

1.2. OBSERVATOIRE DE TAHITI

1. Introduction

Il existe à Tahiti une plateforme technologique d'intérêt international en géodésie, l'Observatoire Géodésique de Tahiti (OGT), fondée en 1997 par Convention entre la NASA, le CNES et l'UPF. Elle est financée par ces trois organismes, avec un statut de PPF (Plan Pluri-Formation) rattaché au laboratoire de Géosciences du Pacifique Sud (GEPASUD). L'OGT participe aussi à la meilleure appréhension des risques naturels en Polynésie française à travers le suivi des tsunamis dans le bassin Pacifique, en collaboration avec le laboratoire de Géophysique (LDG) du CEA et le SHOM, et ainsi qu'avec la Protection Civile de Polynésie française.

Cette plateforme est principalement dédiée à la définition précise des systèmes de référence terrestres et à l'appui du suivi global du niveau moyen des mers (poursuite laser de satellites bas et radio-positionnement DORIS et GPS). Elle a été complétée en 2006 par le réseau POGENET de "vérité terrain" en marégraphie / GPS et en 2008 par un gravimètre gPhone. Une composante à tonalité « Environnement et Climat » a été mise en place en 1999 avec un photomètre AERONET d'étude des aérosols, suivi en 2009 par les réseaux de localisation des impacts de foudre LIFT et WWLLN. L'OGT héberge également le Centre International des Marées Terrestres, l'un des services de l'Association Internationale de Géodésie (AIG).

Il existe une très forte demande de la communauté internationale pour la continuité de l'OGT de par sa localisation géographique unique. Une demande Equipex de jouvence de la station laser et d'une extension VLBI (étude de la rotation de la Terre) a été déposée auprès des autorités compétentes en septembre 2010 (au-delà des budgets allouables, elle devrait être reproposée en 2011 avec un budget plus restreint). L'OGT poursuit actuellement, sur des crédits Etat-Polynésie française le déploiement d'un réseau marégraphique sur l'ensemble des archipels. Dans le cadre du GOPS (Grand Observatoire du Pacifique Sud), les stations marégraphiques devraient être équipées de capteurs hydrométéorologiques et d'acidité/salinité des océans.

Le rôle primordial de l'OGT est d'assurer dans une région peu couverte du Pacifique Sud la collecte de données permettant de contraindre les modèles globaux d'évolution de la Terre, que ce soit en géophysique, météorologie ou climatologie. Il a donc une vocation pérenne d'observatoire. L'équipe assurant le fonctionnement de l'OGT veille cependant à maintenir une composante en recherche, s'appuyant essentiellement sur l'analyse locale des données GPS, la modélisation globale étant assurée par des grands centres d'analyse.

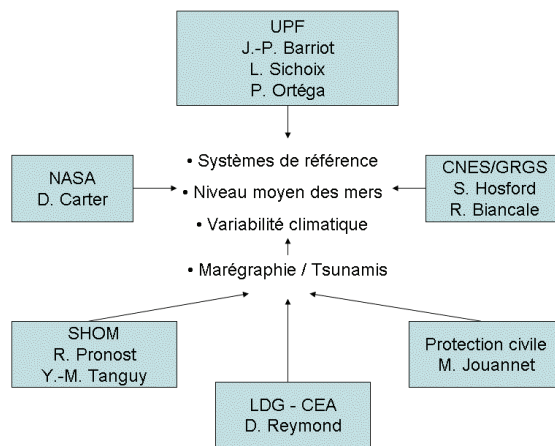


Diagramme fonctionnel de l'Observatoire Géodésique de Tahiti

2. L'Observatoire Géodésique de Tahiti : Bilan et Projets

2.1. Bilan



Site de l'Observatoire Géodésique de Tahiti, à Punaauia.

Tahiti est devenu en 1997 un site de référence géodésique fondamentale pour la poursuite des satellites d'étude de la Terre à des fins océanographiques, géodynamiques et géophysiques grâce à l'installation d'une station de poursuite de satellites par laser sur le campus de l'Université de la Polynésie française à Punaauia, Tahiti. Cette station et les deux systèmes de poursuite radio installés depuis 1995 (DORIS et GPS) constituent le cœur de l'Observatoire Géodésique de Tahiti (OGT) qui a été inauguré le 12 mai 1998. Un certain nombre d'applications des techniques spatiales aux Sciences de la Terre et de l'Océan nécessite une détermination d'orbite de niveau centimétrique (pour des satellites à des distances comprises entre 300 et 30 000 km), ce qui implique une poursuite des satellites à partir de réseaux géodésiques de référence. Si la trajectoire de ces satellites est déterminée de manière précise, on peut en retour améliorer la précision du positionnement du site de référence (et mesurer son déplacement par rapport à d'autres points du globe), améliorer la connaissance du champ de gravité terrestre et de ses variations temporelles, ou déterminer la surface topographique de la mer et sa variabilité (notamment la surveillance du niveau moyen des mers en liaison avec le réchauffement global).

