches de service scientifique relatives aux systèmes de référence.

Le domaine optique est "naturellement" bien adapté pour obtenir de très bonnes performances à faible puissance. Pour une puissance donnée, les performances d'un lien appliqué à la télémétrie ou au transfert de temps s'améliorent avec la fréquence de la porteuse et la largeur de la bande de modulation. La télémétrie ou le transfert de temps par lien laser sont aujourd'hui basés sur la mesure du temps de vol d'impulsions laser courtes entre une station laser au sol et une cible spatiale (modulation d'amplitude incohérente à très faible cadence). Ce lien optique permet d'obtenir un filtrage quasiment optimum à l'aide d'un filtre spectral passif et un dispositif de discrimination temporelle simple. La technique laser fait partie des techniques spatiales développées depuis plus de 25 ans; elle est actuellement toujours aussi "pertinente", en tant que donnée d'observation dans le contexte international, par exemple par rapport aux techniques radio-électriques. Elle le serait aussi dans un cadre plus large par des applications dans le Système Solaire. Ce dernier point est relié au projet TIPO qui nécessite de la R&D. En revanche, la très grande capacité de déploiement et la simplicité d'utilisation des techniques radio (GPS et futur GALILEO, DORIS) sont des caractéristiques indispensables à la réalisation permanente des repères de référence de temps et d'espace.

Le présent projet vise à repenser le fonctionnement actuel de la télémétrie laser, qui est basé depuis de nombreuses années à Calern sur deux stations laser fixes (satellites et Lune), et une station mobile plus récente : la station laser ultra mobile utilisée avec succès en 2002 sur Jason-1, lors d'une campagne de 9 mois en Corse. Il s'agit, en conséquence dans les années à venir, d'effectuer une R&D propre à faire fonctionner un seul télescope fixe sur des cibles très différentes : spatiales proches et lointaines, la Lune et des sondes futures autour de planètes. La station mobile sera dédiée à des opérations de terrain (des campagnes) sur des satellites proches (altimétriques et géodésiques). Ceci est aujourd'hui rendu concret par les projets suivants, acceptés et financés et/ou proposés :

**T2000** : est un programme récemment engagé par notre laboratoire. Il vise à repenser en profondeur la télémétrie laser sur le plan des performances et des opérations. La télémétrie laser actuelle, basée sur des modulations d'impulsions à faible cadence, implique des puissances crêtes

élevées relativement difficiles à maîtriser pour des liaisons 2 voies longues distances.

1) On peut diminuer la puissance crête tout en conservant des caractéristiques de rapport signal sur bruit optimales en augmentant le taux de répétition des impulsions et à condition d'augmenter le temps de cohérence de la porteuse et de mettre en place un filtre spectral adéquat.

2) La troposphère génère des incertitudes sur les temps de propagation des porteuses optiques qu'il est possible de modéliser à l'échelle de 30ps, ce qui permet d'obtenir, avec une télémétrie à une seule porteuse, une exactitude centimétrique. Ces corrections troposphériques peuvent être améliorées en deçà du millimètre en analysant la dispersion chromatique d'un spectre étendu générée par l'atmosphère. Le schéma le plus simple est basé sur une télémétrie à deux porteuses (deux couleurs) mais il peut être envisagé aussi d'utiliser des lasers à impulsions femto-seconde induisant une largeur spectrale importante.

**T2L2** : ce système mis au point à Grasse, en collaboration avec le CNES, permettra de réaliser un transfert de temps entre horloges au sol et un transfert entre des horloges sol et spatiales. C'est un lien deux voies à une seule porteuse optique modulée en amplitude, qui doit fournir des mesures d'une stabilité de l'ordre de 1pico-seconde sur 1000s. T2L2 n'est sensible qu'aux fluctuations de la troposphère sur des échelles du temps de propagation des signaux; ces perturbations n'engendrent qu'un très faible bruit. En revanche, la réalisation du transfert de temps sous forme permanente reste certainement du ressort des techniques radio, la technique laser permettant de calibrer et de valider l'ensemble régulièrement à un très haut niveau. Les porteurs potentiels sont GALILEO, le microsats Myriade, Jason-2 et l'ISS.

Cette R&D doit donc s'inscrire clairement dans le contexte scientifique national du temps-fréquence, en particulier celui des techniques de transfert de temps futures.

**TIPO** : est un projet de Télémétrie Inter-Planétaire Optique une voie, qui donnerait accès à des mesures de distances de grande qualité à l'échelle du Système Solaire. Le temps de propagation et la distance séparant le véhicule spatial de la Terre sont déduits de la différence entre les dates de départ et d'arrivée enregistrées respecti-

vement dans le référentiel d'une horloge sol et celui de l'horloge spatiale. Le positionnement du véhicule dans le plan perpendiculaire à l'axe de visée est obtenu par des observations en réseau à l'aide de plusieurs stations de télémétrie par laser synchronisées. TIPO, actuellement proposé dans le cadre du programme d'exploration martienne, doit fournir une télémétrie radiale centimétrique sur des temps d'intégration inférieurs à la journée et des positionnement à quelques centaines de mètres près dans le plan perpendiculaire.

L'avenir de cette télémétrie optique une voie est prometteur pour des mesures de qualité à très grande distance. Les progrès spectaculaires réalisés dans le domaine des horloges ces dernières années et les progrès futurs attendus laissent envisager qu'elle puisse devenir une technique de mesure directe de haute résolution à la limite ou au-delà du Système Solaire.

Enfin, GPS, GLONASS, GALILEO sont des systèmes de métrologie qui ne pourront porter un label métrologique que si des équipes scientifiques européennes y sont associées. En particulier Galileo est un projet assez grandiose qui doit fournir avec une constellation de 30 satellites (23616 km d'altitude, 56° d'inclinaison) des services de positionnement et de navigation, au sol, sur terre, sur mer dans l'air et dans l'espace, avec également la possibilité d'obtenir la vitesse. Ces systèmes sont cruciaux pour la navigation aérienne, la navigation maritime, la cartographie, les systèmes de sécurité et de défense... et impliquent aussi de nombreuses applications scientifiques : systèmes de référence, échelles de temps, plaques tectoniques, déformations sismiques et volcaniques, orbitographie, géoïde marin et terrestre,...

C'est la vocation d'un laboratoire spatial d'espace et de temps comme GEMINI de participer en permanence et sur le long terme à ce suivi métrologique (recherche, étalonnage et validation) et à la valorisation de GALILEO par l'intermédiaire de contrats européens et nationaux.

Pour cela, il faut que le laboratoire puisse offrir des capacités de suivi opérationnel (système de temps, poursuite des satellites) et une compétence scientifique de mécanique spatiale, toutes choses déjà existantes mais à entretenir et à conforter en permanence.

Notre action est la suivante :

- structuration nationale des efforts en Géodésie-Géophysique via le GRGS et le GDR AGRET, et internationale via le réseau ILRS et les recommandations de l'IERS/ITRF sur les Géo-référentiels
- fonctionnement de stations laser en réseau international (ILRS), campagnes d'observations
- présence en R&D sur des projets spatiaux avec le CNES, EREMS, l'ONERA sur : CHAMP, Stella/Starlette/LAGEOS, T2L2, MicroSCOPE
- préparation en cours des grandes lignes de la R&D T2000 nécessaire à l'évolution de nos instruments (nouvelle génération de télémétrie laser)
- prospective à court, moyen et long termes en cours au niveau sol (INSU au Printemps 2003) et spatial (CNES Automne 2002) : les moyens d'investigation futurs des changements globaux du Globe sont à développer puis déployer, le Système Solaire est un champ d'applications des techniques et des méthodes et des techniques de la Géodésie Spatiale.

Les moyens que nous mettons en œuvre pour ces recherches se situent à différents niveaux :

1. Théorie, modélisation, simulation numérique
  - a. Mécanique Céleste/Spatiale (analytique et numérique)
  - b. Variations du champ de gravité
  - c. Physique spatiale
2. Observations et exploitation géodésique des Techniques Spatiales
  - a. Télémétrie Laser (mesures de distances)
  - b. Réseaux GPS et DORIS (mesures de vitesses)
  - c. Marégraphie (mesures de hauteurs)
  - d. Accélérométrie (mesures d'accélération)
  - e. Mesures de stabilité d'horloges embarquées (temps-fréquence)
  - f. Autres techniques d'observation : gravimétrie, nivellement, inclinométrie
3. Services / Campagnes
  - a. Opérations de télémétrie sur satellites artificiels : suivi des trajectoires
  - b. Centre d'analyse associé de l'ILRS pour l'orbitographie et le repère de référence terrestre international
  - c. Maintenance Station Laser Ultra Mobile
  - d. Campagnes géodésie / altimétrie des océans pour la communauté internationale
4. Développements instrumentaux, R&D:
  - a. Détecteurs / Dateurs optiques (T2L2)
  - b. Télémètres Laser (T2000, TIPO)
  - c. Prototypes de nivellement de la surface de la mer par GPS
5. Projets:
  - a. T2000, T2L2, TIPO
  - b. JASON - TOPEX/POSEIDON
  - c. STELLA/STARLETTE - LAGEOS
  - d. CHAMP/GRACE puis GOCE (2007)
  - e. MicroSCOPE

Ces recherches sont naturellement menées dans un cadre large de collaborations :

- 1) Collaborations Nationales:
  - a. CNES / départ. Mécanique Spatiale
  - b. CNES / GRGS
  - c. ONERA
  - d. Laboratoire LAREG à l'IGN
  - e. GdR : AGRET, GREX et futur G<sup>2</sup>
  - f. Obs. de Paris
  - g. Observatoire Géodésique de Tahiti
  - h. IPG Paris et EOST Strasbourg
  - i. Société ACRI, Sophia Antipolis
- 2) Collaborations internationales:
  - a. NASA / Goddard et JPL
  - b. GFZ (Allemagne)
  - c. Communauté Européenne (réseaux en Géodésie)

