

Rapport d'activité 2008-2012
et
Perspectives du Laboratoire d'Astronomie de Lille

Version décembre 2012

Laboratoire :

Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides (IMCCE)

- UMR 8028 (Établissements: Observatoire de Paris, Paris 6, Lille 1)
- 16 enseignants-chercheurs (8 professeurs ou astronomes, 9 maîtres de conférences ou astronomes adjoints)
- 4 chercheurs (1 directeur de recherche, 2 chargés de recherche)
- 16 ITA et IATOS
- 12 doctorants
- 11 CDD ou postdocs

Le **Laboratoire d'Astronomie de Lille (LAL)** est l'équipe de Lille 1 de l'IMCCE.

En 2012, il est composé de :

Alain VIENNE, Professeur, responsable du laboratoire
Florent DELEFLIE, Astronome-adjoint (depuis février 2010)
Marc FOUCHARD, Maître de Conférences
Anne-Sophie LIBERT, Postdoc (septembre 2011 - décembre 2012)
Stefan RENNER, Maître de Conférences (depuis septembre 2008)

Thèses en cours :

- Jérôme DAQUIN (directeurs : F. Deleflie et J. Pérez, 2012-2015)
- Maryam EL MOUTAMID (directeurs : S. Renner et B. Sicardy, 2010-2013)
- Alexandre POUSSE (directeurs : A Vienne et D. Hestroffer, 2012-2015)

Thèmes de Recherche :

Dynamique des systèmes des satellites des grosses planètes
Planétologie dynamique
Dynamique des comètes
Mécanique spatiale

... et plus précisément :

- Modélisation dynamique des satellites principaux de Jupiter et de Saturne
- Dynamique des petits satellites et anneaux des planètes géantes
- Nuage de Oort et comètes à longue période
- Dynamique des planètes extrasolaires
- Débris spatiaux et satellites artificiels
- Scénario de formation des résonances
- Rotation de satellites en lien avec la dissipation due aux marées
- Propagation des erreurs dans les éphémérides de satellites
- Etude des processus de capture de satellites de planètes

Rapport d'activité 2008-2012

I. Recherches effectuées

1.1 Mouvement des satellites principaux de Jupiter et de Saturne

Propagation des erreurs dans les éphémérides de satellites

La précision globale des éphémérides est déterminée à la fois par la précision du modèle dynamique (précision interne) et aussi par la précision des observations utilisées pour l'ajustement du modèle (précision externe). La précision interne est bien connue et généralement bonne ($0''.03$ pour les satellites galiléens). En revanche, la précision externe est généralement mal connue et tend à dégrader la qualité globale de l'éphéméride. Cette précision externe dépend de la qualité des observations mais également de leur distribution dans le temps.

L'un des moyens d'estimer la précision d'une éphéméride est la comparaison aux observations (O-C) qui n'est toutefois valable que pendant la période d'observations. En dehors de ces périodes, dans le futur notamment, l'estimation de la précision reste difficile.

L'utilisation de méthodes statistiques (MCCM, MCO et bootstrap) a permis d'étudier cette erreur d'extrapolation. Nous avons montré que l'une des méthodes, le bootstrap, possède une implémentation simple et permet cette estimation en utilisant des hypothèses minimales sur la distribution des erreurs d'observations.

L'impact de la mission Gaia sur la précision des éphémérides a pu également être mesuré.

Nous avons également montré qu'une longue période d'observations de qualité moyenne était parfois préférable à une courte période d'observations de bonne qualité. Cela rend nécessaire l'observation régulière des satellites.

Analyse d'observations astrométriques

Lors des échanges avec Q.Y. Peng, nous avons mis au point une méthode précise de calibration astrométrique pour des images CCD à petit champ grâce à l'utilisation d'étoiles secondaires. Sa faisabilité et sa précision ont été testées sur des observations de Phœbé le 9^{ième} satellite de Saturne.

Nous avons pris part aux dernières campagnes d'observations de phénomènes mutuels de satellites de Jupiter, de Saturne et même, dernièrement, d'Uranus. Ces observations de phénomènes mutuels sont les plus précises aujourd'hui (environ quelques dizaines de kilomètres). En effet, elles sont photométriques, dans la mesure où l'on observe un événement (occultation ou éclipse d'un satellite), via l'observation d'une chute en flux et contrairement aux observations de positions, la précision de ce type d'observation reste excellente quelque soit la distance de l'objet.

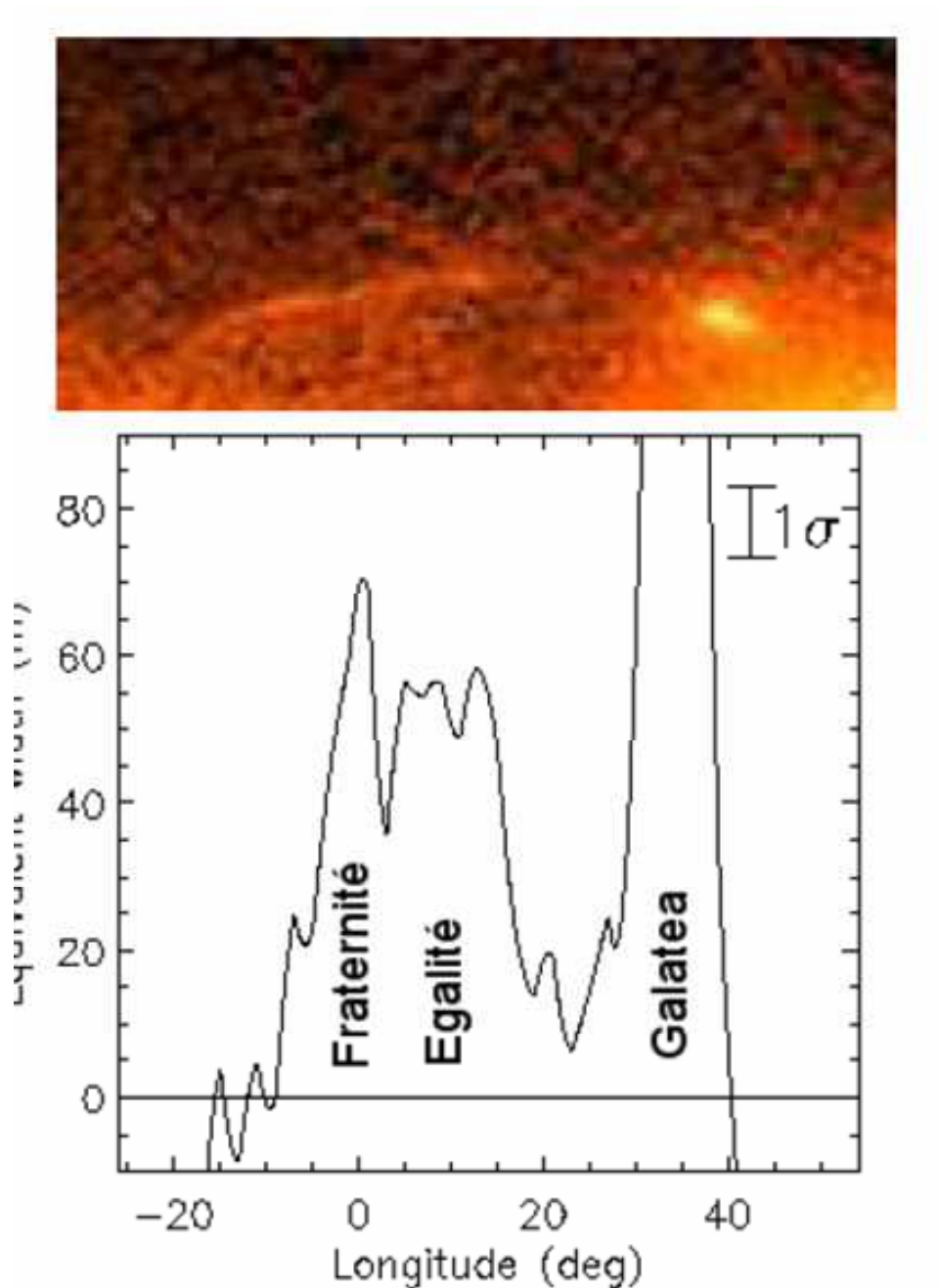
A. Vienne a montré en quoi ces observations sont très utiles pour détecter une accélération séculaire dans les longitudes moyennes, induites par des effets de marées. Une telle détection permet une meilleure connaissance de la structure interne des satellites concernés comme par exemple la profondeur des océans.

Rotation de Titan

En collaboration avec l'université de Namur, une théorie analytique de la rotation de Titan à 3 degrés de liberté a été élaborée. Cela a été possible grâce aux données collectées par la mission CASSINI qui permettent de connaître les paramètres du champ de gravité de Titan.

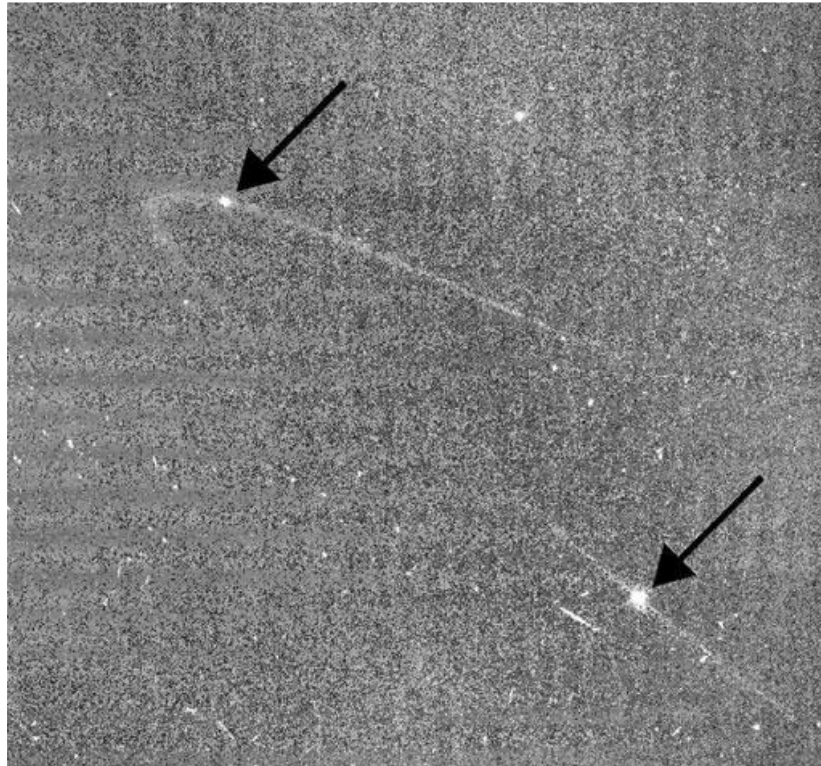
1.2 Petits satellites et anneaux planétaires