Les autres domaines d'application principaux sont :

- la déformation de la Terre : géodynamique globale, cinématique des plaques tectoniques, position par rapport au géocentre ;
- l'étude de la rotation de la Terre ;
- les interactions Terre-Océan-Atmosphère ;
- l'altimétrie fine : amélioration de l'orbitographie locale grâce au laser ;
- la calibration des altimètres ;
- la colocalisation entre les systèmes positionnement (laser, DORIS, GPS et bientôt GALILEO).

Il y a plus de 20 satellites susceptibles d'être suivis par laser, GPS et DORIS. Citons les plus connus : Lageos, Etalon, Topex-Poséidon, ERS, Jason, Envisat, GPS,... et il est indispensable qu'un effort continu d'observations en des points régulièrement espacés à la surface de la terre soit réalisé. C'est la raison d'être du réseau mondial associant des stations de référence géodynamique fondamentale regroupées dans le cadre de l' " International Union of Geodesy and Geophysics " et dont l'Observatoire Géodésique de Tahiti est un des maillons.

La balise DORIS du CNES a été installée en 1996, en même temps qu'un récepteur ARGOS (dédié à la localisation pour sauvetage). Cette balise DORIS vient d'être remplacée par une balise maîtresse avec horloge césium (novembre 2009). Nous avons maintenant trois stations GPS permanentes, colocalisées dans un rayon de moins de 20 m sur le site de l'OGT et à 50 m de la station laser : une station appartenant à la NGA (National Geospatial-Intelligence Agency, anciennement National Imagery and Mapping Agency), une station CNES et une station propriétaire TRIMBLE. Une station semi-permanente est installée sur le site de l'Institut pour la Recherche et le Développement (IRD) à Tahiti-Arue. Quatre GPS-marégraphes sont aussi déployés aux îles Australes (Tubuai), Marquises (Nuku-Hiva), Tuamotu (Rangiroa) et presque île de Tahiti auquel s'ajoute le marégraphe de Huahine.

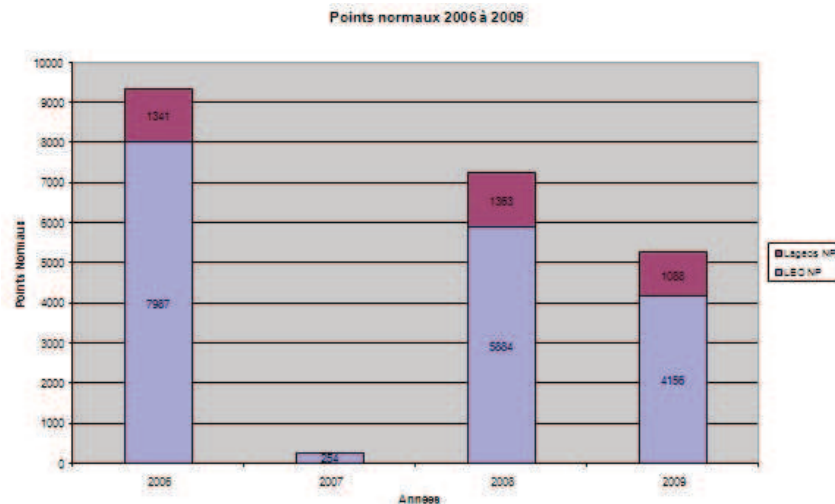
Le système PRARE de poursuite de satellite de conception allemande n'ayant pas eu le succès escompté, la balise PRARE de l'OGT, installée en 1999, a été démantelée en 2004, comme ses trente consoeurs. Outre les instruments destinés spécifiquement à la géodésie, un photomètre solaire (CIMEL) de la NASA nécessaire à la calibration de radiomètres sur satellite (tel SEAWIF) a été monté en 1999 sur le toit du bâtiment OGT. Un gravimètre spécialisé dans l'acquisition des marées terrestres a été acheté sur un financement CNES-UPF en septembre 2008 et est déployé dans la cave à bas bruit sismique du site de Tahiti-Pamatai (Commissariat à l'Energie Atomique, CEA). Il permet entre autres de mieux corriger des marées terrestres les valeurs acquises par les systèmes d'orbitographie.