## Personnels du groupe GEODESIE SPATIALE

### Groupe scientifique :

- BERIO Philippe (IR2)
- BONNEFOND Pascal (AA)
- CALAME Odile (CR1)
- EXERTIER Pierre (DR2)
- FERAUDY Dominique (IE2)
- JULIENNE Christine (A/T2)
- LAURAIN Olivier (IE2)
- METRIS Gilles (AA)
- OBERTI Pascal (AA)
- WALCH Jean-Jacques (A2)
- Associés :
- BARLIER François
- KOVALEVSKY Jean

### Groupe R&D, Instrumentations :

- BAUMONT Françoise (IR1)
- CLAUDON Pierre (IE2)
- CUOT Étienne (AI)
- DALLA Robert (TCN)
- FURIA Maurice (IE1)

- HATAT Jean-Louis (IR1) - départ 2003
- HELMER Georges (IE2)
- LAPLANCHE Maurice (T - IGN)
- MANGIN Jean-François (IR1)
- ONETO Jean-Louis (IE1)
- PARIS Jocelyn (AI)
- PIERRON Francis (IR0)
- PIERRON Monique (IE2)
- SAMAIN Etienne (IR2)
- TORRE Jean-Marie (IR2)
- VIGOUROUX Gérard (IE0)
- VIOT Hervé (AI)

### Etudiants (3 doctorants, 1 post-doc.):

- NICOLAS Joëlle (post-doc. Thèse en 2000)
- DELEFLIE Florent (doc. 1999-2002)
- COULOT David (doc. 2001-2004)
- ANDRES Ludovic (doc. 2002-2005)

# Groupe ASTROPHYSIQUE

## Objectifs scientifiques et Instrumentation

Nos objectifs scientifiques dans le domaine de l'astrophysique stellaire et exo-planétaire se déclinent en cinq grands thèmes et dans le domaine de l'astrophysique solaire, ils se déclinent en trois thèmes :

### Stellaire et exo-planètes

#### Environnement des étoiles chaudes

Les étoiles chaudes actives sont des objets étudiés à l'OCA depuis 1986 avec la première observation dans le visible de l'enveloppe circumstellaire de  $\square$  Cas sur l'interféromètre I2T par *Thom et al.* suivi de la mise en évidence de la rotation du disque autour de l'étoile par *Mourard et al.* en 1989 grâce aux capacités spectroscopiques de l'interféromètre GI2T.

Ces étoiles chaudes actives peuvent se décomposer en deux classes d'objets : les étoiles Be dites "classiques" présentent un excès IR lié au rayonnement libre-libre et libre-lié de l'enveloppe circumstellaire, les étoiles B[e] ont en plus une émission thermique provenant de la poussière autour de l'étoile. Or, la poussière autour d'une étoile à 25 000 K reste, pour le moment, un mystère puisque le rayonnement Lyman alpha de l'étoile chaude devrait rendre impossible toute nucléation à l'ETL. Les étoiles Be et B[e] sont observées dans notre Galaxie ainsi que dans les Nuages de Magellan. Les étoiles Be classiques pourraient être beaucoup plus nombreuses dans les régions de faible métallicité comme les Nuages de Magellan. Selon les travaux sur l'évolution stellaire faits par Maeder et Meynet, en particulier en ce qui concerne les étoiles chaudes O et B, la rotation rapide, qui est une propriété commune aux étoiles Be, est favorisée au cours de la vie de l'étoile sur la séquence principale, dans les milieux de faible métallicité.

Le phénomène B[e] ne semble pas avoir une localisation spécifique dans le diagramme H-R; toutefois les étoiles B[e] des Nuages de Magellan sont beaucoup plus lumineuses que les étoiles B[e] galactiques dont le nombre et la distribution sont très mal estimés. L'excès IR est une propriété très importante pour détecter les étoiles qui ont un environnement circumstellaire contenant du gaz et de la poussière mais qui ne sont

pas connues comme telles du fait qu'elles sont lointaines ou situées dans des régions très obscurcies. Les surveys en infrarouge DENIS et 2 MASS sont particulièrement intéressants pour détecter de tels objets.

Ces 5 dernières années notre groupe a déjà publié plus de 12 articles dans des revues à comité de lecture sur le sujet et nous nous proposons actuellement de développer plus particulièrement certains axes de recherche :

La préparation des observations à Haute Résolution Angulaire de ce type d'étoiles que nous avons proposées à l'aide des 2 premiers instruments focaux du VLTI. Notre demande d'observation d'étoiles Be et B[e] sur l'instrument MIDI (10 microns) vient d'être acceptée dans le cadre du "Science Demonstration Time" et notre proposition dans le cadre du temps garanti sur l'instrument AMBER (2 microns) a également été retenue. Enfin, en collaboration avec l'équipe d'Anne-Marie Hubert de l'Observatoire de Paris-Meudon, nous avons présenté une demande d'observation sur l'instrument FLAMES (i.e. GIRAFFE) sur le VLT qui a également été retenue dans le cadre du temps garanti. Dans ce dernier cas, il s'agit d'étudier les différences de populations et les rapports étoiles Be/B dans des amas des nuages de Magellan et notre Galaxie, études qui seront menées dans le cadre de l'exploitation du code SIMECA (Simulation pour Étoiles Chaudes Actives) développé dans l'équipe.

Cette préparation présente un aspect modélisation numérique important à travers le développement du code SIMECA, un traitement du transfert de rayonnement 3D plus approprié (en collaboration avec Rainer Wehrse du Max-Planck Heidelberg) et l'introduction de la variabilité long terme dans le code. Ce travail de modélisation ayant pour objectif l'exploitation des mesures obtenues avec le VLTI et les instruments AMBER et MIDI. Il s'agit également d'effectuer tout le traitement des données VLTI pour ce type d'objet grâce aux logiciels développés au sein du JMMC. Dans le cas des étoiles B[e] un travail important reste à faire dans la compréhension des processus physiques qui se déroulent au sein de ces objets comme la nucléation des grains et le couplage grain-gaz dans un environnement fortement hors-ETL. Toutes l'expertise et les compétences nécessaires à l'aboutissement d'un tel projet se trouvent réunies à l'intérieur du groupe « Astrophysique » du futur laboratoire GEMINI ainsi qu'à travers les multiples collaborations nationales (GRETA)

et internationales dans le domaine de l'hydrodynamique, du transfert de rayonnement et de la haute résolution angulaire.

#### **Atmosphères étendues des étoiles évoluées**

L'une des caractéristiques remarquables des étoiles géantes rouges est de posséder une importante perte de masse. Ces étoiles contribuent donc à l'enrichissement du milieu interstellaire par les éléments chimiques nouveaux synthétisés dans leurs cœurs. L'étude de la structure de l'atmosphère étendue de ces étoiles, alliant observations à Haute Résolution Angulaire et spectroscopiques et de la modélisation, doit conduire à préciser les mécanismes à l'origine de cette perte de masse.

Les étoiles de la Branche Asymptotique des Géantes (BAG) sont très lumineuses, atteignant plusieurs milliers de fois la luminosité solaire. Parmi leurs caractéristiques, l'une des plus importantes concerne la variabilité, dont une partie est liée à la pulsation de l'étoile. L'autre grande caractéristique est le taux élevé de perte de masse, jusqu'à 10<sup>-5</sup> Mo/an, la matière soufflée atteignant une vitesse d'éjection de l'ordre de 5 à 20 km/s. Les étoiles s'entourent donc progressivement d'une enveloppe en expansion dont la taille peut atteindre des dimensions importantes, environ 1 à 2 pc, avant de se diluer dans le milieu interstellaire (MIS). On estime que, dans le voisinage solaire, le renouvellement du MIS et son enrichissement s'opère à 70 % sous l'effet de la perte de masse des étoiles de la BAG (Sedlmayr, 1994).

Nos recherches dans ce domaine (à l'OCA) étaient axées ces dernières années sur l'étude des environnements circumstellaires des étoiles de la BAG. Ces étoiles ont des enveloppes de gaz et de poussière. C'est au travers de modèles empiriques basés sur le transfert de rayonnement (méthode de Monte Carlo) que les conditions physiques et la géométrie des enveloppes sont étudiées. Les contraintes observationnelles les plus fortes proviennent des méthodes de Haute Résolution Angulaire. Le 10 microns a souvent été une longueur d'onde privilégiée pour l'observation, du fait du rayonnement thermique des poussières.

Cet objectif de recherche (observation, modélisation par simulation du transfert de rayonnement et ajustement des données, interprétation) reste un axe dominant du travail actuel.

Nous souhaitons ajouter aujourd'hui une dimension dynamique à ces études.

La perte de masse est un phénomène variable au cours du temps, essentiellement dû à des ondes de chocs et à l'interaction dynamique et thermodynamique entre les grains de poussière, le gaz et

le rayonnement. Ces questions ont été étudiées et modélisées depuis quelques années par des travaux théoriques auxquels nous avons activement participé. Nous avons abordé au travers de la modélisation les problèmes liés au couplage grain/gaz (Thèse de Stéphane Liberator) et ceux liés au couplage transfert et formation de poussière (Thèse de Gilles Niccolini). Nous proposons aujourd'hui des observations multispectrales en HRA (utilisant AMBER et MIDI et plus tard APreS-MIDI et VINI) pour un suivi temporel de l'évolution de ces sources évoluées en symbiose avec une interprétation physique. Les premiers résultats attendus concernent le couplage entre chocs et formation de poussière, la poussière jouant un rôle (via la pression de radiation) dans les mécanismes de perte de masse. Par ailleurs, des études sont en cours, rentrant dans le cadre du thème 'planètes extrasolaires' pour contribuer à la compréhension de l'évolution des planètes autour des étoiles évoluées.