- réduction/analyse des observations NACO/VLT des arcs de Neptune ; article A&A en préparation avec B. Sicardy (LESIA), C. Dumas (ESO), D. Souami (SyRTE)

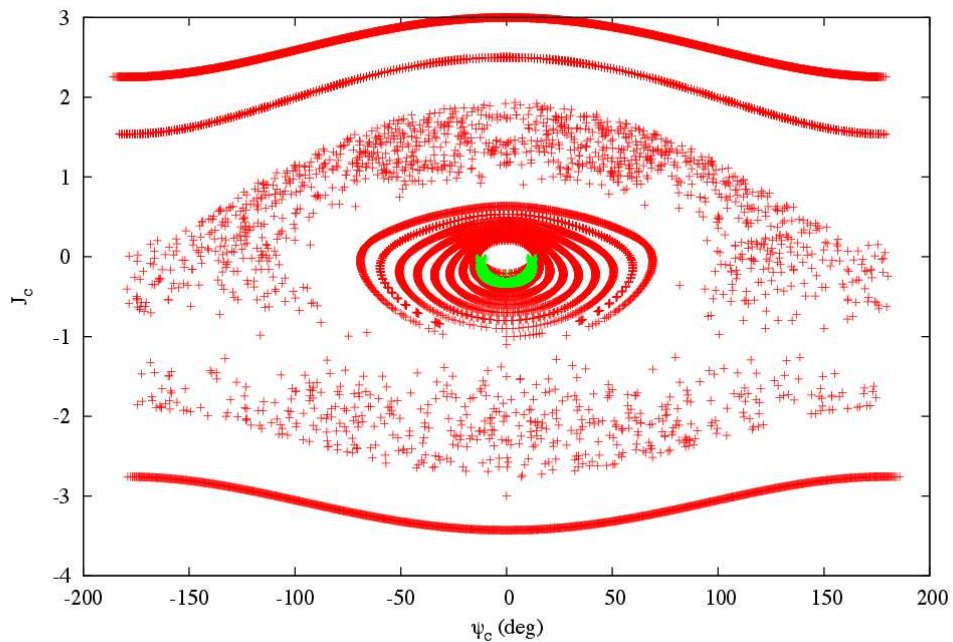


Les arcs de Neptune observés avec le système d'optique adaptative NACO du Very Large Telescope (VLT)

- étude de la dynamique des petits satellites de Saturne (et anneaux/arcs associés) en résonance de moyen mouvement avec Mimas ; modèle générique du couplage entre les résonances (corotation et Lindblad) ; codirection (avec B. Sicardy) de la thèse de M. El Moutamid



Une image Cassini ISS de Methone et Anthe (cf. Cooper et al., 2008), deux petits satellites de Saturne perturbés par Mimas



Exemple de surface de section du modèle CoraLin (étude du couplage des résonances de moyen mouvement de type corotation vs. Lindblad) montrant des mouvements possibles réguliers et chaotiques. Les paramètres utilisés correspondent au satellite Egéon, satellite de l'anneau G de Saturne en résonance 7:6 avec Mimas.

- astrométrie et dynamique des petits satellites de Saturne avec les données Cassini / ISS ; collaboration avec N. Cooper et C.D. Murray (Queen Mary College, Londres) ; invitation à Queen Mary en mars 2012 ; N. Cooper invité à Lille 1 pendant un mois (mai 2012)

Groupe Encelade :

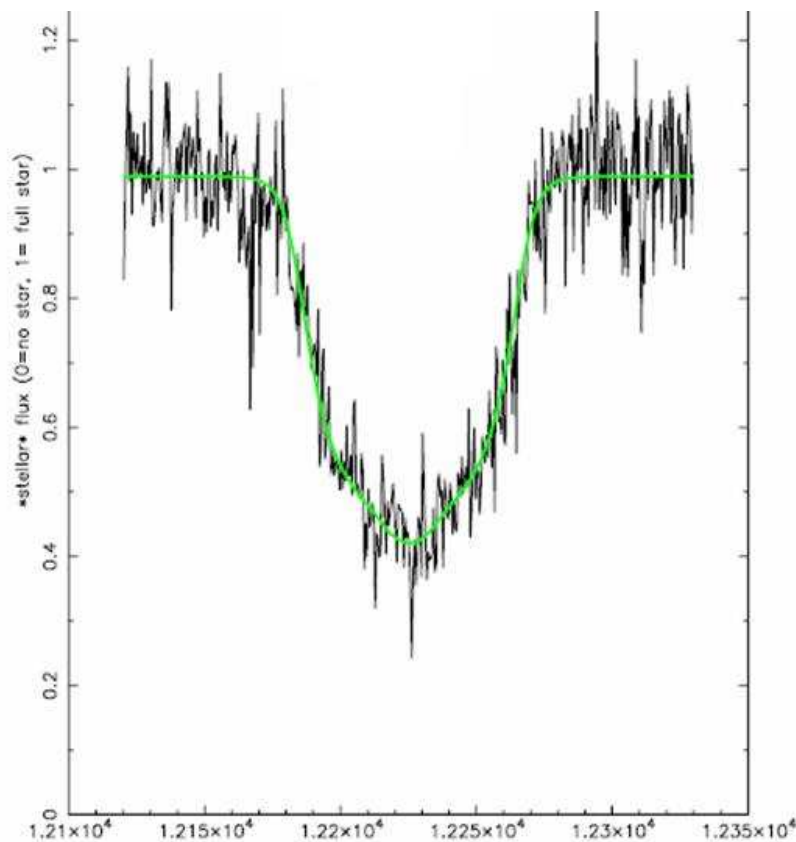
Membres : M. Fouchard, S. Renner, A. Vienne

Cassini a observé des jets de particules de glace au pôle Sud d'Encelade. L'origine de ces jets est très probablement liée aux effets de marées. Il a été nécessaire de quantifier la dissipation globale à l'intérieur de ce satellite via l'observation d'une accélération séculaire. Ce travail a déjà été effectué avec succès sur le système Galiléen par V. Lainey avec qui nous collaborons sur ce sujet. O. Karatekin, spécialiste de la structure interne à l'Observatoire Royal de Belgique, s'est joint au groupe pour l'interprétation des résultats.

1.3 Observations scientifiques

A l'Observatoire de Lille et en mission (occultations stellaires)

- acquisition d'une caméra dédiée Merlin / Raptor (jusqu'à 20 images/seconde, système de multiplication électronique EMCCD réduisant le bruit de lecture à ~ 1 électron) + logiciels + synchronisation GPS
- campagnes internationales d'occultations TNO : **27 juin 2011** Hydra (Broome, Australie avec télescope mobile C11), **7 décembre 2011** Haumea (Boulder, Colorado, US avec télescope 18 pouces), **14 juin 2012** Pluton (Marrakech, Maroc avec télescope 60cm)



***Courbe de lumière de l'occultation par Pluton du 14 juin 2012.
Observation au télescope de 60 cm de Marrakech équipé d'une caméra Raptor.***

1.4 Étude de la dynamique des comètes

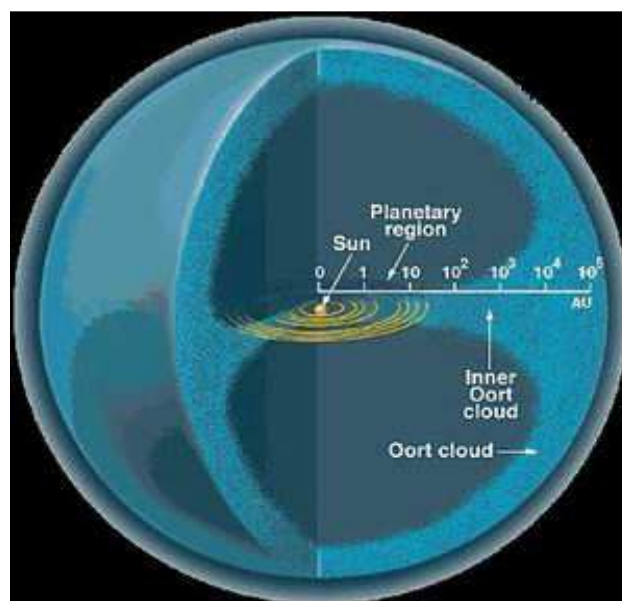
Les comètes à longue période, c'est-à-dire dont la période est supérieure à 200 années, ont pour leur grande majorité un demi-grand axe supérieur à 10 000 UA. En se basant sur cette observation, Oort en a déduit l'existence d'un réservoir de comètes se trouvant aux confins du système solaire. Ce réservoir a depuis pris le nom de nuage de Oort. Bien que n'ayant jamais été observé, la comparaison entre les modèles dynamiques et le flux de comètes observé suggère l'existence d'un réservoir contenant 10^{12} comètes. Ce nombre pose une contrainte très forte sur la formation du système solaire, et constitue encore un problème ouvert. Ce problème peut être affronté soit en étudiant la formation du nuage soit en améliorant les modèles dynamiques.

C'est cette dernière approche qui fait l'objet de l'étude faite à l'observatoire de Lille. Ceci permet, en outre, d'étudier les processus dynamiques permettant de produire des comètes de type Halley (période entre 20 et 200 ans) et des comètes à longue période (supérieure à 200 ans) mais avec un demi-grand axe inférieur à 10 000 UA, qui sont encore mal compris.