La station laser MOBLAS 8 (MOBILE LASER Ranging System), fabriquée par « Allied Signal Corporation », et propriété de la NASA, est constituée de deux remorques, la première contient l'émetteur de rayon laser et le télescope ainsi que toute l'électronique de mesure, la deuxième contient des pièces de rechange, un atelier et un espace bureau. Il existe 5 exemplaires de cette station au monde. La remorque du télescope a été positionnée au mm près sur une dalle en béton pesant près de six tonnes et enracinée de 90 cm dans le sol.

Une telle station, qui fonctionne de nuit 5 jours sur 7 sur toute l'année, nécessite un personnel permanent car un très grand nombre de tâches ne sont pas automatisées. Depuis son installation en 1998, cinq équipes techniques se sont succédé. L'effectif technique actuel de la station est composé stricto sensu de quatre personnes :

- Jean-Pierre Barriot, professeur des universités, directeur administratif depuis septembre 2006 en suite de G. Barruol (juin 2004 - août 2006) ;

- Yannick Vota, technicien électronique recruté en CDD en septembre 2001 puis en ITARF (statut Polynésie) en janvier 2004 après avoir réussi un concours de technicien sur grand instrument ;
- Laurent Mercier, technicien électronique recruté en février 2007, ITARF (statut métropole) en remplacement de Bastien Jouanneau (recruté en mars 2003). Celui-ci est rentré en métropole en janvier 2011 du fait de son statut. Nous sommes en train de rechercher un remplaçant ;
- Youri Verschelle, technicien électronique recruté en juin 2007 sur CDD (financement CNES), en remplacement de Anthony Utahia (recruté en septembre 2005).



Points normaux acquis par la station MOBILAS-8 de 2006 à 2009

Le rendement moyen de la station laser est de 10 000 à 14 000 points normaux annuel hormis pour les années 1998 (année de mise ne place et d'essais) 2001 et 2007 à cause d'une combinaison de problèmes techniques et de personnel. Elle a été remise en état de fonctionnement (hormis le radar) par des techniciens Honeywell sous contrat NASA en avril-mai 2008, mais a de nouveau connu des problèmes d'acquisition d'avril à novembre 2009 suite à une panne du moteur du télescope. Le système de conditionnement d'air a été entièrement rénové en novembre 2009 grâce à un financement du CNES (64 000 euros). La station laser a ensuite connu des problèmes sur son compteur d'impulsions de avril à août 2010. L'acquisition des données a repris sans problèmes depuis lors. Soulignons que la qualité d'acquisition de la station est reconnue comme l'une des meilleures du réseau ILRS (International Laser Ranging Service).

Un protocole d'accord a été signé en 1997 pour 10 ans entre la NASA, le CNES et l'UPF. Il prévoit que la NASA fournit la station MOBILAS (en opération depuis 1998) et en assure la maintenance technique, que l'UPF fournit le site et assure le fonctionnement sous la responsabilité scientifique et technique du laboratoire de Géosciences du Pacifique Sud (GEPASUD) et que le CNES participe aux frais de personnel et de fonctionnement. Ce protocole a été renouvelé fin 2007, et les obligations réciproques des parties françaises (CNES-UPF) précisées dans une lettre du 17 octobre 2008. Une visite du comité conjoint de revue NASA-UPF-CNES a eu lieu du 20 au 22 octobre 2008. Ce comité a recommandé la poursuite des opérations en insistant sur l'importance de réduire les délais d'intervention en cas de panne.

Nous souhaitons intégrer les activités liées à l'observation dans le domaine de l'électricité atmosphérique. Nous disposons à ce jour des observations issues de différents réseaux : réseau international WWLL (depuis 2003), détecteurs CIGRE (depuis 1998), réseau LIFT conçu localement, sonde calibrée de champ électrique (depuis 2005). L'ensemble de ces données nous a permis de mener différentes actions basées sur l'analyse du signal foudre en corrélation avec d'autres paramètres

(corrélation entre l'activité électrique et la position de la Zone de Convergence du Pacifique Sud, corrélation entre l'activité orageuse et l'intensité des grands systèmes convectifs, étude entre l'activité orageuse et les variations moyennes mensuelles de la position du thalweg Supérieur du Pacifique Sud (TSUP), relation avec les oscillations climatiques du Pacifique basse fréquence apparaissent nettement dans ces corrélations).