#### **Instabilités stellaires : pulsations, activité et dynamique atmosphérique**

La variabilité est bien établie pour bon nombre d'étoiles dans le diagramme HR. L'intérêt majeur se trouve dans l'étude des différents groupes de variables pulsantes parmi lesquels sont plus particulièrement étudiées les étoiles chaudes beta Céphéides et SPB, ainsi que les différents groupes de la bande d'instabilité des Cepheides (delta Scuti, RR Lyrae...) ou voisins (gamma Doradus...). Les limites des bandes d'instabilité, la détection de nouvelles variables, la détermination des fréquences de pulsation et des modes excités constituent des points forts dans la caractérisation de la variabilité : structure interne, mécanisme d'excitation, limite surface/atmosphère... Parmi les variables, certaines peuvent en outre être considérées comme hybrides entre 2 familles de modes différents (sondage plus fin de la structure interne), ou encore voir leurs oscillations propres déferler en choc dans l'atmosphère. Les ondes de propagation engendrées permettent-elles aussi de mieux connaître la stratification atmosphérique. Ces variables particulières offrent ainsi des contraintes uniques sur les modèles en cours d'élaboration. Ces contraintes sont encore plus vives lorsque des forces "parasites" à la pulsation sont en présence, telles que l'activité, la rotation, le magnétisme, la binarité... Le cas particulier des Be est abordé sous le double aspect de la pulsation et de l'activité; le rôle déterminant de la rotation est également pris en compte.

L'observation des étoiles variables nécessite d'avoir recours à différentes techniques et le plus souvent à des observations coordonnées en

longitude (photométrie et spectroscopie) et à l'exploitation de données satellitaires comme celles d'Hipparcos. Dans ce domaine, notre implication est forte dans les différents groupes internationaux (WG de MONS, COROT, GAIA), laissant présager des découvertes importantes dans les 10 ans à venir (découvertes de nouvelles variables, liens à grande échelle avec la structure galactique et des galaxies proches, extension des zones radiatives/ convectives...). Dans la continuité de COROT, où nous contribuons seulement à un programme additionnel, nous souhaitons nous impliquer dans la définition des programmes principaux de EDDINGTON. Cela va donc conduire à l'obtention de nombreuses données d'observation qu'il faudra réduire, impliquant des besoins en personnel à ce niveau. Les instruments terrestres nécessaires pour remplir ces objectifs concernent essentiellement la spectroscopie haute résolution à haut signal sur bruit (nous avons contribué à la définition du projet SOPHIE de l'OHP - participation à un stage de DEA - et à plus court terme nous utiliserons les spectro-polarimètres ESPADON et NARVAL. En outre, pour ce qui est des phénomènes à grande échelle se déroulant dans l'atmosphère, l'exploitation des nouveaux instruments de la HRA (AMBER, MIDI, VINCI) nous apportera de nouvelles contraintes pour les modèles actuellement développés.

#### **Paramètres fondamentaux (masses, distances, rayons, $T_{\text{eff}}$ ...)**

La compréhension de l'évolution des galaxies repose en grande partie sur notre connaissance de l'évolution stellaire. Celle-ci résulte notamment de la confrontation entre les prédictions de schéma évolutif (diagramme HR théorique) produit par les modèles physiques de la structure interne des étoiles et la position des étoiles dans ce diagramme résultant des observations. La détermination des paramètres initiaux d'un modèle comme la position d'une étoile dans le diagramme HR, sont conditionnées par la connaissance précise des paramètres stellaires fondamentaux (masse, rayon, luminosité). Ceux-ci ne peuvent être obtenus directement que par la combinaison d'observations astrométriques, interférométriques, spectroscopiques et photométriques d'étoiles dont on connaît précisément la distance, c'est-à-dire le plus souvent de composantes d'étoiles doubles. En outre, une base d'étoiles doubles visuelles, SIDONIE, est maintenue et connectée au réseau depuis l'Observatoire de Nice.

#### **Détection directe des exo-planètes et leur caractérisation**

1) Nous avons étudié (collaboration avec R. Petrov, UNSA) le potentiel du VLTI pour la détection directe de planètes extrasolaires par interférométrie différentielle. Dans le cadre de sa thèse, Martin Vannier a pu aborder plus en détail certains aspects liés aux précisions instrumentales d'AMBER et MIDI, du VLTI ainsi qu'une étude de l'espace des paramètres astrophysiques qui seraient contraints à l'aide de ce type d'observations.

Un des résultats de nos travaux a été de montrer qu'une détection directe est envisageable avec le VLTI mais reste néanmoins délicate. Un 'beam inverter' a été conçu et implémenté dans AMBER. Des demandes d'observations sur AMBER et MIDI ont été soumises. Les premières observations auront lieu au cours de l'été 2003. Ces études se sont étendues à l'étude du potentiel du NGST pour la détection de planètes par méthode différentielle. Le spectro-imageur MIRI/NGST prend en compte cette possibilité de mesure (collaboration avec S Bensammar et D. Dubreuil).

2) Nous étudions les étoiles évoluées de type Géantes Rouges comme cibles potentielles d'observation pour TPF et DARWIN. Une planète qui se situerait dans l'environnement d'une telle étoile, serait soumise à une évolution 'rapide' de la zone dite 'habitable'. Ceci représente, contrairement à certaines idées reçues, un intérêt qui peut contribuer à la compréhension de l'émergence de la Vie dans l'Univers. Une collaboration existe avec W.C. Danchi (NASA), un tel programme d'observations pourrait être implémenté sur une mission précurseur de TPF.

3) La détection directe permet de recueillir les photons de la planète, ce qui n'est pas le cas jusqu'ici (les exo-planètes identifiées l'ont été par l'observation de l'étoile parente). Cet apport ouvre des champs d'observations et d'analyse que l'on peut alors véritablement désigner comme exoplanétologie. Il s'agira au minimum de transposer et d'étendre les travaux menés sur les planètes du Système Solaire. En particulier, la spectroscopie et la polarimétrie dans le domaine IR permettront de tester et d'exploiter les modèles d'atmosphère planétaire développés à l'OCA. Pour atteindre cet objectif scientifique il est indispensable de poursuivre l'effort de conception et de développement instrumental déjà en cours à l'OCA à travers les projets coronographiques ainsi que l'exploitation des données existantes ou futures.

#### **Activité Instrumentales et R & D**

Les contributions de notre groupe au domaine de recherche 'frontière de l'observation' qu'est la HRA se situent à divers niveaux : a) développement de logiciels et optimisation de méthodes ;

b) développement de prototype, mise en opération d'instrument locaux ; c) participation aux instruments de future génération qui équipent les interféromètres internationaux ; d) R&D en coronographie et 'nulling'. D'une manière générale, les travaux développés ces dernières années donnent aujourd'hui aux chercheurs et ingénieurs de notre groupe une solide expertise dans la conduite de grands projets.

Développement de logiciels et optimisation de méthodes: il s'agit de développement logiciels spécifiques aux instruments interférométriques et concernant notamment le développement des logiciels du Centre Mariotti (ASPRO, outils de préparation des observations, de recherche d'étoiles de calibration ainsi que optimisation des algorithmes d'interprétation des mesures interférométriques). Dans les années à venir, compte tenu des développements instrumentaux importants que nous comptons mener dans le cadre de l'imagerie interférométrique avec le VLTI (voir plus loin et dans la proposition de Programme Pluri Formations les projets APRES-MIDI et Imageur VLTI), nous allons dans ce domaine également développer les outils logiciels spécifiques adaptés à la reconstruction d'images en interférométrie optique (utilisation de la clôture de phase, algorithmes optimaux). Des collaborations existent déjà au niveau national avec des groupes experts dans le domaine et notamment nous envisageons d'étendre cela aux compétences existantes dans le domaine de l'interférométrie millimétrique. Il s'agit aussi de l'ensemble de l'activité de simulation numérique lourde pour les objets astrophysiques qui nous intéressent (codes Monte Carlo, transfert du rayonnement, atmosphères dynamiques...).

Développement de prototype, mise en opération d'instrument locaux: notre groupe a la responsabilité opérationnelle de l'interféromètre GI2T/REGAIN et s'il n'y a plus aujourd'hui de gros développements envisagés, cela correspond à une charge assez importante en maintenance, jouvence et petites opérations : nouveaux détecteurs à comptage de photons (mise en service en 2003), mode polarimétrie SPIN en liaison avec l'Observatoire de Grenoble et de Meudon. Le développement d'un prototype d'optique adaptative dit « bas coût » conduit aujourd'hui à une installation de ce dispositif pour tests au foyer du télescope du Laser Lune. Son utilisation technologique et scientifique est en cours de définition.