Le flux de comètes du nuage de Oort observables sur une période de 5 Milliard d'années a été étudié en détail en tenant compte de l'influence des marées galactiques et des étoiles passantes. On a ainsi montré l'importance des étoiles qui agissent en synergie avec les marées tant d'un point de vue qualitatifs que quantitatif. Qualitativement le pic de Oort, c'est-à-dire le maximum de la distribution en énergie orbitale des comètes observables, est décalé vers des énergies orbitales plus petites. Quantitativement, on a mis en évidence l'existence de « bruine cométaires » provoquées par le passage d'une étoile et qui correspondent à une augmentation de l'ordre de 30% du nombre de comètes observables pendant plusieurs centaines de Million d'années. D'autre part on a mis en évidence l'importance des perturbations stellaires au cours de la dernière période orbitale des comètes avant l'observabilité. Les étoiles agissant pendant cette période étant en grande majorité inobservables par une mission de type Hipparcos, le seront à plus de 80% lors de la mission GAIA.

Dernièrement les effets des planètes ont été rajoutés au modèle. Ces perturbations génèrent une diffusion du demi-grand axe des comètes de la partie interne du nuage de Oort vers la partie externe ainsi que de nouveaux chemins dynamiques menant jusqu'à l'observabilité des comètes. Ces résultats doivent encore être étudiés afin de comprendre les répercussions sur la forme initiale du nuage de Oort.

En collaboration avec R. S. Stoica du laboratoire de mathématiques de Lille 1, nous faisons une approche statistique de la dynamique des comètes de la famille de Jupiter qui est dominée par les perturbations planétaires. À l'aide d'un échantillon, la dynamique a été étudiée par une méthode de Monte Carlo. Une telle méthode repose sur l'hypothèse que les perturbations planétaires successives subies par les comètes sont décorrélées. Cette hypothèse exclut les résonances de moyen mouvement avec Jupiter. Cependant, l'étude a été faite à l'aide d'une distribution statistique trop naïve. Or il apparaît que la "queue" de distribution a une influence prépondérante. On cherche donc à utiliser une distribution adéquate et de reprendre l'étude dans ce cadre.



1.5 Satellites lointains

Les systèmes de satellites des planètes géantes possèdent des satellites lointains sur des orbites qualifiées d'irrégulières. La combinaison des intégrations numériques et des cartes de chaos ont permis vraiment d'identifier les comportements des différents satellites irréguliers et de les expliquer.

On a aussi montré les limites des résultats issues de méthodes analytiques précédentes lorsqu'on les compare avec le problème complet. Les résonances en moyen mouvement ou séculaires cohabitent et/ou se superposent, créant des zones de chaos de plus en plus importantes lorsqu'on complexifie le modèle.

Le rôle joué par la grande inégalité entre Jupiter et Saturne a été mis en évidence ainsi que son interaction avec les familles Ananke, Carme et Pasiphae, familles auxquelles des nouveaux satellites ont été rattachés grâce à notre étude et qui se situent assez nettement entre les différentes zones de résonances.

1.6 Satellites artificiels et débris spatiaux

Le logiciel *SAT-light* est un logiciel de calcul long terme de trajectoires de satellites artificiels et de débris spatiaux, dont l'une des finalités est de prévoir les dates de rentrée atmosphérique des débris spatiaux en orbite basse (là où agit le freinage atmosphérique). *SAT-light*, conçu et réalisé à Lille en partenariat avec le CNES - Toulouse, est le prototype fortran/c++ du logiciel STELA, outil officiel français de vérification de l'adéquation d'une trajectoire aux exigences de la Loi sur les Opérations Spatiales ("LOS"), en vigueur en France depuis décembre 2010 : l'outil assure l'adéquation du choix d'une orbite avec les spécifications de la LOS qui s'appuie sur un certain nombre de recommandations formulées par l'IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee), qui visent à définir des règles de "bonne conduite" pour la préservation de l'environnement spatial.

La modélisation reprend les principes de CODIOR, extrapolateur long terme semi-analytique du GRGS (CNES/OCA) dans une version simplifiée (pour garantir des temps de propagation de l'ordre de quelques dizaines de secondes), et écrite en variables équinoxiales, pour avoir accès à tous les types d'orbite, depuis les orbites d'altitudes très basses jusqu'à l'orbite géostationnaire, et incluant désormais les orbites à très fortes excentricités (GTO). Les équations variationnelles ont également été écrites afin de préparer l'ajustement d'orbite long terme, et prévoir les dates de rentrée dans l'atmosphère sur la base de séries temporelles de TLE.

Avant tout lancement par un lanceur français, à partir des spécifications de la mission, il s'agit de déterminer la stabilité d'une trajectoire, i.e. de vérifier que la durée de vie attendue d'une orbite basse est bien inférieure à 25 ans, et que la probabilité de collision avec des satellites opérationnels (qui dépend essentiellement de l'évolution de l'excentricité de l'orbite) reste en deçà d'une certaine valeur fixée par la loi, suivant les recommandations du CNES, mises au point en partenariat avec les principales autres agences spatiales internationales.

Le 22 février 2012 à 9:09 UTC, un morceau de réservoir du vol Ariane ayant mis en orbite deux satellites géostationnaires Thaicom 3 et Bsat-1A le 17 April 1997, retombe au voisinage d'un village du Brésil, Anapurus (3.7 S, 317 E). Cette retombée fait prendre conscience de la nécessité absolue de disposer d'outils logiciel qui puissent déterminer les dates de rentrée atmosphérique d'une trajectoire sur la base de toute une série d'observations. C'est le couple de logiciels *SAT-light*/STELA qui a été choisi pour construire cet outil. Les logiciels ont désormais un niveau d'évolution suffisant pour que le modèle dynamique puisse être considéré complet, et il suffit d'ajouter un module complémentaire pour faire le lien entre les observations et la trajectoire prévue.

Du point de vue de la stabilité des trajectoires, i.e. l'analyse de la sensibilité des résultats aux paramètres initiaux, la poursuite de ces travaux fait partie du travail de Jérôme Daquin, nouvellement arrivé en thèse au LAL en octobre 2012 (après son stage M2 du printemps 2012 de l'Ecole Doctorale Astronomie et Astrophysique d'Ile de France), en partenariat avec le CNES et la société Thalès Service ; une partie du travail de Jérôme se déroulera d'ailleurs à Toulouse

De manière complémentaire, une étude a été menée pour étudier l'influence des résonances gravitationnelles sur des trajectoires de type GTO, ie à très forte excentricité et soumis au freinage atmosphérique, c'est à dire à de la dissipation. Dans cette étude, les résonances traitées concernent principalement les résonances gravitationnelles : la période de révolution du satellite est commensurable, dans un rapport simple, avec la période de révolution sidérale de la Terre. Quand cette commensurabilité se produit, les coefficients tesséraux du champ de gravité terrestre sont responsables de variations à longues périodes et grandes amplitudes sur le demi-grand axe, alors que hors résonance leurs effets à long terme sont négligeables.

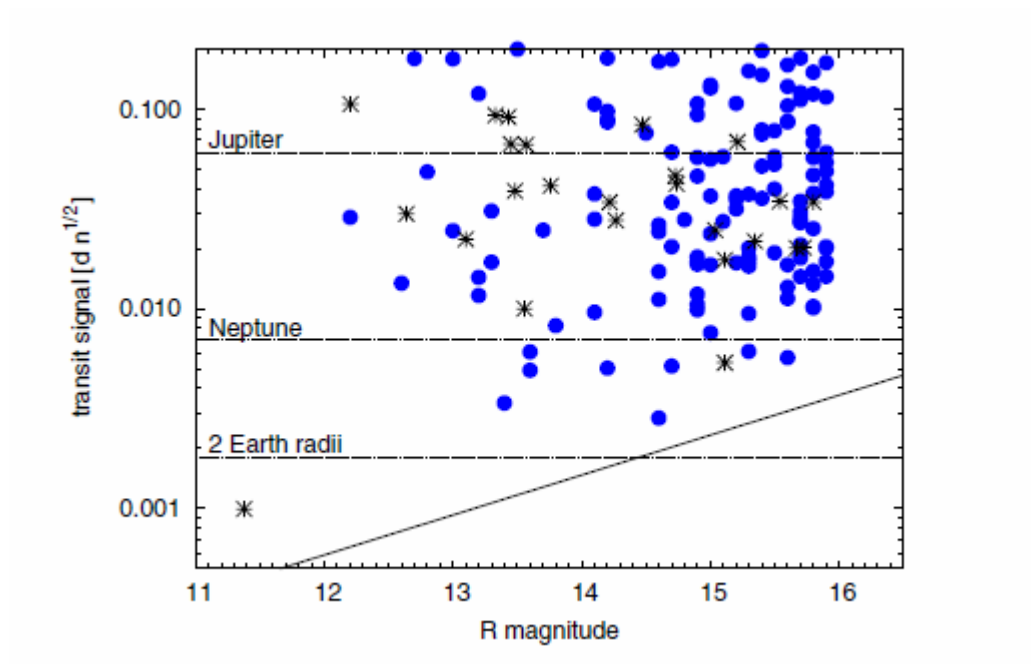
Les 3 résonances les plus significatives (en terme d'amplitude de demi-grand axe) ont été étudiées : (2:1), (3:1), (3:2). Partant du formalisme hamiltonien (développement de Taylor d'ordre 2) ou des équations de Lagrange on montre que les variables conjuguées L et anomalie moyenne admettent comme modèle totalement intégrable celui d'un pendule lorsque le problème est supposé idéal, i.e lorsque l'on considère qu'une et une seule harmonique critique résonante (qui "prédomine" donc).

Ces zones de résonances sont caractérisées, a priori, par ce modèle analytique. En particulier sont localisés les points d'équilibre, la stabilité associée de ces points est discutée et le calcul de la période de libration autour des équilibres stables a été déterminée. Ces résultats analytiques sont confrontés aux résultats issus de la simulation numérique effectuée avec le propagateur long terme *SATlight*. De nombreux diagrammes de phases ont été tracés. La principale difficulté associée à la gamme d'excentricité élevée est l'écart au problème idéal : les harmoniques résonantes interagissent. C'est cette distorsion que l'on tente d'apprécier le plus finement possible.

Dans un cadre dissipatif (ajout du frottement), les diagrammes de phases théoriques obtenus numériquement sont utilisés en vue d'une minimisation de la durée de vie des missions spatiales. Numériquement, nous avons montré l'effet de troisième corps (lune, soleil) sur les différents diagrammes de phase : la séparatrice diffuse. L'étude se poursuit en 2013.