2.2. Projet

Nous rappelons d'abord que le rôle primordial de l'OGT est d'assurer dans une région peu couverte du Pacifique Sud la collecte de données permettant de contraindre les modèles globaux d'évolution de la Terre, que ce soit en géophysique, météorologie ou climatologie. Il a donc une vocation pérenne d'observatoire au niveau international. L'équipe assurant le fonctionnement de l'OGT veille cependant à maintenir une composante en recherche, s'appuyant essentiellement sur l'analyse locale des données GPS, la modélisation globale étant assurée par des grands centres d'analyse. Les données des marégraphes/GPS sont transmises dans la base de données sous la responsabilité des programmes ROSAME, SONEL et PSML.

Grâce aux travaux d'une thèse en cours à l'OGT portant sur la tomographie de la vapeur d'eau troposphérique des observations GPS pour l'île de Tahiti, nous disposerons d'un logiciel de reconstruction tomographique qui pourrait nous permettre d'étudier la variabilité spatio-temporelle moyen et long terme de cette quantité (corrélations entre signaux GPS et situations météorologiques liées aux fortes pluies, tempêtes tropicales et régimes convectifs et influence du relief et de l'océan). Ces mesures GPS ponctuelles, combinées aux mesures globales de haute résolution de TRMM et de Megha-Tropiques, pourraient également servir à caractériser, depuis les cycles diurne et saisonnier jusqu'à la composante inter décennale voire décennale, l'évolution de la vapeur d'eau troposphérique dans la Zone de Convergence du Pacifique sud.

Concernant le volet gravimétrie, les données du gravimètre gPhone de l'OGT seront analysées par l'Observatoire Royal de Belgique, à la fois sur les aspects hydrologiques et de marées terrestres.

Pour la composante électricité atmosphérique, les travaux en collaboration avec le service de prévision de Météo France Polynésie ainsi qu'avec le Laboratoire d'Aérodynamique de Toulouse portent sur le retour d'information de l'activité électrique sur les prévisions d'orage par les modèles globaux et sur l'amélioration d'un module « électricité » du modèle de prévision météorologique numérique non hydrostatique Méso-NH. Le Laboratoire de Géophysique de Pamatai (CEA) dispose d'un réseau de capteurs infrasons pour la surveillance mondiale des essais nucléaires. En collaboration avec ce laboratoire et le CEA-DAM (Ile de France), nous avons mis en commun nos données (infrason et foudre) afin d'apporter une contribution à l'étude des événements lumineux se produisant dans la haute atmosphère (TLE, Transient Luminous Event).

L'OGT a également une participation active dans des projets de géodésie spatiale appliquée à la planétologie, dans le cadre des missions spatiales Rosetta (équipes de tomographie CONSERT et de radiosciences RSI) et Bepi-Colombo (équipe d'altimétrie BELA et de radio-sciences MORE).

Il héberge également le Centre International des Marées Terrestres (ICET), un des Services de l'Association Internationale de Géodésie (AIG). Il publie dans ce cadre le Bulletin des Marées Terrestres (BIM, URL : <http://www.bim-icet.org>) et assure la validation des données du Projet GGP (Global Geodynamic Project, URL de la base de données : <http://maregraph-renater.upf.pf>).

2.3. Points forts, points faibles, opportunités et risques

2.3.1. Points forts :

- L'Observatoire Géodésique de Tahiti (OGT) résulte d'une convention CNES-NASA-UPF finalisée en 1997. Les données acquises par l'Observatoire sont indispensables à une bonne modélisation de l'orbite des satellites altimétriques, des satellites-étalons hauts de géodésie spatiale, et des satellites GPS. L'Observatoire assure par ce biais une participation active à la modélisation de l'évolution climatique et a un rôle irremplaçable du fait de sa localisation au milieu du Pacifique Sud.
- La NASA et le CNES font leur maximum pour maintenir et faire fonctionner les instruments lourds : la station LASER MOBLAS-8 et la balise maîtresse DORIS. L'Observatoire maintient aussi un réseau de quatre stations marégraphiques (plus deux en constructions), administre un réseau de sept stations GPS (permanentes et semi permanentes) sur Tahiti, ainsi qu'un gravimètre marégraphique gPhone sur le site du Laboratoire de Géophysique (CEA) de Pamatai.
- L'Observatoire fait partie du réseau ILRS (International Laser Ranging Service) et héberge le Service International des Marées Terrestres (ICET), tous deux Services de l'Association Internationale de Géodésie. L'ICET devrait prochainement devenir un « World Data Center » du Conseil International des Unions Scientifiques (ICSU).
- Très fort support de la communauté nationale française en Géodésie, à travers le Groupe de Recherches en Géodésie Spatiale (GRGS).