Participation aux instruments de future génération qui équipent les interféromètres internatio-

naux: La priorité de nos actions de développement instrumental dans les années à venir est centrée pour une première partie sur le développement de l'instrumentation interférométrique du VLTI. Nous sommes impliqués actuellement dans plusieurs propositions (APRES-MIDI, VINI, VIDA) en collaboration nationale et internationale. Ces propositions sont à des degrés divers et vont de projets quasiment constitués à des opérations de R&D et d'étude de concept. Le projet APRES-MIDI est un upgrade de l'instrument MIDI visant à permettre techniquement la recombinaison des 4 télescopes à 10  $\mu\text{m}$ . L'idée originale est née dans le groupe et un consortium dans le prolongement de celui de MIDI est en cours de définition. Des pré-études ont été menées et conduisent aujourd'hui à une proposition ferme en cours de négociation. Le groupe compte prendre naturellement la responsabilité principale de ce projet et l'implication humaine est en cours de définition. Une deuxième proposition intermédiaire a été développée avec des collègues de l'Université de Nice Sophia-Antipolis, de l'Observatoire de Lyon et du Max Planck Institut à Bonn et qui vise à étendre les longueurs d'onde de l'instrument AMBER vers le visible. Enfin nous avons commencé des études conceptuelles en liaison avec le laboratoire LISE du Pr. A. Labeyrie à propos d'un mode imageur pour le VLTI et consistant à recombinaison 6 ou 8 télescopes. Cette proposition pourrait à terme conduire au développement d'un projet lourd d'instrument de deuxième génération et qui intégrerait les capacités d'observation dans le visible. Cette dernière étude est une des priorités du PPF Imagerie proposé conjointement avec l'UNSA et nous proposons en fait de développer un prototype d'un tel système de recombinaison en laboratoire et en test sur le ciel grâce à des masques pupillaires placés au foyer corrigé de l'optique adaptative en cours de montage au télescope laser lune. Parallèlement, des études numériques seront menées pour dimensionner correctement l'instrument en réponse aux spécifications scientifiques, dans le cadre de la pré-étude. Ces études concrètes sont développées avec également la perspective à plus long terme de la future génération des grands collecteurs optiques ou dans l'espace : la génération post-VLT, VLTI.

R&D en coronographie et 'nulling': Une autre des activités phares de développement instrumental dans notre groupe concerne l'interférométrie annulante et la coronographie. Le CIA est une idée et une réalisation de notre groupe et outre la poursuite de son exploitation sur le CFH, une étude est actuellement en cours

pour son implantation entre le système d'optique adaptative du VLT NAOS et la caméra associée CONICA. Ces études sont naturellement dans le contexte de la préparation et des études liées à la réponse française pour le PLANET FINDER de l'ESO/VLT. De nouveaux concepts de coronographes sont encore à l'étude et la qualification comparée de ces différents concepts est un des enjeux majeurs de la phase actuelle afin d'aboutir aux meilleurs concepts pour les grands instruments comme le Planet Finder ou le mode coronographique du JWST. Enfin une partie du groupe est de longue date impliquée dans les pré-études et études techniques liées à la mission spatiale DARWIN de l'Agence Spatiale Européenne. Outre les aspects techniques comme les déphaseurs chromatiques interférentiels des études plus 'système' sur la mission sont également menées. Dans ce cadre l'ESA s'est récemment associée à l'ESO pour un démonstrateur technologique au sol du mode 'nulling', il s'agit du programme GENIE. Ces travaux sont dans la droite ligne des études entreprises pour Darwin et nous comptons y jouer un rôle d'expertise à la fois scientifique et technique. Enfin l'ESA est en cours de programmation pour une mission technologique préparatoire à DARWIN visant à tester les modes interférométriques dans les conditions spatiales (projet SMART-2, puis SMART-3); le CNES souhaite y apporter un soutien important et il est clair que les compétences acquises par notre groupe pourraient être extrêmement valorisées dans ce contexte.

## SOLAIRE

En matière de physique solaire, quelques objectifs scientifiques se dessinent au niveau international, parmi lesquels on peut en citer trois principaux :

détermination de l'état physique du Soleil, à partir des équations d'état, et évolution temporelle de l'astre en termes de composition et de structure interne ;

- ⇒ compréhension des processus qui gouvernent la physique de l'astre : convection (génération d'énergie mécanique, transport turbulent, fluides compressibles), magnéto-hydrodynamique (description cinématique et dynamique), écoulements internes fluides (sur toutes échelles spatiales et influence sur la rotation interne) ;
- ⇒ compréhension fine des mécanismes de l'activité solaire (magnétisme) et manifestations externes : en surface et au-delà, jusqu'au niveau de l'environnement terrestre.

Au niveau observationnel, l'Optique Adaptative solaire sera développée.

La compétence de l'équipe solaire, du moins dans sa composante « astrophysique solaire » s'inscrit clairement dans la problématique du point 3 énoncé ci-dessus. Les principaux points qui seront développés au cours des années à venir concernent :

### 1- Etude des déformées gravitationnelles de surface

Trois domaines d'études seront abordés au cours des prochaines années :

- La mesure extrêmement précise de la forme globale du Soleil nous renseigne sur la distribution de masse et de vitesse, en surface et en profondeur. La mise en évidence de très faibles écarts à la sphéricité, associée à une mesure fine de la rotation des couches, permet de sonder l'astre en profondeur, et tout particulièrement les couches externes extrêmement mal connues. C'est ce que G. Isaak appelle « a new window open over the Sun's interior », et la méthode est complémentaire de l'héliosismologie.
- La détermination du paramètre « gamma » de la relativité générale, dans les théories dites PPN (post parametrized newtonian). Ce paramètre est en effet très sensible aux modes gravitationnels, et la connaissance précise de ( $J_2$  solaire) permet de donner une fourchette de valeurs très restreinte pour gamma. C'est là aussi le seul moyen connu à ce jour, moyen qui sera repris par GAIA, à partir de l'observation des petites planètes.
- La détermination plus précise des orbites des planètes, en particulier la ligne des apsides (encore particulièrement incertaine). Pour l'instant, à ma connaissance, le BDL (pas plus que les autres instituts de ce type) ne prennent en compte une valeur de ( $J_2$  solaire) dans leurs intégrations d'éphémérides (pris = 0). Depuis quelques années, les mesures avec l'héliomètre à balayage monté à la coupole nouvelle au Pic du Midi ont montré qu'il était possible de déterminer la forme globale du soleil avec une très grande précision (3 mas) lorsque les conditions de seeing le permettent. Ces résultats confortent ceux obtenus par d'autres méthodes dans d'autres observatoires et montrent une dépendance latitudinale du rayon. L'interprétation théorique est maintenant possible, ce qui permettra dans l'avenir de contraindre les modèles d'intérieur solaire. En particulier, il n'est pas impossible que les variations d'irra-

diance non modélisées par des méthodes classiques proviennent de ces variations de la forme globale du soleil.

## 2 - Forçage du Soleil sur le climat

Le Soleil est le principal acteur du forçage climatique terrestre. Il n'existe pas de modèles qui, à partir de la variabilité solaire, permet de prédire quelle région du Soleil sera active, où et quand se produira une éjection de masse, etc... Il n'existe pas encore de modèles couplant cette activité solaire avec les effets de l'environnement terrestre.

Cette dernière question, parmi d'autres, EST pourtant au centre d'une demande sociétale actuelle. Les interactions sont importantes à comprendre et à modéliser, car elles ont des effets sur :

- les satellites à basse orbite, et leur trajectographie ;
- la santé des humains dans l'espace et les avions à haute altitude, où elles peuvent causer des dommages sévères sur les circuits électriques et électroniques.
- le climat de la terre par ionisation dans la haute atmosphère et répercussions dissociatives dans les couches plus basses (et éventuellement phénomènes de nucléations et production d'agrégats de vapeur d'eau, d'où formation des nuages).

Les études de l'équipe portent sur la détermination précise du rapport  $w = (dR/R) / (dL/L)$  qui est un paramètre clé dans les études de modélisation du forçage climatique.

## 3 - Mesures au sol du rayon solaire: série temporelle de référence.

Il s'agit de la série visuelle de Francis Laclare à Calern (1975-2002) qui donne les variations apparentes du rayon solaire avec une dispersion moyenne de 0.28", obtenue avec l'Astrolabe Solaire équipé de 11 prismes en zérodur. Cette série a été qualifiée depuis 1989 par des mesures CCD avec une dispersion de 0.24".

Entre 1999 et 2002, DORAYSOL a fourni, avec cette même dispersion, quelques 7000 mesures également très cohérentes avec la série visuelle. Ce recouvrement doit permettre la poursuite de la série de Laclare avec cet instrument de nouvelle génération: il conserve les qualités métrologiques des astrolabes, le pilotage et l'acquisition CCD se font par ordinateur et il est équipé d'un prisme "variable" dont la stabilité n'est pas encore totalement maîtrisée en 2002.

Il reste à perfectionner DORAYSOL de manière à atteindre une dispersion de 0.20" à Calern. Cela passe par l'étude et la réalisation d'une nouvelle génération de prismes variables, de stabilité plus

grande et éventuellement de conception optique différente. A partir de 2003-2004, l'association avec MISOLFA (voir ci-après) devrait nous permettre de descendre à terme jusqu'à la précision de 0.10" qui correspond aux meilleures conditions atmosphériques du site.

À côté de la série de l'OCA, il existe la série de l'observatoire national ON de Rio qui a fait plus de 14 000 mesures depuis 1997 ( $\sigma = 0.40''$ ). Un instrument analogue à DORAYSOL y est d'ailleurs en construction, l'objectif étant de rejoindre la qualité des observations françaises.

Soutenus par une coopération franco-algérienne efficace du MAE, nous construisons en 2002 dans les ateliers de Calern une réplique de DORAYSOL qui sera installée en 2003 à l'observatoire de Tamanrasset (qui dépend du CRAAG d'Alger). Nous aurons alors les premiers maillons forts du Réseau de Suivi au Sol du Rayon Solaire (R2S3) que nous voulons opérationnel avant le lancer de PICARD en 2007.

## PICARD

Le microsatellite PICARD répond en partie aux objectifs scientifiques ci-dessus. C'est un moyen technique qui permettra d'engranger des données de qualité et de précision supérieures, et qui pourront servir de référence pour l'ensemble des données sol.