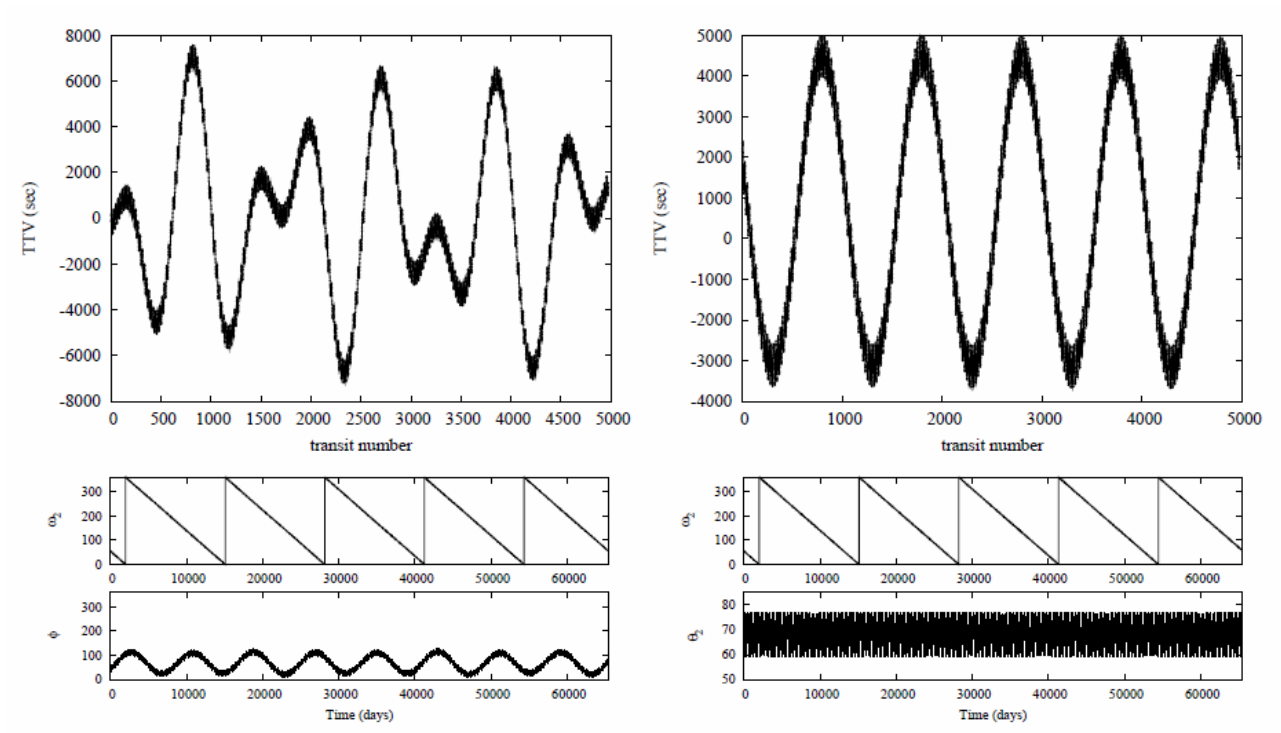
1.7 Dynamique des planètes extrasolaires

- détection par la méthode des transits avec le satellite CoRoT (? 2010)



Profondeur de transit en fonction de la magnitude R de candidats CoRoT (Erikson, Santerne, Renner et al. 2012). Les astérisques désignent les planètes découvertes. Les droites horizontales correspondent aux signaux attendus pour une planète de type Jupiter, Neptune, Terre (2 x le rayon de la Terre).

- dynamique : étude des variations de timing des planètes en transit
- collaboration avec A.-S. Libert (contrat post-doctoral 2012)



A gauche une planète géante est perturbée par 2 super-Terres, et le système est en résonance de Laplace. La figure donne, de haut en bas, les variations de timing des transits (TTV) de la planète géante, l'argument du péricentre de la super-Terre la plus proche, et l'angle de la résonance de Laplace en fonction du temps. Même chose à droite où l'on ne considère qu'une seule planète terrestre en résonance 2:1 avec la géante. La figure montre donc que l'existence de 2 super-Terres en résonance de Laplace avec une planète géante peut être contrainte par l'analyse des TTV.

II. Encadrements et collaborations

2.1 Encadrement et direction de recherche :

Thèse

- Desmars J. (2009, A. Vienne et J.E. Arlot), Étude dynamique des petits satellites planétaires dans la perspective des observations spatiales par GAIA
- Frouard J. (2010, A. Vienne et M. Fouchard), Dynamique des satellites lointains des planètes géantes
- Moutamid (prévue 2013, S. Renner et B. Sicardy) « Dynamique des petits satellites des planètes géantes »
- Daquin J. (prévue 2015, F. Deleflie et J. Pérez), Détermination du chaos dans les orbites de satellites artificiels et débris spatiaux
- Pousse A. (prévue 2015, A Vienne et D. Hestroffer), Propagation d'erreurs dans le calcul d'orbite. Applications aux astéroïdes géocroiseurs et débris spatiaux.

Stage Master 2

- Université Lille 1, GHABRA A. (2011, A. VIENNE), Les hamiltoniens quasi-intégrables
- Observatoire de Paris, BEAUVALET L. (2008, V. LAINEY et A. Vienne), Dissipation et accélération séculaire des satellites de Saturne

- J. Daquin, Ecole Doctorale Astronomie & Astrophysique d'Ile de France, printemps 2012, Dir. F. Deleflie
- Observatoire de Paris, Richard E. (2012, A. VIENNE), Interactions gravitationnelles entre les différentes familles des satellites de Saturne

Participation à des jurys de Thèses

Alain VIENNE a fait partie des jurys de thèses suivants :

- INIZAN P., Observatoire de Paris, Dynamique fractionnaire pour le chaos hamiltonien (2010, présidence du jury)
- Shuyan.L, Université Lille 1, Lois stables et processus ponctuels: liens et estimations des paramètres (2009).

Marc Fouchard a fait partie du jury de thèse de

- Carlo Comito, Université de Turin-Observatoire de Nice, Numerical N-body approach for binary asteroid formation and evolution (2012).

F. Deleflie est co-directeur de la thèse de

- Guillaume Lion (OCA, 2010-2013)

Encadrement de stages de Master 1 ou d'ingénieur

- Université Lille 1 (Physique), LIU Z., NDONG G., Paramétrage du spectrographe l'observatoire de Lille (2008, D. Duflot (UFR, Physiques), A. Vienne et M. Fouchard)
- Université Lille 1 (Physique), MACHTO K., Détermination d'orbites d'étoiles doubles (2008, A. Vienne et M. Fouchard)
- Univ. d'Orsay (Physique), Thilliez E. (2009, A. Vienne), L'Observatoire de Lille de 1934 à nos jours
- EPSI (Ecole d'ingénieur, Arras), Henry F., (2010, F. Deleflie et A. Vienne), Base de Données pour l'orbitographie opérationnelle des débris spatiaux, dans le cadre de l'Observatoire Virtuel
- Ecole des Ponts de Paris, Saba N., (2010, F. Deleflie et A. VIENNE) Bilan d'erreur des méthodes de détermination d'orbite de Laplace et de Gauss: Application aux débris spatiaux
- Univ. Namur, Lahaye M., (2010, A. VIENNE) Mouvement des cinq principaux satellites d'Uranus
- IMCCE (CDD CNES), Waillez S., (2010, F. Deleflie et A. Vienne), Etude de modèles d'extrapolation d'orbites à long terme dans le cadre de la loi spatiale
- EPSI (Ecole d'ingénieur, Arras), Pichon J., (2010, F. Deleflie et A. Vienne), Base de Données pour l'orbitographie opérationnelle des débris spatiaux, dans le cadre de l'Observatoire Virtuel
- EPSI (Ecole d'ingénieur, Arras), Pacelli J., (2011, F. Deleflie), Base de Données pour l'orbitographie opérationnelle des débris spatiaux, dans le cadre de l'Observatoire Virtuel: réalisation d'une interface web entre base de données et outil de visualisation
- Université Lille 1 (Informatique), Dufresne Y. (2011), Logiciel de visualisation d'orbite
- Université Lille 3 (informatique), Dufresne Yoann, (2011, A. Vienne et F. Deleflie), Modélisation 2D et 3D de trajectoires d'objets célestes et de satellites artificiels
- Université Lille 1 (Physique), Martin F. (2012, A. VIENNE), Enregistrement des spectres stellaires à l'aide du spectrographe de l'Observatoire de Lille
- ENPC, M. Chater, Algorithmes d'intégration numérique pour la Loi sur les Opérations Spatiales, rapport Observatoire de Lille, (juin 2012, dir F. Deleflie)

2.2 Collaborations extérieures

Slawomir Breiter, Observatoire de Poznan (Pologne)

Apostolos Christou & Tobias Hinse, Observatoire d'Armagh (Irlande du Nord, GB)

Séjour d'A. Vienne à Armagh en novembre 2010

Christiane Froeschlé, Observatoire de Nice

Ozgur Karatekin, Observatoire Royal de Belgique

Anne Lemaitre, Université de Namur (Belgique)

Qing Yu Peng, Université de Jinan et Observatoire de Yunnan (Chine)

Q.Y. Peng invité à Lille du 15/6 au 15/7/2008

Signature du "Joint Laboratory" entre les équipes d'A. Vienne et de Q.Y. Peng le 23/11/09

Réception de la délégation de l'Université de Jinan à l'Université Lille 1 (20/10) et à l'Observatoire de Paris (23/11)

Séjour d'A. Vienne en Chine en novembre 2009
 Q.Y. Peng invité à Lille 1 en juin-juillet 2011
 Hans Rickman, Université de Uppsala (Suède)
 Evgeny Smirnov & Olga Vasilkova, Observatoire de Pulkovo (St Petersburg, Russie):
 Séjour à Saint-Petersbourg en septembre 2012
 Giovanni B. Valsecchi, IASF, Rome (Italie)
 Nick Cooper, Queen Mary (Londres)
 Invitation de S Renner en mars 2012
 Invitation de N. Cooper invité à Lille 1 (mai 2012)
 Rajouter W. Rahoma, université du Caire
 Théories du mouvement relatif.
 Deux séjours à Lille : juillet 2010, octobre 2012

2.3 Collaboration avec l'Université de Namur

Des liens existent depuis de nombreuses années avec le groupe astronomie des Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (FUNDP) de Namur.