2.3.2 Point Faibles :

Ils sont de quatre ordres :

- L'insularité, qui rend les échanges avec les partenaires étrangers et métropolitains difficiles : décalage horaire, coût du transport aérien,
- Le système douanier, distinct de la métropole. L'import et la réexportation de matériels prennent beaucoup de temps et d'argent,
- Les Services de la Police des Frontières ne facilitent pas la maintenance des équipements de l'Observatoire. Un ingénieur américain venu assurer la recalibration de la station laser a ainsi été expulsé en 2010, le service de l'immigration arguant qu'il s'agissait de travail illégal, alors qu'il s'agit d'un travail de recherche scientifique,
- Un seul technicien permanent, la rotation trop rapide des techniciens de statut métropolitain et donc la nécessité de former les nouveaux arrivants.

2.3.3. Opportunités :

- La très forte insularité alliée à une logistique suffisante, qui rend le site de Tahiti unique dans cette partie du Pacifique Sud,
- Forte implication des organismes fondateurs,
- Volonté de rénovation et d'extension de l'Observatoire à travers la demande Equipex-RESIF déposée au titre de la rénovation du réseau national de stations sismiques et géodésiques (remplacement de la station laser MOBLAS-8, mise en place d'une station de poursuite VLBI à la presque île de Tahiti).
- Création du Grand Observatoire du Pacifique Sud (GOPS), qui intègre naturellement l'OGT dans ses moyens d'observation.

2.3.4. Risques :

La sénescence de la station laser, qui date de 1984.

2.4. Moyens

2.4.1. Grands appareillages, moyens de calcul :

- Station de poursuite laser MOBLAS 8

- 3 Stations GPS permanentes (THTI & PAPE, et station propriétaire TRIMBLE)
- Station maîtresse DORIS
- 4 Stations GPS semi permanentes (Arue, Taravao, Papara, Mont Marau)
- 4 Stations marégraphiques/GPS (Rangiroa, Tubuai, Vairao, Nuku Hiva)
- 2 Stations marégraphiques / GPS en construction (Makemo, Mangareva)
- Serveurs Linux (un en Polynésie, l'autre à Paris)

2.4.2. Financements

- Enseignement supérieur : Plan Pluri Formation OGT (jusqu'en 2011) : 22,6 keuros / an accompagnés d'une aide spécifique UPF : 16,7 keuros / an pour aide au paiement de la facture d'électricité
- National Geospatial Intelligence Agency : 16,2 kUSD / an (maximum)
- CNES : 70 keuros / an en moyenne
- A noter une aide exceptionnelle du CNES de 64 keuros en 2009 pour le remplacement du système de climatisation de la station laser et la réfection des étanchéités.
- Contrats Etat-Polynésie française relatifs au programme d'extension de marégraphes :
2006-2009 (236 keuros)
2009-2011 (103 keuros)

3. Participants au projet

3.1. Moyens Humains (* : personnel technique, ** : personnel scientifique)

Nom, Prénom, âge	Titre ou Grade	Appartenance administrative	% temps consacré au projet
*,** : Jean-Pierre Barriot	PR1	UPF	25 %
** : Lydie Sichoix	MdC	UPF	20 %
** : Pascal Ortéga	PR2	UPF	%
* : Yannick Vota	Technicien	UPF	%
* : Laurent Mercier (en cours de remplacement)	Technicien	UPF	100 %
* : Youri Verschelle	CDD CNES	UPF	100 %

3.2. Collaborations extérieures

Nom, Prénom	Appartenance Administrative	Contribution envisagée au projet
David CARTER	NASA	5 %
Pierre EXERTIER	CNRS	5 %
Michel KASSER	ENSG	5 %
Richard BIANCALE	CNES	5 %

4. Références bibliographiques

A. Fadil, J-P. Barriot, L. Sichoix, P. Ortéga and P. Willis, Evidence for a slow subsidence of the Tahiti Island from GPS, DORIS, and combined satellite altimetry and tide gauge sea level records, Comptes-rendus Académie des Sciences (Géosciences), *accepted February 2011*.