L'installation à Calern de la composante sol de ce projet (PICARD-Sol) est l'une des priorités de l'équipe : la réplique au sol du télescope de PICARD, SODISM II, associée au moniteur d'images solaires MISOLFA, devra permettre, par comparaison avec les données spatiales, de mieux comprendre et de quantifier l'influence de l'atmosphère terrestre sur la mesure du diamètre solaire.

Sont associés à cette composante sol les instruments MIRE SOL (détection des facules et taches au limbe) et bien entendu DORAYSOL, qui devra aussi bénéficier de l'apport de MISOLFA pour quantifier l'influence atmosphérique sur les mesures astrométriques.

À terme (au delà de 2007), il peut être envisageable de faire prendre le relais des observations spatiales par les observations sol grâce à une meilleure connaissance de l'état de l'atmosphère (travaux menés en collaboration avec les scientifiques de l'USNA et du CRAAG d'Alger).

Enfin les études comparées sol-espace pourront contribuer à l'étude de l'influence de l'activité solaire sur l'atmosphère terrestre et apporter une pierre dans la compréhension des relations Soleil-Terre.

Les moyens que nous mettons en œuvre pour ces recherches se situent à différents niveaux :

1. Théorie, modélisation, simulation numérique
  - ▶ Hydrodynamique
  - ▶ Enveloppes de gaz et de poussières
  - ▶ Dynamique atmosphérique
  - ▶ Transfert du rayonnement
  - ▶ Déformées gravitationnelles de surface
  - ▶ Modèles analytiques et numériques de limbe solaire
  - ▶ Optique atmosphérique
  - ▶ Activité solaire
  
2. Autres techniques d'observation :
  - ▶ Spectroscopie cible et IR (basse et moyenne résolution) : UVES, ISAAC, SOFI, FORS, FEROS, AURELIE, ELODIE, SOPHIE
  - ▶ Photométrie (exploitation de données)
  - ▶ Spectro-Polarimétrie : MUSICOS, ESPADON, NARVAL
  - ▶ Coronographie et interférométrie annulante : GI2T: spectroscopie visible, VLTI: MIDI (10 m), AMBER (J,H,K & résolution spectrale), VINCI (court terme)
  - ▶ Moyens spatiaux (photométrie et spectroscopie) : HIPPARCOS, COROT, MONS, GAIA, EDDINGTON
  - ▶ DORaySol
  - ▶ MISolFA
  - ▶ SODISM II
  - ▶ MIRE SOL
  - ▶ Exploitation comparée des données Sol et Espace
  - ▶ Héliomètre du Pic du Midi
  
3. Services
  - ▶ Centre d'expertise en interférométrie JMMC : contribution aux différents développements logiciels en cours et à venir, gestion d'un centre d'opération et d'utilisation des outils.
  - ▶ Opération de l'interféromètre GI2T/REGAIN : des outils de préparation aux outils d'analyse de données en passant par la maintenance, jouvence et son opération en observation.
  - ▶ Base de données SIDONIE : maintenance et mise à jour
  - ▶ Opération des instruments solaires (DORaySol, PICARD Sol, MIRE SOL)
  - ▶ Base internationale de données du rayon solaire
  - ▶ Centre de mission PICARD SOL
  
4. Développements instrumentaux, R&D:
  - ▶ Détecteurs comptage de photons pour le visible
  - ▶ Optique adaptative pour l'interférométrie
  - ▶ Coronographes
  - ▶ Prototypes de recombineur densifieur
  - ▶ Déphaseurs achromatiques pour l'interférométrie annulante
  - ▶ Prisme Variable de nouvelle génération
  - ▶ Développement instrumental de MISOLFA et SODISM II
  - ▶ Instruments automatiques de mesure du diamètre
  
5. Projets:
  - ▶ Upgrade VLTI : AprèsMidi à 10  $\mu\text{m}$ ; VINI pour le visible sur AMBER
  - ▶ 2<sup>o</sup> génération VLTI : recombineur imageur direct VIDA
  - ▶ VLT Planet Finder
  - ▶ Contributions GENIE & DARWIN
  - ▶ Opportunités spatiales SMART2, SMART3, DARWIN
  - ▶ Études conceptuelles long terme (future génération des collecteurs optiques sol ou spatiaux).
  - ▶ Réseau de Suivi au Sol du Rayon Solaire (R2S3)

- ▶ PICARD / PICARDSOL – développement et exploitation

Ces recherches sont naturellement menées dans un cadre large de collaborations :

1) au niveau national (liste en cours):

- ▶ Laboratoire d'Astrophysique (HRA, Sympa)
- ▶ Laboratoire d'Interférométrie Stellaire et Exoplanétaire
- ▶ Laboratoire d'Astrophysique de l'Observatoire de Grenoble
- ▶ Obs. de Lyon (Equipe AIRI), Obs. de Meudon, Obs. Midi-Pyrénées, Obs. Hte Provence
- ▶ Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay
- ▶ Alcatel-Space Industries, Cannes
- ▶ Institut Fresnel, Université de Marseille (St Jérôme)
- ▶ Université de Bourgogne (Dijon, Laboratoire Infrarouge)
- ▶ Société A.C.R.I. , Sophia-Antipolis
- ▶ Service d'Aéronomie - Verrières

a.

2) au niveau international :

- ▶ ISI
- ▶ ESO (Chili)
- ▶ Académie des Sciences de la République Tchèque, Académie des Sci. de Moscou,
- ▶ Max-Planck Heidelberg, Bonn
- ▶ Universités de Liège et de Louvain, Univ. de Vienne, Univ. d'Alger, Univ. de Western-London et Collège Royal (Canada)
- ▶ Observatoire de Grenade, Obs. de Merate, Obs. de Rome
- ▶ UNAM (Mexique)
- ▶ Université d'Hawaii (réseau du PSPT : Precision Solar Photometric Telescope)
- ▶ Université de Catania
- ▶ Goddard Space Flight Center
- ▶ Observatoire National de Rio de Janeiro (PICS 2002-2004)
- ▶ CRAAG de l'Observatoire d'Alger (Accord-Programme du CMEP, 2000-2003)
- ▶ Turquie (Observatoire National d'Antalya)
- ▶ Autres membres :
- ▶ Brésil (IAG de São Paulo), Chili

## Personnels du groupe ASTROPHYSIQUE

- Dominique ALBANESE (T)
  - Observateur
  - Informatique scientifique
- Pierre ANTONELLI (IR)
  - Electronique, mécanique
  - Gestion de projet
- Alain BLAZIT (CR1)
  - Instrumentation Opt. Adapt. Détecteurs.
  - Etoiles évoluées
- Nicole BERRUYER (AA1)
  - Physique stellaire, étoiles évoluées.
  - Dynamique Poussières/Gaz
- Daniel BONNEAU (A1)
  - Instrumentation HRA
  - Etoiles binaires
- Yves BRESSON (IE)
  - Etudes optiques
  - Réalisations, intégrations
- Merièmè CHADID (AA2)
  - Physique stellaire
  - Etoiles variables
- Eric CHAPPELLIER (AA1)
  - Physique stellaire
  - Etoiles variables
- Jean-Louis CHEVASSUT (AI)
  - Observateur
  - Electronique, intégration
- Jean-Michel CLAUSSE (IE2)
  - Informatique contrôle temps réel
  - Informatique scientifique
- Pierre CRUZALEBES (CR1)
  - Etoiles symbiotiques
  - Méthodes interférométriques
- Michel DUGUE (IR)
  - Informatique temps réel
  - Informatique contrôle instruments
- Laurent ESCARRAT (thèse)
  - Interférométrie frange noire
  - Exo planètes/Darwin
- Sébastien FLAMENT (Inf.)
  - Informatique scientifique
- Jean GAY (A1)
  - Coronographie, franges noires
  - Exo planètes
- Slim HAMDANI (thèse)
  - Optique adaptative
  - Interférométrie optique
- Jean-Pierre LAFON (DR associé 30% en 2004)
  - Physique stellaire
  - Ondes de choc
- Stéphane LAGARDE (IR)
  - Système
  - Instrumentation HRA
- Danielle LECONTEL (IE2)
  - Informatique scientifique
  - Etoiles variables
- Jean-Michel LE CONTEL (DR)
  - Physique stellaire
  - Etoiles variables
- Bruno LOPEZ (AA1)
  - Etoiles évoluées, exo planètes
  - Transfert de rayonnement/poussière Instrumentation HRA

- Philippe MATHIAS (AA1)
  - Physique stellaire
  - Etoiles variables
- Serge MENARDI (IR2 détaché ESO)
  - Etudes et réalisations optiques
  - Intégration, système
- Guy MERLIN (IE2)
  - Informatique contrôle instrument
  - Electronique
- Denis MOURARD (A2)
  - Instrumentation HRA
  - Etoiles pulsantes
- Nicolas NARDETTO (thèse)
  - Etoiles pulsantes, dynamique atmosphérique
  - Interférométrie optique
- Gilles NICCOLINI (thèse)
  - Etoiles évoluées, enveloppe
  - transfert poussière, formation de poussière
  - Interférométrie IR Thermique
- Christian POLLAS (IE2)
  - Instrument TAROT
- Yves RABBIA (A1)
  - Coronographie, franges noires
  - Exo planètes/Missions spatiales
- Alain ROUSSEL (IR)
  - Etudes mécaniques
  - Système
- Jean-Pierre SAREYAN (CR1)
  - Physique stellaire
  - Etoiles variables
- Jean-Louis SCHNEIDER (AI)
  - Etudes mécaniques
  - Intégration
- Alain SPANG (T)
  - Observateur
  - Etudes optiques, mécaniques
- Philippe STEE (CR1)
  - Etoiles chaudes actives
  - Transfert du rayonnement
  - Instrumentation HRA
- Martin VANNIER (thèse UNSA en co-direction)
  - Exo planètes
  - Interférométrie optique différentielle
- Jean-Claude VALTIER (A1)
  - Physique stellaire
  - Etoiles variables
- Pamela WILSON (AI 50%)
  - Informatique scientifique
  -