- Organisation conjointe sous forme de « Journée ADSG » - Astronomie et Dynamique des Systèmes Gravitationnels (voir <http://lal.univ-lille1.fr/ADSG.htm>)
- 2 postes post-doctorat en cotutelle entre le LAL et l'Université de Namur
 - « Rotation de Titan », 2007-2008, financement Namur
 - « dynamique des systèmes extrasolaires en résonance », 2012, financement Namur

III. Publications

Les travaux listés dans les tableaux suivants concernent la période 2008-2012 (à l'exception des travaux de M. DELEFLIE, qui sont donnés à partir de 2010).

Publications de rang A

2008, Breiter S., Fouchard M. and Ratajczak R., Stationary orbits of comets perturbed by Galactic tides, MNRAS, 282, 200-208
 2008, Kabath, P.; Eigmüller, P.; Erikson, A.; et al., Characterization of CoRoT Target Fields with the Berlin Exoplanet Search Telescope : Identification of Periodic Variable Stars in the LRa1 Field, AJ, 136, 654
 2008, Noyelles B., Lemaître A. and VIENNE A., Titan's rotation: A 3-dimensional theory, Astron. Astrophys., 478, 959-970
 2008, Peng Q. Y. Vienne A. Wu X. P. Gan L. L. Desmars J., CCD positions of Saturn and its major satellites from 2002-2006, Astron. J., 136, 2214-2221
 2008, Peng Q.Y. Vienne A. Lainey V. and Noyelles B., New evidence of precision premium for Galilean satellites from CCD imaging, Planetary and Space Sciences, 56, 1807-1811
 2008, Rickman H., Fouchard M., Froeschlé Ch. and Valsecchi G.B., "Injection of Oort Cloud comets : the fundamental role of stellar perturbations", Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy
 2008, Renner, S.; Rauer, H.; Erikson, A.; et al., The BAST algorithm for transit detection, A&A, 492, 617
 2008, Vienne A., Dynamical objectives of observations of mutual events, Planetary and Space Sciences, 56, 1797-1803
 2009, Almenara, J. M.; Deeg, H. J.; Aigrain, S.; et al., Rate and nature of false positives in the CoRoT exoplanet search, A&A, 506, 337
 2009, Arlot J.-E. et al. (118 auteurs), The PHEMU03 catalogue of observations of the mutual phenomena of the Galilean satellites of Jupiter, Astron. Astrophys., 493, 1171-1182
 2009, Cabrera, J.; Fridlund, M.; Ollivier, M.; et al., Planetary transit candidates in CoRoT-LRc01 field, A&A, 506, 501
 2009, Carpano, S.; Cabrera, J.; Alonso, R.; et al, Planetary transit candidates in Corot-IRa01 field, A&A, 506, 491
 2009, Desmars J. Arlot S. Arlot J. E. Lainey V. Vienne A., Estimating the accuracy of satellite ephemerides using the bootstrap method, Astron. Astrophys., 499, 321-330

- 2009, Desmars J. Vienne A. Arlot J. E., A new catalogue of observations of the eight majors satellites of Saturn (1874-2007), *Astron. Astrophys.*, 493, 1183-1195
- 2009, Léger, A.; Rouan, D.; Schneider, J.; et al., Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. VIII. CoRoT-7b : the first super-Earth with measured radius, *A&A*, 506, 287
- 2009, Rauer, H.; Queloz, D.; Csizmadia, Sz.; et al. , Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. VII. The "hot-Jupiter"-type planet CoRoT-5b, *A&A*, 506, 281
- 2010, Csizmadia, Sz.; Renner, S.; Barge, P.; et al., Transit timing analysis of CoRoT-1b, *A&A*, 510, 94
- 2010, Fouchard M., Froeschlé Ch., Rickman H. and Valsecchi G.B., "Dynamical Features of the Oort Cloud Comets", *Lecture Notes in Physics*,
- 2010, Fouchard M., "Galactic environment and cometary flux from the Oort cloud", *IAU Symposium*
- 2010, Frouard J. Fouchard M. Vienne A., About the dynamic of the evection resonance, *Astron. Astrophys.*, 515, 54
- 2010, Rauer, H.; Erikson, A.; Kabath, P.; et al., Pre-Discovery Observations of CoRoT-1b and CoRoT-2b with the BEST Survey, *AJ*, 139, 53
- 2010, Stoica R.S., Liu S., Davydov Y., Fouchard M., Vienne A., and Valsecchi G.B., "Order statistics and heavy-tailed distributions for planetary perturbations on Oort cloud comets", *A&A*,
- 2011, Fouchard M., Rickman H., Froeschlé Ch. and Valsecchi G.B., "The last revolution of new comets : the role of stars and their detectability", *A&A*
- 2011, Fouchard M., Froeschlé Ch., Rickman H. and Valsecchi G.B., "The key role of massive stars in Oort cloud comet dynamics", *Icarus*
- 2011, Frouard J Vienne A. Fouchard M., The long-term dynamics of the Jovian irregular satellites, *Astron. Astrophys.*, 532, A44
- 2012, Carone, L.; Gandolfi, D.; Cabrera, J.; et al., Planetary transit candidates in the CoRoT LRa01 field, *A&A*, 538, 112
- 2012, Erikson, A.; Santerne, A.; Renner, S.; et al., Planetary transit candidates in the CoRoT-SRc01 field, *A&A*, 539, 14
- 2012, Peng Q. Y. Vienne A. Desmars J., Convenient solution to geometric distortion an its application to Phoebe's observations, *accepté à Astron. J.*
- 2012, Peng Q. Y. He H. F. Lainey V. Vienne A., Precise CCD positions of Galilean satellite-pairs, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 419, 1977-1982
- 2012, Rickman H., Fouchard M., Froeschlé Ch. and Valsecchi G.B., "Gaia and the new comets from the Oort cloud", *PSS*, , vol. 73, p. 124-129

Colloques internationaux (avec comité de lecture)

- 2008, Arlot J.-E., Jin W. J., Zhu J., Peng Q. Y., Colas F., Shen K. X., Tang Z. H., Zhu Z., Lainey V., Thuillot W., Vienne A.: A project of teaching ground-based astrometry, *A Giant Step: from Milli- to Micro-arcsecond Astrometry*, *Proc. Int. Astron. Union, IAU Symposium 248*, 521-522
- 2008, Arlot J.-E., Vienne A., Levasseur-Regourd A.C. : An international network of observations for the International Year of Astronomy, *Communicating Astronomy with the Public 2007*, *Proc. IAU/Nat. Obs. of Athens/ESA/ESO*
- 2008, Desmars, J.; Arlot, J.-E.; Vienne, A. : Influence of the astrometric accuracy of observation, *A Giant Step: from Milli- to Micro-arcsecond Astrometry*, *Proc. Int. Astron. Union, IAU Symposium 248*, 96-97
- 2008, Lainey V., Beauvalet L., Vienne A.: A new computation of tidal dissipation in Tethys, *DPS, Amer. Astron. Soc., Ithaca*, 45.01
- 2008, Noyelles B., Lemaître A., Vienne, A. : The 3-dimensional Rotation of Titan, and the Possibility of a Resonant Wobble, *American Astronomical Society, DDA meeting #39*, #13.01
- 2008, Thuillot W., Arlot J.-E., Vienne A.: International year of Astronomy: a special project in planetary sciences, the equinox on Jupiter in 2009, *DPS, Amer. Astron. Soc., Ithaca*, 18.04
- 2008, Vernazza, P.; Binzel, R. P.; Rossi, et al., *Physical Characterization of Very Young Asteroid Families, Asteroids, Comets, Meteors. Baltimore, Maryland, US*
- 2009, Frouard J. Fouchard M. Vienne A. : Chaoticity of the Jovian Irregular Satellites, *DPS meeting, Amer. Astron. Soc., Porto Rico.*
- 2009, Renner, S.; Sicardy, B.; Souami, D.; Dumas, C. CELMEC V., *Confinement mechanisms of Neptune's ring arcs, Viterbo, Italie*
- 2009, Stoica R. Liu S. Davydov Y. Fouchard M. Vienne A. Valsechi G. : Statistical tools for studying planetary perturbations on Oort cloud comets-: order statistics and heavy-tail distributions, *Mathematics and Astronomy, Madrid*

2010, Desmars J.; Arlot J.-E.; Vienne A. : Estimation of accuracy of close encounter performed by the bootstrap method, *Cosmic Research*, Vol. 48, Iss. 5, p472-478

2010, Frouard J. Fouchard M. Vienne A. : The Long-term Evolution of the Jovian Irregular Satellites, *Amer. Astron. Soc.*, DDA Pasadena, \#41, 9.11.

2011, El Moutamid, M.; Renner, S.; Sicardy, B., Dynamics of the small moons perturbed by Mimas, EPSC-DPS Joint Meeting. Nantes

2011, Renner, S.; Sicardy, B.; Souami, D.; Dumas, C. VLT/NACO observations of Neptune's ring arcs, EPSC-DPS Joint Meeting. Nantes

2011, Vienne A. : Modern ephemerides of planetary satellites, Europlanet Workshop on Planetary Geodesy and Ephemerides, Moscow, (à paraître)

Autres publications et communications

2008, Desmars J., Arlot J.-E., Vienne A. : Précision d'extrapolation des éphémérides des satellites de Saturne, *Journées Sc. de l'IMCCE*, Note Sc. Tech. IMCCE

2008, Fouchard M., Vienne A. : Dynamique des comètes du nuage de Oort, *Journées Sc. de l'IMCCE*, Note Sc. Tech. IMCCE

2008, Frouard J. : Comparaison d'indicateurs rapides de chaos de Lyapunov, *Journées Sc. de l'IMCCE*, Note Sc. Tech. IMCCE

2008, Frouard J. : Comparison of fast Lyapunov chaos indicators for Celestial Mechanics, *Semaine de l'Astrophysique Française*, Journées de la SF2A, Paris

2008, Lainey V., Arlot J.-E., Desmars J., Karatekin O., Noyelles B., Rambaux N., Renner S., Vienne A. : Présentation du groupe de travail Encelade, *Journées Sc. de l'IMCCE*, Note Sc. Tech. IMCCE

2008, Noyelles B., Lemaitre A., Vienne A. : Étude en 3 dimensions de la rotation de Titan, *Journées Sc. de l'IMCCE*, Note Sc. Tech. IMCCE