- Gravity Modeling, Theory and Computation, in Encyclopedia of Geophysics, J.-P. Barriot and L. Sichoix, Springer, accepted for publication, Dec. 2010.
- M. Patzold, T.P. Andert, B. Hausler, S. Tellmann, J.D. Anderson, S.W. Asmar, J.-P. Barriot, and M.K. Bird, Pre-flyby estimates of the precision of the mass determination of asteroid (21) Lutetia from Rosetta radio tracking, accepted Astronomy & Astrophysics, June 29, 2010.
- Generalization of the Quadratic Charge-voltage relation of the impulse corona in air, P. Ortéga, IEEE Trans. on Dielectric and Electrical Insulation, Vol. 17, No1; Feb. 2010.
- Spatial and temporal variability of the refractivity over Tahiti from a coarse network of GPS stations, Serafini, J.; Fadil, A.; Sichoix, L.; Barriot, J., American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, poster A13C-0229.
- Evidence for a slow subsidence of the Tahiti Island from GPS, DORIS, GRACE, and combined satellite altimetry and tide gauge sea level records, Fadil, A.; Barriot, J.; Sichoix, L.; Ortega, P.; Willis, P.; Serafini, J. American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, poster G11A-0614.
- Analysis of the variability in the rainfall gauge observations using independent component analysis for the tropical Tahiti Island (French Polynesia), Sichoix, L.; Ramillien, G.; Frappart, F.; Barriot, J., American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, poster H21E-1100.
- The Mass and Density of (21) Lutetia from Radio Tracking During the Rosetta Flyby, Paetzold, Martin; Andert, T.; Häusler, B.; Tellmann, S.; Anderson, J. D.; Asmar, S. W.; Barriot, J.; Bird, M. K., American Astronomical Society, DPS meeting #42, #43.07; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 42, p.1044, Oct. 2010.
- An XML schema for GGP data archiving, J.-P. Barriot, Y. Verschelle, A. Gabillon, M. Hassanzadeh-Bahabadi, N. Tseng, Poster, Second Asia Workshop on Superconducting Gravimetry, Taipei, June 20-22, 2010.
- ICET activities at the Geodesy Observatory of Tahiti, J.-P. Barriot, L. Sichoix, Y. Verschelle, A. Gabillon, Oral Presentation, Second Asia Workshop on Superconducting Gravimetry, Taipei, June 20-22, 2010.
- Identification and removing of outliers and jumps in superconducting gravimeter time series, J.-P. Barriot, Oral Presentation, Second Asia Workshop on Superconducting Gravimetry, Taipei, June 20-22, 2010.
- Calibration of atmospheric wet delays for deep space radiotracking by using water vapour GPS tomography, J.-P. Barriot, J. Serafini and L. Sichoix, Poster B09-0028-10, 38th COSPAR Scientific Assembly, July 2010, Bremen.
- Imaging of the internal structure of comet 67/P Churyumov-Gerasimenko from radiotomography CONSERT data (Rosetta mission) through a full 3D regularized inversion of the Helmholtz equations on functional spaces. J.-P. Barriot, J. Serafini, L. Sichoix, M. Benna, W. Kofman, A. Herique, Oral Presentation B04-0009-10, 38th COSPAR Scientific Assembly, July 2010, Bremen.
- The mass of Lutetia from Rosetta RSI radio tracking, M. Patzold, T. Andert, B. Hausler, S. Tellmann, Silvia; J. Anderson, John D.; S. Asmar, Sami; J.-P. Barriot, M. Bird, Oral Presentation B04-0029-10, 38th COSPAR Scientific Assembly, July 2010, Bremen.
- J. Serafini, Détermination du contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère à partir de délais de propagation affectant les signaux GPS : application à l'île de Tahiti, Poster, Doctoriales de l'Université de la Polynésie française, ISBN 978-2-9534-5541-0, 13 au 16 avril 2010, Papeete.
- Fan tomography of the tropospheric water vapor derived from GPS slant wet delays: results for the Tahiti island, J. Serafini, J.-P. Barriot and L. Sichoix, Poster A31B-130, Western Pacific Geophysics Meeting, June 22-25, Taipei.
- Lightning-Integrated Water Vapor relationships in the South Pacific, Ortega, Pascal; Fadil, Abdeladil; Barriot, Jean-Pierre; Sychoix, Lydie, poster EGU General Assembly 2010, held 2-7 May, 2010 in Vienna, Austria, p. 5673.
- Variation of the Talweg Superior (TSUP) location with the ENSO, V. Laurent, P. Varney, P. Ortéga, poster EGU General Assembly, Vienna, May 2010.