## Personnels du groupe PHYSIQUE SOLAIRE Groupe Scientifique & Technique (2 chercheurs, 3 ingénieurs):

- DELMAS Christian (A2)
- FALIN Jean-Louis (IR0)
- MORAND Frédéric (IE2)
- ROZELOT Jean-Pierre (A1)
- Associé :
- LACLARE Francis

## Etudiants (1 doctorant):

- LEFEBVRE Sandrine (2000-2003)

ÉTABLISSEMENT : Observatoire de la Côte d'Azur

NOM DU RESPONSABLE DE L'UNITÉ : P. EXERTIER

**FICHE D'ACTIVITÉ INDIVIDUELLE RÉSUMÉE  
POUR ENSEIGNANT-CHERCHEUR OU CHERCHEUR (1998-2001)**

(Une personne ne figure que sur la liste d'une seule unité soutenue, si exceptionnellement ce n'est pas le cas, mentionner l'autre unité et la quotité)

NOM : BLAZIT	Section du CNU
PRENOM : Alain	et / ou du Comité National : 14
Enseignant-chercheur [ ] HDR [ ]	Direction scientifique de la Mission Scientifique Universitaire :
Chercheur .....[ X ] HDR [ ]	Département scientifique du CNRS : SDU
Date de naissance : 17/5/1950	Délégation du CNRS :
CORPS ET GRADE : CR1	ou CS INSERM :
N° de téléphone : 04 93 40 54 96	ou CSS INRA :
Etablissement public d'affectation statutaire : OCA ou autre :	
UNITE (code, intitulé, ville, directeur) : UMR6528 Fresnel, Nice ; J. C. Valtier	

Appartenance à : Commission de spécialistes de l'établissement N° [ ]  
Conseil Scientifique Oui [ ] Non [ ]

**1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPÉS**

Optique adaptative pour interférométrie.  
DéTECTEURS à comptage de photons.  
Observations haute résolution angulaire d'étoiles type T Tau et Mira.

**2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITÉS DE RECHERCHE**

Optique adaptative de GI2T : Essais sur table en cours. Etude pour implantation sur télescope laser Lune  
Pré-étude pour utilisation avec étoile laser ELPOA de R. Foy.  
Nouvelles caméras à comptage de photons CPNG-ALGOL pour équiper SPID et GI2T : participation aux études et à la réalisation. Les 5 caméras devraient être terminées fin 2002.  
Tavélographie : Observations d'étoiles jeunes et d'étoiles évoluées avec l'équipe AIRI de l'observatoire de Lyon.

**3) LISTE (AUTEURS, TITRE, RÉFÉRENCES) DES PRINCIPALES PUBLICATIONS (5 au maximum) dans revues avec comité de lecture, ainsi que des ouvrages ou livres, au cours des quatre dernières années (le cas échéant, joindre page annexe avec ces informations)**

D. Mourard, N. Thureau, L. Abe, P. Berio, A. Blazit, D. Bonneau, R. Petrov, F. Vakili, " The GI2T/Regain interferometer ", C.R Acad. Sci. Paris, t.2, Serie IV, p. 35-44, 2001.

**4) PRINCIPALES RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES ET ADMINISTRATIVES (INCLUANT DIRECTION DE THÈSE) :**

Direction de la thèse de C. Vérinaud, soutenue en 2000.

Direction de la thèse de S. Hamdani, en cours depuis 2000.

**5) COOPÉRATIONS INDUSTRIELLES ET VALORISATION (CONTRATS, DÉPÔTS DE BREVETS, LOGICIELS) :**

**6) INFORMATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET VULGARISATION :**

**7) ACTIVITÉS INTERNATIONALES (CONFÉRENCES INVITÉES, CONTRATS, SÉJOURS A L'ÉTRANGER DE PLUS DE DEUX MOIS...) :**

NB : Les séminaires et rapports ne seront pas mentionnés

**8) ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT :**

Etablissement :

Discipline :

Nature (CM, TD, TP) et volume (nombre d'heures effectives) :

Niveau (1er, 2e, 3e cycle, à l'exception de la direction des thèses) :

**9) DEMANDE PARTICULIÈRE ET MOBILITÉ :**

Veillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS ; une prolongation de mise à disposition ou de détachement ; un changement de section; un changement d'affectation ; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Date:

Date:

Avis et signature du Directeur de l'unité de recherche (pour les chercheurs CNRS) ou Signature du Président ou du Directeur de l'Etablissement d'enseignement supérieur et de recherche ou de son représentant (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) : (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) :

Signature de la personne concernée par cette fiche d'activité

ÉTABLISSEMENT : OCA \_\_\_\_\_

NOM DU RESPONSABLE DE L'UNITÉ : P. EXERTIER \_\_\_\_\_

**FICHE D'ACTIVITÉ INDIVIDUELLE RÉSUMÉE  
POUR ENSEIGNANT-CHERCHEUR OU CHERCHEUR (1998-2001)**

(Une personne ne figure que sur la liste d'une seule unité soutenue, si exceptionnellement ce n'est pas le cas, mentionner l'autre unité et la quotité)

NOM : BONNEAU	Section du CNU : 34
PRENOM : Daniel	et / ou du Comité National :
Enseignant-chercheur [ X ] HDR [ ]	Direction scientifique de la Mission Scientifique Universitaire :
Chercheur .....[ ] HDR [ ]	Département scientifique du CNRS :
Date de naissance : 15 03 1949	Délégation du CNRS :
CORPS ET GRADE : Astronome 1 ère classe	ou CS INSERM :
N° de téléphone : 04 93 40 54 94	ou CSS INRA :
Etablissement public d'affectation statutaire : OCA ou autre :	
UNITE (code, intitulé, ville, directeur) : UMR6528 Astrophysique et Méthodes Observationnelles	

Appartenance à : Commission de spécialistes de l'établissement N° [ ]  
Conseil Scientifique Oui [ ] Non [ ]

**1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPÉS**

Astronomie à Haute Résolution Angulaire

**2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITÉS DE RECHERCHE**

Détermination des paramètres stellaires fondamentaux (Rayon et Masse)  
Etude des étoiles doubles  
Morphologie des atmosphères stellaires étendues  
Instrumentation pour la Haute Résolution Angulaire

**3) LISTE (AUTEURS, TITRE, RÉFÉRENCES) DES PRINCIPALES PUBLICATIONS (5 au maximum) dans revues avec comité de lecture, ainsi que des ouvrages ou livres, au cours des quatre dernières années (le cas échéant, joindre page annexe avec ces informations)**

Gili R. et Bonneau D., CCD measurements of visual double stars made with the 74 cm and 50 cm refractors of the Nice Observatory (2<sup>nd</sup> series), 2001 A&A 378, 954  
Le Contel D., Valtier J.-C. et Bonneau D. SIDONIE : a gateway for visual double stars studies, 2001 A&A 377, 496L

Mourard, D., Bonneau, D., Glentzlin, A., Merlin G., Petrov, R. G., Pierron, M., Thureau, N., Abe, Lyu., Berio, Ph., Blazit, A., Chesneau, O., Stee, Ph., Ragland, S. D.; Vakili, F., Verinaud, Christophe., GI2T/REGAIN interferometer, 2000 SPIE 4006, 434  
Ragland, S. D., Bonneau, D., Mourard, D., Berio, Ph., Interferometric investigations of highly evolved stars, 2000 SPIE 4006, 523  
Thureau, N., Bonneau, D. et Girard, T., GI2T/REGAIN: multiple systems studied by high angular resolution optical interferometry, 2000 SPIE 4006, 588

**4) PRINCIPALES RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES ET ADMINISTRATIVES (INCLUANT DIRECTION DE THÈSE) :**

Co-direction de Thèse

Responsable du " Groupe Calibrateurs " du Centre Jean-Marie Marriotti

Directeur Adjoint de l'OCA pour le site de Calern

**5) COOPÉRATIONS INDUSTRIELLES ET VALORISATION (CONTRATS, DÉPÔTS DE BREVETS, LOGICIELS) :**

**6) INFORMATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET VULGARISATION :**

Conseiller scientifique de la commission Etoiles Doubles de la SAF

Conférences

**7) ACTIVITÉS INTERNATIONALES (CONFÉRENCES INVITÉES, CONTRATS, SÉJOURS A L'ÉTRANGER DE PLUS DE DEUX MOIS...) :**

NB : Les séminaires et rapports ne seront pas mentionnés

**8) ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT :**

Etablissement : Ecole doctorale UNSA-OCA

Discipline : Astrophysique

Nature (CM, TD, TP) et volume (nombre d'heures effectives) : CM

Niveau (1er, 2e, 3e cycle, à l'exception de la direction des thèses) : DEA

**9) DEMANDE PARTICULIÈRE ET MOBILITÉ :**

Veillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS ; une prolongation de mise à disposition ou de détachement ; un changement de section; un changement d'affectation ; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Date:

Date: 14 08 2002

Avis et signature du Directeur de l'unité de recherche (pour les chercheurs CNRS) ou Signature du Président ou du Directeur de l'Etablissement d'enseignement supérieur et de recherche ou de son représentant (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) : (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) :

Signature de la personne concernée par cette fiche d'activité

NOM DU RESPONSABLE DE L'UNITÉ : P EXERTIER

**FICHE D'ACTIVITÉ INDIVIDUELLE RÉSUMÉE  
POUR ENSEIGNANT-CHERCHEUR OU CHERCHEUR (1998-2001)**  
(Une personne ne figure que sur la liste d'une seule unité soutenue, si exceptionnellement ce n'est pas le cas, mentionner l'autre unité et la quotité)