2008, Noyelles B., Lemaitre A., Vienne A.: Titan's forced rotation - Part II: The resonant wobble, *Semaine de l'Astrophysique Française*, Journées de la SF2A, Paris

2009, Vienne A., Synthetical series: a tool for dynamical planetology, *CELMEC V*, Viterbo (Italy)

2009, Vienne A. : Lille Observatory : a university heritage, *Journées de la SF2A*, Besançon

2009, Vienne A. Desmars J. Arlot J.E.: A large catalogue of observations of Saturnian satellites, *Journées de la SF2A*, Besançon

2009, Vienne A. : Learning Mathematics with Astronomy, *Journées de la SF2A*, Besançon

2010, Frouard J.; Fouchard M. ; Vienne A., The evection resonance : solar and oblateness perturbations, *Journées de la SF2A*, Marseille

IV. Activités pédagogiques des enseignants du LAL

Les enseignements dispensés sont les Mathématiques et l'Astronomie ; cette dernière discipline est présente dès le L1 :

- « L'Univers et sa mesure », en Licence LST-A, S1 (50h, 3 groupes)
- « L'Univers et sa mesure », en Licence LST-B, S1 (20h, 4 groupes)
- « Éléments d'astronomie fondamentale », en Licence MIMP et PC, S3 (50h, 2 groupes)
- « Mécanique du système solaire », en Licence Mathématiques, S6 (50h, 1 groupe)

Nous avons aussi élaboré un cours de niveau Master de mathématiques : "Mécanique hamiltonienne et Astronomie".

Formation continue

Nous intervenons aussi au sein de l'IREM (Institut de Recherche en Enseignement des Mathématiques) de Lille, au sein du groupe "Astronomie" (30h). L'objectif général du groupe est d'élaborer des activités permettant de faire comprendre aux élèves en quoi apporter des réponses à des questions d'astronomie requiert l'utilisation des mathématiques. Des fiches niveau collègue et lycée ont été élaborées sur les thèmes. Voir http://lal.univ-lille1.fr/irem_all/fiches/fiches.html

Outre le stage "Mathématiques et Astronomie" à destination des enseignants du secondaire qui a lieu tous les ans (Plan Académique de Formation), nous avons fait les présentations suivantes :

- . Vienne A., "La géométrie au travers de l'astronomie au quotidien", 5-6-7 mars 2008 à la Cité des géométries, Colloque "Qu'est-ce que la recherche en mathématiques aujourd'hui ?"
- . Renner S. et Callenaere B., `` Les repères en astronomie'', 2010 à la Cité des géométries, Colloque

Licence Mathématiques-Lettres

A. Vienne a participé à la mise en place de la formation Licence Mathématiques-Lettres. Dans ce cadre, il a donné deux séminaires de la série "La mesure : approche littéraire et mathématique" organisée conjointement par l'UFR de Mathématiques (Lille 1) et l'UFR de Lettres Modernes (Lille 3) :

\item "Autour de Copernic : le problème de la Mesure du Monde" (avec A.P. Pouey-Mounou pour "Observations et systèmes dans la littérature de la Renaissance", 9 juin 2009)

\item "Voyage dans le système solaire puis dans les galaxies", (avec C.O. Stiker-Métral pour "La mesure et l'infini chez Cyrano de Bergerac et Fontenelle", 26 janvier 2010)

\item "Beauté naturelle et beauté artistique : le cas de l'astronomie", (avec Isabelle Pantin de l'ENS-Ulm pour "La poésie du ciel à la Renaissance: images astronomiques", 6 novembre 2012)

Formation de professeurs du 2nd degré à la manipulation de la grande lunette

L'idée est de rendre l'Observatoire de Lille plus ouvert pour les élèves de la région en formant plusieurs enseignants qui ont pour mission d'initier le public scolaire aux différentes observations lors des visites à l'Observatoire de Lille, cela en relation avec les programmes scolaires. L'activité proposée ensuite par ces enseignants est centrée sur la grande lunette. Mais il y a aussi de nombreux objets astronomiques (pendules, sextants, théodolites, cartes du ciel, sismographe, ...) qui servent à des activités astronomiques. Cette formation a déjà eu lieu en 2011 et 2012: 12 séances avec 6 professeurs du secondaires.

Université en ligne

<http://media4.obspm.fr/public/MPA/>

La philosophie de ce projet est d'utiliser l'Astronomie comme source d'exemples dans l'apprentissage des Mathématiques. Il est accessible aux enseignants de mathématiques pour agrémenter (ou diversifier) leurs séances d'exercices. On espère donc que ce sera un un moyen de renforcer l'attractivité des mathématiques pour les jeunes.

Il a été choisi de faire un plan qui suit le programme de Mathématiques de la licence et non un plan qui suit les chapitres du module d'astrophysique, afin qu'il soit plus accessible aux enseignants de mathématiques.

Notons que ce site est toujours en cours d'enrichissement. Son objectif est de couvrir tout le parcours de Mathématiques et de Physique des étudiants de L1, L2 et L3.

La coordination pédagogique de ce projet est assurée par Alain VIENNE (Université Lille1). La partie lilloise du groupe est constitué de: Florent Deleflie (2010-), Marc Fouchard (2008-), Alexandre Pousse (2012-) Stéfan Renner (2008-) et Alain Vienne (2008-).

Ce projet, toujours en cours d'enrichissement, est ouvert au public à <http://media4.obspm.fr/public/MPA/>

On trouvera dans la rubrique Enseignement du site du LAL (<http://lal.univ-lille1.fr/>) les cours et autres documents pédagogiques mis à disposition de tous : <http://lal.univ-lille1.fr/eqLILLE-enseig.html>

V. Tâches d'intérêt général

5.1 PODET :Activités de recherche appliquée

Ces activités de recherche appliquée bénéficient des travaux théoriques menés au LAL.

L'objectif est de produire un service scientifique dans le domaine de l'orbitographie des satellites artificiels et des débris spatiaux.

Dans le cadre de ce service, cette nouvelle thématique est développée au LAL. Elle concerne l'étude de la trajectoire des débris spatiaux, trajectoire à la dynamique spécifique puisqu'ils évoluent dans

l'environnement terrestre, mais aux équations du mouvement similaires à celles des satellites naturels du système solaire et des astéroïdes géocroiseurs. F. Deleflie, astronome-adjoint à l'IMCCE, spécialiste des résonances dans le mouvement des satellites artificiels, est responsable de ce service.

Il s'agit ici non seulement de finir la mise au point de l'ensemble de la chaîne de traitement dynamique des observations mais aussi d'assurer la pérennité de la mise à jour des réductions d'observations.

A terme, nous souhaitons la création d'un pôle thématique "Débris et résonances dans les satellites artificiels", avec le soutien de la région Nord-Pas-de-Calais (réduction de données) et du CNES (liens avec les services internationaux liés aux débris spatiaux). Le CNES est déjà engagé dans ce projet (financement de la thèse de J. Daquin + contrats gérés à Lille1)

Ce pôle thématique entre dans le service labellisé INSU "AA-S06 Surveillance solaire, relation Soleil-Terre, environnement terrestre" présent aussi à l'IMCCE par l'intermédiaire de la surveillance des objets géocroiseurs et des essaims météoritiques. Le recensement des débris spatiaux et la surveillance par la détermination à long terme de leur orbite entre dans la tâche de service "surveillance des débris spatiaux". Pour effectuer ces travaux, outre des moyens informatiques, il sera nécessaire d'obtenir des moyens humains.

L'implication des différents acteurs français (IMCCE, CNES) sera indispensable ; de même de l'implication, à un niveau plus local, de l'université (demande d'IATOS auprès de l'université de Lille 1).

5.2 Taches de service (dans le cadre du CNAP)

Florent Deleflie :

Le Centre d'Analyse GRGS dont s'occupe F. Deleflie dans le cadre de ses taches de service d'Astronome-Adjoint est un centre officiel d'analyse de l'ILRS depuis septembre 2007, et joue un rôle très actif au sein de l'Analysis Working Group de l'ILRS, parmi 8 autres centres d'analyse officiels internationaux (ASI, BKG, DGFI, ESA, GA, GFZ, JCET, NSGF). La participation à l'ILRS permet de valoriser les traitements dans un cadre international, de participer à la mise à jour des standards.

Traitements opérationnels du centre d'Analyse

Automatisation des contributions hebdomadaires (à J+2) et journalières (à J+1) : à partir des orbites des satellites géodésiques (Lageos-1 et Lageos-2, mais aussi Etalon-1 et -2 pour l'AWG, ainsi que Starlette, Stella, Ajisai), et des corrections aux données brutes établies par l'AWG de l'ILRS ; les résultats de la contribution du GRGS se mettent sous la forme de matrices normales hebdomadaires contenant les paramètres de rotation de la Terre, et les coordonnées des stations d'observation, ainsi que les paramètres de transformation d'Helmert.

Mises à niveau effectuées

- Poursuite des tests et de l'implémentation du nouveau format de données laser au sein des logiciels d'analyse
- Documentation et implémentation de l'ensemble des corrections à prendre en compte lors des analyses, dont l'implémentation, encore en phase de test, de nouvelles corrections centre de masse, dépendant de la station et du satellite
- Poursuite de l'archivage rigoureux des résultats, gestion des versions de paramétrisation, au sein d'un Observatoire Virtuel (OV-GAFF),
- Réalisation de scripts automatiques de gestion des modifications du réseau de stations dans les logiciels (modification des excentricités, des discontinuités, du nombre des stations),

5.2 Radio-détection des météores

L'Observatoire de Lille possède une station de radio-détection des météores. Le principe est d'écouter une fréquence habituellement inaccessible de l'éloignement de la station émettrice. Lorsqu'un météore - libéré par une comète lors de son dégazage - entre dans l'atmosphère, le plasma généré reflète

alors le signal à hauteur de l'ionosphère. Cette technique permet de surveiller l'activité météoritique en permanence.

Cette station est la première du réseau baptisé REFORME (REseau Français d'Observation Radio des MétéorEs) qui comprend celles de l'Observatoire de Nancay, l'Observatoire de Haute-Provence (OHP), complété par une caméra à grand champ de l'Observatoire du Pic du Midi.

Une nouvelle phase du développement du réseau d'observations des météores (en radio et en optique) a commence en juin 2012 sous l'impulsion de F. Deleflie et A. Vienne, dans le cadre du projet FRIPON de l'IMCCE, et de manière à faire de l'Observatoire de Lille une station centrale des réseaux d'observation belge et français. Dans la cadre de FRIPON, l'Observatoire de Lille pilote le réseau régional Nord des météores. L'instrumentation est en pleine phase de redéploiement, et l'Observatoire de Lille dispose désormais de deux antennes (réseaux BRAMS et GRAVES), d'une caméra WATEC. Au niveau français, le réseau est également en train de monter en puissance.

Voir aussi <http://lal.univ-lille1.fr/LAL-radiometeores.html>

5.3 Organisation de séminaires "Astronomie & Dynamique des Systèmes Gravitationnels"

Depuis 2004, une série de séminaires intitulée « Colloquium, Astronomie & Dynamique des Systèmes Gravitationnels » est organisée à Lille1. A partir de 2006, ce colloquium s'est fait sous forme de journées thématiques organisées conjointement avec A. Lemaitre (FUNDP, Namur).

<http://lal.univ-lille1.fr/ADSG.htm>

5.4 Organisations de colloques

Workshop Comètes 2008

<http://lal.univ-lille1.fr/WS-2008/WS-2008.pdf>

Du 28 avril au 2 Mai 2008, une semaine de travail, fiancée par le BQR de l'USTL, sur la dynamique des comètes a été organisée à l'observatoire de Lille. Les personnes invitées et organisateurs sont: Youri Davydov (Painlevé / USTL), Marc Fouchard (LAL-IMCCE / USTL), Christiane Froeschlé (Cassiopée / OCA), Claude Froeschlé (Cassiopée / OCA), Shuyan Liu (Painlevé / USTL), Hans Rickman (Université de Uppsala, Suède), Radu S. Stoica (Painlevé / USTL), Giovanni B. Valsecchi (INAF-IASF, Rome, Italie), Alain Vienne (LAL-IMCCE / USTL). Cette semaine a permis de faire un bilan de la recherche en cours, et de fixer les objectifs futurs. Elle a aussi permis de stimuler les collaborations entre les différents participants. Un programme de la semaine peut être visualisé sur le site du LAL.

Workshop Comètes 2009

<http://lal.univ-lille1.fr/WS-2009/workshop-Lille-2009.pdf>

« Mécanisme de transport des comètes du nuage de Oort », du 5 au 7 mai 2009

Workshop Anneaux 2010

http://lal.univ-lille1.fr/ring_workshop.html

« Dynamics of planetary satellites and rings », 15-16 December 2010

Invited speakers :

- Carl D. Murray, Astronomy Unit, Queen Mary, University of London
- Nick Cooper, Astronomy Unit, Queen Mary, University of London
- Bruno Sicardy, LESIA-Paris Observatory and Institut Universitaire de France
- Valéry Lainey, IMCCE-Paris Observatory
- Sébastien Charnoz, AIM-CEA and Paris VII University

Workshop Nuage de Oort 2011

http://lal.univ-lille1.fr/oort_workshop.html

« Dynamics and formation of the Oort Cloud », 27-30 September 2011

Invited speakers : Ramon Brassier, Melvyn Davies, Luke Dones, Piotr Dybczynski, Julio

Fernández, Christiane Froeschlé, Ryszard Gabryszewski, Esko Gardner, Arika Higuchi, Nathan Kaib, Andreas Korn, Małgorzata Królikowska-Soltan, Hal Levison, Wład Lyra, Lucie Maquet, John Matese, Lubos Neslusan, Nik Piskunov, Sławomira Szutowicz, Paweł Wajer, Paul Weissman

Colloque Débris spatiaux 2011

http://www.imcce.fr/hosted_sites/lille2011/

« International Symposium on Orbit Propagation and Determination », 26-28, September, 2011
"proceedings (ed F. Deleflie) en cours de réalisation"

5.6 Responsabilités administratives

A. Vienne,

directeur de l'Observatoire de l'Université de Lille1 (2003)

membre élu au Conseil Scientifique de Lille1 2007-2012

directeur adjoint de l'IMCCE : élu en 2003 par le Conseil Scientifique de l'IMCCE ; réélu en 2007, jusque 2009

membre élu du Conseil National des Universités (CNU section 34), 2011

membre élu du Conseil Scientifique de l'Institut de Mécanique Céleste (IMCCE) 2011

membre élu du Conseil de l'UFR de Mathématiques (Lille1) 2011

M. Fouchard,

membre élu du Conseil de l'Institut de Mécanique Céleste (IMCCE) 2007-2011

F. Deleflie

membre du CS IMCCE

membre du CI IMCCE

membre du CS GRGS

resp. centre analyse GRGS de l'ILRS

org. séminaires TE de l'IMCCE/SYRTE

5.7 2009 : Année Mondiale de l'Astronomie ... et du centenaire de la lunette.

L'année 2009 a été déclarée par l'UNESCO Année Mondiale de l'Astronomie. L'UAI (l'Union Astronomique Internationale) coordonne les diverses manifestations et a chargé les Comités Nationaux de l'organisation au niveau national. A. VIENNE fait partie du comité national de pilotage en tant que représentant de la région "Grand Nord Ouest"; il anime ainsi le comité régional de cette zone géographique.

En plus de ces activités de coordinations, il a donné de nombreuses conférences durant cette année. Notons les deux données à Canton (Chine), organisées par le nouveau campus central la ville et qui ont donné lieu à de nombreux articles dans la presse chinoise.

L'année 2009 a aussi été l'année du centenaire de la lunette de l'Observatoire de Lille :

\item "Soirée du premier quartier": 8 soirées d'observation à la lunette d'octobre 2008 à mai 2009.

\item Organisations et animations de conférences : "Rendez-vous d'Archimède", "cycle L'espace", à l'espace culture de Lille 1.

\item Exposition "Au plus près des étoiles" du 19 octobre au 18 décembre 2009 (L'histoire de l'Observatoire de Lille).

\item Article L'"Observatoire de Lille : patrimoine universitaire et laboratoire de recherche en mécanique céleste" dans " Les Nouvelles d'Archimèdes" de Lille 1.

\item Pose d'une plaque commémorative à l'Observatoire de Lille pour les 100 ans de la lunette le 30 novembre 2009 avec les allocutions de A. Vienne (Directeur de l'Observatoire de Lille), P. Rollet (Président de l'Université Lille 1) et Martine Aubry (Maire de Lille, empêchée, l'allocution a été faite par son représentant D. Plancke).

\item interviews à la radio, télévision locale et dans la presse écrite locale et spécialisée (5 pages dans "Astronomie Magazine").

5.8 Mission GAIA

En 2014, le satellite astrométrique GAIA devrait être envoyé dans l'espace et effectuer un balayage continu de la voûte céleste pendant 5 années. Les observations faites par GAIA seront d'une précision inégalée jusqu'à maintenant. La contribution du LAL à la préparation de la mission est d'évaluer les apports potentiels de GAIA pour la compréhension de la dynamique des comètes, en particulier l'évaluation des effets des forces non gravitationnelles due à l'activité cométaire lorsqu'une comète se rapproche du Soleil.

5.9 Diffusion de l'information scientifique

Les activités du LAL dans ce domaine sont :

- observations à la lunette de 325mm de l'Observatoire de Lille
- journées "portes ouvertes" de Lille 1 et stand de Lille 1 du Salon de l'Étudiant à Lille
- pages de la toile du Laboratoire d'Astronomie de Lille (<http://ustl.univ-lille1.fr/lal>)
- visites de l'Observatoire de Lille
- accueil sur la journée d'élèves de quatrième et de troisième
- conférences d'astronomie grand public (2 ou 3 par an en moyenne)

Média

Outre divers articles parus dans la presse locale, on peut citer :
5 pages dans "L'Astronomie", mars 2012

Perspectives

VI. Programme de recherche

Dans sa majeure partie, ce programme se situe dans la continuité des recherches déjà effectuées et qui ont été présentées dans la section précédente. Il est souvent en lien direct avec les besoins des programmes spatiaux, que ce soit en analyse de données (GALILEO pour le système de Jupiter et surtout CASSINI pour le système de Saturne) ou en préparation de missions (GAIA, ...). En plus de l'aspect planétologique des recherches, l'aspect éphémérides intéresse tout particulièrement - et directement - les agences spatiales.

Amélioration et extension de TASS

Avec les données de la mission CASSINI, la théorie TASS des huit gros satellites de Saturne doit être améliorée en précision et inclure les autres petits satellites. De plus, TASS a mis en évidence de nouvelles perturbations à très longues périodes dans la longitude moyenne de Mimas. Elles peuvent expliquer l'accélération observée dans cette longitude, bien plus forte que celle qui devrait exister si elle n'était due qu'au seul effet de marée.

Débris spatiaux

1. Cohérence description mouvement osculateur/centré
2. Ajustement d'orbite court terme
3. Détection de chaos ?
4. Cadre OV

Cela implique :

R&T CNES + projet PODET. Soumission d'une ANR « Blanc ». Liens IMCCE/CNES/OCA/OHP. Stage M1/M2, Sujet de thèse CNES. Logiciels GRGS/IMCCE

Mécanique spatiale

- Théorie analytique de satellite
- Investigations excentricité orbites MEO
- Valorisation contrat R&T

d'où :

Théories en cours de publication (2 articles). Point clef 2011: orbites GTO à long terme. Comparaison numérique / analytique.. Stage M1+ing (DeltaV)? FINALISATION

Géodésie spatiale

- Nouveau modèle d'albédo
- Orbites combinées SLR/GNSS
- Représentation du champ

d'où :

Stage ingénieur effectué (5 mois à partir de mai). Equipe ANR (projet INRIA) en cours de constitution)

Centre d'Analyse ILRS

- Séries temporelles champ grav et positions de station, et EOP
 - Nouvelle estimation des biais
 - Cadre OV
- d'où :
Modes opérationnels et réanalyses à rendre plus robustes. Logiciels GRGS.

Marée d'Encelade

Grâce à divers instruments, Cassini a observé des jets de particules de glace au pôle Sud d'Encelade.

L'origine de ces jets est très probablement liée aux effets de marées. Il est donc nécessaire de réussir à quantifier la dissipation globale à l'intérieur de ce satellite via l'observation d'une accélération séculaire.