NOM : Bonnefond	Section du CNU
PRENOM : Pascal	et / ou du Comité National : Astronomie
Enseignant-chercheur <input checked="" type="checkbox"/> HDR <input type="checkbox"/>	Direction scientifique de la Mission Scientifique Universitaire : DS3
Chercheur ..... <input type="checkbox"/> HDR <input type="checkbox"/>	Département scientifique du CNRS :
Date de naissance : 27/02/1965	Délégation du CNRS : DR20
CORPS ET GRADE : Astronome Adjoint 2 <sup>e</sup> classe	ou CS INSERM :
N° de téléphone : 0493405363	ou CSS INRA :
Etablissement public d'affectation statutaire :	ou autre :
UNITE (code, intitulé, ville, directeur) : UMR 6527, CERGA, Grasse, F. Mignard	

Appartenance à : Commission de spécialistes de l'établissement N°   
Conseil Scientifique Oui  Non

**1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPÉS**

Altimétrie satellitaire  
Mécanique spatiale  
Géodésie spatiale

**2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITÉS DE RECHERCHE**

Calibration/Validation des satellites TOPEX/Poseidon et Jason-1  
Développement d'un cédérom multimédia

**3) LISTE (AUTEURS, TITRE, RÉFÉRENCES) DES PRINCIPALES PUBLICATIONS (5 au maximum) dans revues avec comité de lecture, ainsi que des ouvrages ou livres, au cours des quatre dernières années (le cas échéant, joindre page annexe avec ces informations)**

Cazenave, A., P. Bonnefond, F. Mercier, K. Dominh and V. Toumazou, Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges, *Global and Planetary Change*, Volume 34, Issue 1-2, 59-86, 2002.

Exertier, P., P. Bonnefond, J. Nicolas, and F. Barlier, "Contributions of Satellite Laser Ranging to past and future radar altimetry missions", *Surveys in Geophysics, Special Issue on Evolving Geodesy*, Vol. 22, Nos. 5-6, pp. 491-507, 2001

Nicolas, J., F. Pierron, M. Kasser, P. Exertier, P. Bonnefond, F. Barlier, and J. Haase, "French Transportable Laser Ranging Station : Scientific objectives, technical features, and performance", *Applied Optics: Lasers, Photonics, and Environmental Optics*, Vol. 39 Num.3, pp. 402-410, 20 January 2000.

Bonnefond, P., P. Exertier and F. Barlier, Geographically correlated errors observed from a laser-based short-arc technique, *104 (C7), J. Geophys. Res.*, 15885-15893, 1999.

Exertier, P. and P. Bonnefond, Analytical solution of perturbed circular motion: application to satellite geodesy, *Journal of Geodesy*, 71: 149-159, 1997.

**4) PRINCIPALES RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES ET ADMINISTRATIVES (INCLUANT DIRECTION DE THÈSE) :**

- Co-Investigateur sur les missions TOPEX/Poseidon et Jason.
- Membre de la commission informatique de l'OCA (depuis 2000).
- Membre de la commission Paritaire d'Etablissement (depuis 1999).
- Président de la commission Jeunes Chercheurs (depuis 1999).

**5) COOPÉRATIONS INDUSTRIELLES ET VALORISATION (CONTRATS, DEPOTS DE BREVETS, LOGICIELS) :**

**6) INFORMATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET VULGARISATION :**

- Interventions en écoles primaires (1999) : CE2, CM2
- Projet écoles primaires avec rectorat (1999-2000) : 6 classes de CM de la région, cours aux élèves, participation aux rencontres avec la Ville de Grasse
- Site web océanographie « Les expl'EAU'rateurs en herbe » (<http://grasse.obs-azur.fr/cerga/gmc/kids/>)
- Création d'un Cédérom multimédia (français/anglais, Mac/PC) : « Les Géonautes enquêtent sur les océans » a été développé à partir des interventions en milieu primaire. Il est diffusé par le CNES et bientôt par le JPL (USA). Le cédérom est aussi disponible en ligne (<http://grasse.obs-azur.fr/cerga/gmc/kids/cd>). Il a reçu le premier prix au 7ème Festival du Film de chercheur à Nancy, 22-31 Mai 2002, dans la catégorie "illustration de la recherche vers le grand public".
- Mallette pédagogique développée en collaboration avec le CNES et PEMF (éditée par PEMF) : « À la découverte de la mer par les satellites »
- Participation au projet Argonautica du CNES avec interventions en milieu scolaire, forum internet, organisation de concours (« Les bouées du Vendée Globe », « Il était une fois JASON ») : <http://www.cnes-edu.org/sommaire/passion/projets/observ/argonau/welcome.htm>

**7) ACTIVITÉS INTERNATIONALES (CONFÉRENCES INVITÉES, CONTRATS, SÉJOURS A L'ÉTRANGER DE PLUS DE DEUX MOIS...) :**

NB : Les séminaires et rapports ne seront pas mentionnés

**8) ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT :**

Etablissement : ENSAIS

Discipline : Géodésie Spatiale

Nature (CM, TD, TP) et volume (nombre d'heures effectives) : 12 h de CM par an

Niveau (1er, 2e, 3e cycle, à l'exception de la direction des thèses) :  
École d'ingénieur

**9) DEMANDE PARTICULIÈRE ET MOBILITÉ :**

Veillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS ; une prolongation de mise à disposition ou de détachement ; un changement de section ; un changement d'affectation ; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Date:

Date: 4/11/2002

Avis et signature du Directeur de l'unité de recherche (pour les chercheurs CNRS) ou Signature du Président ou du Directeur de l'Etablissement d'enseignement supérieur et de recherche ou de son représentant (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) : (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) :

Signature de la personne concernée par cette fiche d'activité



ÉTABLISSEMENT : OBSERVATOIRE DE LA COTE D'AZUR

NOM DU RESPONSABLE DE L'UNITÉ : P. EXERTIER

**FICHE D'ACTIVITÉ INDIVIDUELLE RÉSUMÉE  
POUR ENSEIGNANT-CHERCHEUR OU CHERCHEUR (1998-2001)**  
(Une personne ne figure que sur la liste d'une seule unité soutenue, si exceptionnellement ce n'est pas le cas, mentionner l'autre unité et la quotité)

NOM : CALAME	Section du CNU
PRENOM : Odile	et / ou du Comité National : 14
Enseignant-chercheur [ ] HDR [ ]	Direction scientifique de la Mission Scientifique Universitaire : DS3
Chercheur .....[ X ] HDR [ ]	Département scientifique du CNRS : S.D.U.
Date de naissance : 24-01-41	Délégation du CNRS : 20
CORPS ET GRADE : CR1 – Echelon 9	ou CS INSERM :
N° de téléphone : 04.93.40.53.53	ou CSS INRA :
Etablissement public d'affectation statutaire : oui	ou autre :
UNITE (code, intitulé, ville, directeur) : UMR 6527 – CERGA – GRASSE (Fr. Mignard)	

Appartenance à : Commission de spécialistes de l'établissement N° [ ]  
Conseil Scientifique Oui [ ] Non [ ]

**1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPÉS**

- *Etude des mouvements rotationnels de la Lune*
- *Participation au projet spatial TIPO (Télémétrie Inter-Planétaire Optique)*

**2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITÉS DE RECHERCHE**

- *Etude d'implications géophysiques pour la Lune*
- *Etude des applications possibles dans le cadre du projet TIPO : recherches bibliographiques concernant Mars et l'état de la connaissance actuelle; étude des bilans de liaison pour une station laser terrestre, une voie, en direction d'un Orbiter martien.*

**3) LISTE (AUTEURS, TITRE, RÉFÉRENCES) DES PRINCIPALES PUBLICATIONS (5 au maximum) dans revues avec comité de lecture, ainsi que des ouvrages ou livres, au cours des quatre dernières années (le cas échéant, joindre page annexe avec ces informations)**

*" Potential contributions of impacts on the lunar librations", en cours de rédaction, en réponse au papier de P. WITHERS*

**4) PRINCIPALES RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES ET ADMINISTRATIVES (INCLUANT DIRECTION DE THÈSE) :**

Membre élu du Conseil scientifique du CERGA jusqu'au printemps 2001

**5) COOPÉRATIONS INDUSTRIELLES ET VALORISATION (CONTRATS, DEPOTS DE BREVETS, LOGICIELS) :**

**6) INFORMATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET VULGARISATION :**

**7) ACTIVITÉS INTERNATIONALES (CONFÉRENCES INVITÉES, CONTRATS, SÉJOURS A L'ÉTRANGER DE PLUS DE DEUX MOIS...) :**

NB : Les séminaires et rapports ne seront pas mentionnés

**8) ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT :**

Etablissement :

Discipline :

Nature (CM, TD, TP) et volume (nombre d'heures effectives) :

Niveau (1er, 2e, 3e cycle, à l'exception de la direction des thèses) :

**9) DEMANDE PARTICULIÈRE ET MOBILITÉ :**

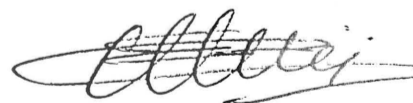
Veillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS ; une prolongation de mise à disposition ou de détachement ; un changement de section ; un changement d'affectation ; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Date:

Date: Novembre 2002

Avis et signature du Directeur de l'unité de recherche (pour les chercheurs CNRS) ou Signature du Président ou du Directeur de l'Etablissement d'enseignement supérieur et de recherche ou de son représentant (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) : (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) :