Ce travail a déjà été effectué avec succès sur le système Galiléen par V. Lainey, et O. Karatekin, spécialiste de la structure interne à l'Observatoire Royal de Belgique, s'est joint à nous pour l'interprétation des résultats. Si les données le permettent nous essaierons d'ajuster aussi la dissipation dans Saturne.

Propagation des erreurs dans les éphémérides

Nous avons déjà étudié la propagation des erreurs dans les éphémérides de satellites. L'étude est basée sur l'utilisation de méthodes statistiques. Nous voulons étendre cette étude aux orbites astéroïdes géocroiseurs et débris spatiaux.

Ce thème s'inscrit dans le projet PODET qui s'intéresse à trois types d'objets astronomiques : les astéroïdes géocroiseurs (NEO), les débris spatiaux, les essaims météoritiques et vise à fournir et à exploiter un schéma d'analyse globale de la dynamique de ces objets, depuis l'acquisition des observations jusqu'à leur valorisation par la publication de paramètres comme les probabilités d'impact. L'une des difficultés actuelles repose sur le fait qu'il n'existe pas de méthode fournissant un bilan d'erreur global, et qui analyse les conséquences de chacune des sources d'erreur. Les analyses, traditionnellement, sont fondées sur des approches statistiques, qu'on cherche donc ici à rendre explicite. Le principal résultat à attendre serait une réduction significative de l'incertitude des probabilités de collision (en orbite pour les débris spatiaux, collisions avec la Terre pour les NEO) :

- Amélioration du modèle dynamique d'ajustement d'orbite, sur le court terme (débris spatiaux, NEO), avec la propagation de la matrice d'information.
- Etude de méthodes quantifiant le chaos au sein des équations du mouvement. Lien avec le bilan d'erreur.
- Application à la stabilité à long terme de la population des débris spatiaux, et des NEO.

Dynamique des comètes

Nous envisageons les étapes suivantes :

- Etudes de la dynamique des comètes du nuage de Oort avec un modèle réaliste de perturbations planétaires. Les caractéristiques suivantes seront étudiées :
 - taux de productions. Ceci est particulièrement important pour en déduire la masse initiale du nuage de Oort, paramètre déterminant pour tout modèle de formation du système solaire
 - forme du pic de Oort. Ici aussi, la forme du pic de Oort peut nous donner une information sur la forme initiale du nuage de Oort. Ici aussi cette forme est déterminant puisqu'il est plus facile de placer des comètes dans la partie interne du nuage (moins de 10 000 UA) plutôt que dans la partie externe
 - lien avec les objets de types Sedna. En effet, Sedna se trouve sur une trajectoire pratiquement non affectée par les perturbateurs externes (étoiles, Galaxie) et internes (les planètes). Ainsi, la question du comment Sedna est arrivée sur une telle orbite et

- combien de tels objets peut-il exister est fondamentale
 - lien avec les comètes de types Halley. La population des comètes de type Halley reste encore inexpliquée. Elles proviennent probablement du nuage de Oort, et notre modèle devrait pouvoir césir les caractéristiques de ce transport
 - lien avec les objets de type Centaures. Ces objets transitoires entre les orbites de Jupiter et de Neptune proviennent en majorité de la ceinture de Kuiper. Cependant des routes existent entre le nuage de Oort et ces objets. Le but est donc d'analyser ces routes dynamiques.
- Etudes de l'influence de modèle de dégazage et donc de fin de vie d'activité cométaire sur le taux de comètes observables provenant du nuage de Oort ;
 - Modélisation des marées galactiques par un modèle plus réaliste tenant compte du mouvement du Soleil dans la Galaxie sur de grandes échelles de temps. En effet, le modèle actuel de marées suppose une trajectoire du Soleil circulaire et uniforme, dans un environnement galactique constant. Des études ont montré qu'une trajectoire vraisemblablement elliptique avec des variations de la densité du disque galactique au voisinage du Soleil dépendant tant de la distance au centre galactique que de la hauteur du Soleil par rapport au plan du disque induit une variation du flux de comètes observables provenant du nuage de Oort. L'objectif est d'implémenter un tel modèle dans notre modèle d'évolution des comètes du nuage de Oort.
 - Poursuite du développement du modèle statistique de perturbations planétaires pour les comètes du nuage de Oort. L'objectif est de pouvoir, à terme, remplacer le calcul de perturbations planétaires par un calcul de probabilité en utilisant des lois appropriées dont les paramètres sont déterminés statistiquement.

En parallèle de cette activité principale, les projets suivants sont envisagés :

- Utilisation de la mission de GAIA pour l'étude de la dynamique des comètes,
- Etude approfondie de l'incomplétude des échantillons de comètes observées.

Enfin, le LAL participe à la préparation de la mission GAIA en essayant d'estimer les apports potentiels de GAIA pour notre compréhension de la dynamique des comètes.

Remarque :

Les thèmes de recherches abordés requièrent toutes les techniques relatives à ces dits problèmes : théorie analytique, analyse numérique, analyse des fréquences, observations, techniques de réduction des observations, dynamique des résonances, localisation du chaos ...

Il est donc facile de définir de nouveaux thèmes de recherche (utilisant ces techniques) et ainsi d'élargir encore nos perspectives.

VII. Promouvoir l'enseignement des sciences

L'astronomie est une source d'inspiration importante et un champ d'application en pleine expansion pour les mathématiques pures et appliquées. Il semble donc important que l'UFR de Mathématiques - par le biais du LAL - continue de proposer à ses étudiants une ouverture sur l'astronomie. Le LAL cherche donc à développer l'enseignement de l'astronomie ainsi que diverses activités pédagogiques liées à la lunette de l'observatoire :

Le potentiel de l'astronomie pour le développement des études scientifiques est loin d'être négligeable. Lille 1 a un atout considérable pour exploiter ce potentiel: l'Observatoire de Lille. Nous souhaitons, avec l'UFR de Mathématiques, et avec l'UFR de Physique, développer des séances d'utilisation de la lunette par les étudiants, en ouvrant aux enseignants de physique désireux de vérifier et d'appliquer leurs enseignements théoriques.

Par ailleurs, avec le groupe Astronomie de l'IREM (voir sect. IV), nous souhaitons mettre en place

le projet "La main dans les étoiles" : Il s'agirait activités astronomiques dans les écoles, collèges et lycées, sous forme d'observatoire mobile.

Enfin, nous allons continuer dans le domaine de l'enseignement à distance avec le projet UNISCIEL : ce cours interactif de Mathématiques de/pour l'Astronomie est prévu sur plusieurs années.

VIII. Actions pour le "Laboratoire d'Astronomie de Lille"

Il a été présenté plus haut les projets en matière pédagogique (cf section précédente) et les perspectives de recherche (voir Sect. VI)

Nous allons maintenant présenter les actions spécifiques que le LAL compte mener dans les années à venir et qui nécessite le soutien actif de l'Université de Lille 1. Cette section se place donc directement dans le cadre du prochain contrat quadriennal. L'idée principale est d'améliorer la visibilité du LAL au sein même de Lille 1 (à l'aide de collaborations interdisciplinaires) tout en maintenant et renforçant sa visibilité sur le plan national et international. La mise en place du PRES régional sera l'occasion d'un élargissement des activités de l'Observatoire de Lille, notamment au niveau de l'enseignement. En effet, l'Observatoire de Lille est le centre astronomique pour la région Nord/Pas-de-Calais. Il est donc naturel que ses compétences s'étendent à toute la région.

8.2 Renforcer les liens avec les mathématiques de Lille 1

Ces liens sont étroits et anciens puisque, dès l'origine, l'UFR de Mathématiques a officiellement défini dans ses statuts trois départements: Mathématiques, Astronomie et Mécanique.

Formation

Les liens sont évidents au niveau de l'enseignement magistral.

Il faut aussi souligner les liens existant avec l'IREM de Lille : outre le stage "Mathématiques et astronomie" (proposé aux enseignants de mathématiques des lycées), signalons ce projet d'un stage "Atelier de mathématiques" porté conjointement avec d'autres animateurs universitaires de l'IREM. Par ailleurs, déjà cité : le projet d'observatoire mobile ("La main dans les étoiles"), qui - pour se concrétiser - nécessitera d'importants moyens humains.

Statistique

Une collaboration s'est engagée avec R.S. Stoica du laboratoire Painlevé (Lille 1) dans le cadre du nouvel axe de recherche concernant l'étude de la dynamique des comètes.

Il s'agit d'une approche statistique de cette dynamique, et en particulier de savoir si elle peut être modélisée par une méthode de Monte Carlo adaptée.

Dans un premier temps la recherche se fera suivant deux directions :

- (i) l'étude de la forme des distributions des perturbations planétaires subies par les comètes
- (ii) effectuer une carte des différentes régions dynamiquement homogènes de l'espace, utilisée pour représenter la dynamique.

Systemes dynamiques

La Dynamique est un domaine liant directement Astronomie (via la Mécanique Céleste) et Mathématiques (Systemes Dynamique). Il serait bénéfique d'envisager des collaborations à ce niveau, en commençant - par exemple - par l'enseignement.

8.3 Se rapprocher de la physique de Lille 1

Appelée aussi Astrophysique, l'Astronomie est naturellement proche de la Physique. Si nos

domaines de recherche nous amènent à utiliser des méthodes et des outils mathématiques, les objets étudiés sont quant à eux physiques : la composition, la forme et la structure de ces objets influent sur leur dynamique. Réciproquement, une bonne étude dynamique permet d'accéder à des renseignements inaccessibles par ailleurs, comme par exemple la structure interne.

Depuis fin 2006, l'Observatoire de Lille possède une station de radio-détection des météores (voir Sect. 5.1, p. 15 ou <http://www.univ-lille1.fr/lal/LAL-radiometeores.html>). Elle permet de surveiller en radio l'activité météoritique de manière permanente.

Cette activité a été mise en place lors d'un stage de Master 1 de physique, dans le cadre des recherches de J. Vaubaillon sur la dynamique des essaims météoritiques et de leurs corps parents. Elle a permis, avec deux autres stages, d'établir des contacts scientifiques avec des physiciens de Lille 1. Il est souhaitable de renouveler ce genre d'expériences afin que ces contacts se transforment en collaborations scientifiques avec le LAL.