Signature de la personne concernée par cette fiche d'activité



ETABLISSEMENT : OCA \_\_\_\_\_

NOM DU RESPONSABLE DE L'UNITE : P. EXERTIER \_\_\_\_\_

**FICHE D'ACTIVITE INDIVIDUELLE RESUMEE  
POUR ENSEIGNANT-CHERCHEUR OU CHERCHEUR (1997-2000)**  
(Une personne ne figure que sur la liste d'une seule unité, si exceptionnellement ce n'est pas le cas, mentionner l'autre unité et la quote)

NOM : CHAPPELLIER	Section du CNU : 34
PRENOM : Eric	Et/ou du Comité National : 14
Enseignant-chercheur .....[ ] HDR [ ]	Direction scientifique de la Mission Scientifique Universitaire :
Chercheur .....[ X ] HDR [ ]	Département scientifique du CNRS :
Date de naissance : 02/07/53	Délégation du CNRS : DR20
CORPS ET GRADE : Assistant	Ou CS INSERM :
N° de téléphone : 04.92.00.30.67	Ou CSS INRA :
Etablissement public d'affectation statutaire : MEN	Ou autre : OCA
UNITE (code, intitulé, ville, directeur) : UMR 6528	

Appartenance à : Commission de spécialistes de l'établissement N° [ ]  
Conseil Scientifique Oui [ ] Non [X]

**1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPES**

Etude de pulsation dans les étoiles variables

**2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITES DE RECHERCHE**

Découverte et analyse de nouvelles étoiles SPB  
Etude de la connection entre étoiles SPB et B Céphéides

**3) LISTE (AUTEURS, TITRE, REFERENCES) DES PRINCIPALES PUBLICATIONS (5 au maximum) dans des revues avec comité de lecture, ainsi que des ouvrages ou livres, au cours des quatre dernières années (le cas échéant, joindre page annexe avec ces informations).**

Voir annexe

4) **PRINCIPALES RESPONSABILITES SCIENTIFIQUES ET ADMINISTRATIVES (INCLUANT DIRECTION DE THESE) :**

5) **COOPERATIONS INDUSTRIELLES ET VALORISATION (CONTRATS, DEPOTS DE BREVETS, LOGICIELS) :**

6) **INFORMATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET VULGARISATION :**

7) **ACTIVITES INTERNATIONALES (CONFERENCES INVITEES, CONTRATS, SEJOURS A L'ETRANGER DE PLUS DE DEUX MOIS...) :**  
(NB : Les séminaires et rapports ne seront pas mentionnés)

8) **ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT :**

Etablissement :

Discipline :

Nature (CM, TD, TP) et volume (nombre d'heures effectives) :

Niveau (1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> cycle, à l'exception de la direction des thèses) :

9) **DEMANDE PARTICULIERE ET MOBILITE :**

Veillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS; une prolongation de mise à disposition ou de détachement; un changement de section; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Date : 12/09/02

Avis et signature du Directeur de l'unité de recherche (pour les chercheurs CNRS) ou signature du Président ou du Directeur de l'Etablissement d'enseignement supérieur et de recherche ou de son représentant (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non-CNRS)

Date : 12/09/02

Signature de la personne concernée par cette fiche d'activité

## Principales publications

### 53 Persei: a slowly pulsating B star

Chapellier, E.; Sadsaoud, H.; Valtier, J. C.; Garrido, R.; Sareyan, J. P.; Le Contel, J. M.; Alvarez M.

1998 A&A ...331,1046

### The observational status of the Slowly Pulsating B star iota Herculis

Chapellier, E.; Mathias, P.; Le Contel, J.-M.; Garrido, R.; Le Contel, D.; Valtier, J.-C.

2000 A&A...362,189

### Activity in the SPB star 53 Piscium

Le Conte, J.-M.; Mathias, P.; Chapellier, E.; Valtier, J.-C.

2001 A&A...380,277



ÉTABLISSEMENT :

NOM DU RESPONSABLE DE L'UNITÉ : P. EXERTIER

**FICHE D'ACTIVITÉ INDIVIDUELLE RÉSUMÉE  
POUR ENSEIGNANT-CHERCHEUR OU CHERCHEUR (1998-2001)**

(Une personne ne figure que sur la liste d'une seule unité soutenue, si exceptionnellement ce n'est pas le cas, mentionner l'autre unité et la quotité)

NOM : CRUZALEBES

Section du CNU

PRENOM : PIERRE

et / ou du Comité National : 14

Enseignant-chercheur [ ] HDR [ ]

Direction scientifique de la Mission Scientifique  
Universitaire :

Chercheur .....[X] HDR [ ]

Département scientifique du CNRS : SDU

Date de naissance : 21/09/63

Délégation du CNRS : DR20

CORPS ET GRADE : CR1

ou CS INSERM :

N° de téléphone : 04 93 40 53 29

ou CSS INRA :

Etablissement public d'affectation statutaire :

ou autre :

UNITE (code, intitulé, ville, directeur) : UMR 6528, Dépt Fresnel de l'OCA, Nice, Valtier

Appartenance à :

Commission de spécialistes de l'établissement

N° [ ]

Conseil Scientifique

Oui [ ]

Non [X]

**1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPÉS**

Environnement circumstellaire des étoiles S en haute résolution angulaire

**2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITÉS DE RECHERCHE**

Etoiles évoluées, interférométrie, optique adaptative

**3) LISTE (AUTEURS, TITRE, RÉFÉRENCES) DES PRINCIPALES PUBLICATIONS (5 au maximum) dans revues avec comité de lecture, ainsi que des ouvrages ou livres, au cours des quatre dernières années (le cas échéant, joindre page annexe avec ces informations)**

- P. Cruzalèbes, P. de Laverny, M. Froeschlé, Y. Rabbia, L'Astronomie, De La Martinière Jeunesse (2002), ISBN : 2-7324-2831-0

- Monnier, J.D., Tuthill, P.G., Lopez, B., Cruzalèbes, P., Danchi, W.C., Haniff, C.A., The last gasps of VY Canis Majoris : aperture synthesis and adaptive optics imagery, ApJ 512, 351-361 (1999)
- Cruzalèbes, P., Lopez, B., Bester, M., Gendron, E., Sams, B., Near Infrared Adaptive Optics Observations of Dust shells around Five Late-Type Stars with Come-On+, A&A 338, 132-138 (1998)

**4) PRINCIPALES RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES ET ADMINISTRATIVES (INCLUANT DIRECTION DE THÈSE) :**

- Correspondant communication du dépt Fresnel auprès de la DR20
- Chargé de mission communication OCA pour les médias locaux et le grand public
- Membre du Conseil Scientifique et du Bureau du Centre Interférométrique Jean-Marie Mariotti
- Chef de Projet OCA du Centre Jean-Marie Mariotti

**5) COOPÉRATIONS INDUSTRIELLES ET VALORISATION (CONTRATS, DEPOTS DE BREVETS, LOGICIELS) :**

**6) INFORMATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET VULGARISATION :**

- Chargé de mission pour la communication auprès des médias locaux et du grand public
- Représentant de l'UMR au sein du comité de pilotage de l'opération "Plan de progrès pour la communication" de la délégation Côte d'Azur du CNRS
- Correspondant, pour le site de Grasse, du Service de la Communication de l'OCA
- Membre du Conseil Scientifique du Projet Muséal de l'OCA
- Chargé de mission en 2000 pour le nouveau site Web de l'OCA
- Organisateur de manifestations publiques :
  - \* Nuit Coupoles Ouvertes de l'OCA tous les 2 ans
  - \* Science en Fête et Nuit des Etoiles chaque année
  - \* Soirées publiques à l'occasion d'événements astronomiques (éclipses, comètes...)
- Interventions de vulgarisation dans les établissements scolaires de la région (primaires et secondaires), les clubs d'astronomie et les groupements divers (cercles professionnels ou de retraités) (10 interventions par an en moyenne)

**7) ACTIVITÉS INTERNATIONALES (CONFÉRENCES INVITÉES, CONTRATS, SÉJOURS A L'ÉTRANGER DE PLUS DE DEUX MOIS...) :**

NB : Les séminaires et rapports ne seront pas mentionnés

**8) ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT :**

Etablissement : UNSA

Discipline : Physique

Nature (CM, TD, TP) et volume (nombre d'heures effectives) : direction de stages

Niveau (1er, 2e, 3e cycle, à l'exception de la direction des thèses) :

- Licence de physique (UNSA) en septembre 2002 sur le sujet des enveloppes circumstellaires des étoiles S
- DEA Astronomie Haute Résolution Angulaire, Image et Gravitation expérimentale (UNSA) de février à juin 2001 sur le sujet des Etoiles S, cibles pour la Haute Résolution Angulaire
- Maîtrise de Physique (Université de Provence) de mai et juin 2000 sur le sujet de l'Imagerie à haute résolution angulaire d'enveloppes de poussière d'étoiles évoluées par optique adaptative.
- DUT Informatique de l'IUT de Nice d'avril à juin 2000 sur le sujet de l'Analyse et la conception du cahier des charges du site Web de l'OCA

#### 9) DEMANDE PARTICULIÈRE ET MOBILITÉ :

Veillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS ; une prolongation de mise à disposition ou de détachement ; un changement de section; un changement d'affectation ; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Date:

Date: 13/11/02

Avis et signature du Directeur de l'unité de recherche (pour les chercheurs CNRS) ou Signature du Président ou du Directeur de l'Etablissement d'enseignement supérieur et de recherche ou de son représentant (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) : (pour les enseignants-chercheurs et les chercheurs non CNRS) :

Signature de la personne concernée par cette fiche d'activité

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized letter 'P' with a long horizontal stroke extending to the right.





