

Résumés du colloque G2 2019

Mercredi 20 novembre 2019

La réflectométrie GNSS (GNSS-R) : une méthode opportuniste pour la mesure de paramètres géophysiques

Varais Nolan (1,2)

1 - Laboratoire Géomatique et foncier, Cnam, Le Mans (France)

2 - Géosciences Environnement Toulouse (France)

La réflectométrie GNSS est une méthode qui permet la mesure de différents paramètres géophysiques d'une surface de réflexion située sur la surface terrestre (principalement l'altimétrie des océans et des eaux continentales, puis dans une moindre mesure l'épaisseur de glace, la rugosité, l'humidité, et la biomasse). On la qualifie souvent d'opportuniste car le signal utilisé est celui émis par les satellites initialement dédiés au positionnement. Cette méthode a donc également l'avantage de profiter des améliorations technologiques des satellites et de l'augmentation du nombre de satellites opérationnels afin de perfectionner son utilisation et sa précision. Plusieurs méthodologies ont été développées pour pouvoir exploiter la partie réfléchi du signal et peuvent être appliquées en utilisant un récepteur conventionnel (antenne pour le positionnement) ou un récepteur dédié (antenne double) pour la détermination de la hauteur d'antenne. Dans le premier cas, les signaux directs et réfléchis sont reçus par la même antenne produisant des interférences (constructives ou destructives). La réflectométrie GNSS réalisée à l'aide d'une antenne unique s'articule autour de deux techniques : la méthode SNR et l'IPT (Interference Pattern Technique). Dans le second cas, on enregistre le trajet direct et le trajet réfléchi sur deux antennes distinctes. La première pointe vers le ciel, tandis que la seconde est dirigée vers la surface de réflexion. Dans ce cas, il existe également plusieurs techniques : par mesure du code C/A et par mesure de la phase avec un récepteur conventionnel (cGNSS-R) ou interférométrique (iGNSS-R). Dans les deux cas, on cherche à déterminer le trajet supplémentaire effectué par le signal réfléchi par rapport au signal direct. Ceci se fait en mesurant le retard entre les réceptions des signaux direct et réfléchi, soit en observant l'écart sur le code (mesure de code), soit en observant le déphasage (mesure de phase). On peut alors déterminer la hauteur du récepteur par rapport à la surface de réflexion. Compte tenu de la précision d'une mesure sur le code, la précision du résultat obtenu est métrique. Comme pour le positionnement, la mesure de phase, est plus performante et offre une bien meilleure précision qu'avec la mesure de code. Cependant, la mesure est ambiguë, c'est-à-dire qu'il y a un nombre de cycles de phase indéterminé lié au surplus de trajet effectué par le signal réfléchi par rapport au signal direct. Enfin, la comparaison entre le signal direct et le signal réfléchi peut se faire principalement de deux manières différentes : en utilisant un récepteur conventionnel (cGNSS-R) ou un récepteur interférométrique (iGNSS-R). La différence réside dans la corrélation du signal réfléchi. Dans le premier cas, de la même manière que pour le signal direct, le signal réfléchi est corrélé avec une réplique locale du code C/A. Dans le second cas, le signal réfléchi n'est plus corrélé à une réplique locale, mais directement au trajet direct. Cette présentation propose de dresser un état de l'art des différentes techniques de réflectométrie GNSS, en insistant notamment sur les avantages et inconvénients de chacune en vue de leur utilisation dans le domaine des géosciences.

Caractéristiques spatiales du bruit temporellement corrélé dans les séries temporelles de position de 10 000 stations GPS

Gobron Kevin (1), De Viron Olivier (1), Van Camp Michel (2), Demoulin Alain (2)

- 1 - Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 7266 (France)
2 - Observatoire Royal de Belgique

L'obtention d'estimations fiables sur des processus géophysiques à partir de produits GPS nécessite de prendre en compte le bruit temporellement corrélé dans les séries temporelles de positions. Depuis environ deux décennies, la dépendance temporelle du bruit a été activement étudiée. Le modèle de bruit le plus courant consiste à combiner des processus de loi de puissance avec divers indices spectraux, notamment le bruit blanc. Cependant, l'origine des corrélations temporelles de loi de puissance dans les séries temporelles de position reste encore incertaine.

L'analyse de la dépendance spatiale du bruit constitue un moyen d'étudier les causes des processus en loi puissance, mais nécessite un réseau GPS dense. Nous analysons ici les produits de données de 10 000 stations GPS traitées par le Nevada Geodetic Laboratory (NGL). Nous avons d'abord détecté de manière itérative les valeurs aberrantes, les discontinuités de moyenne et les discontinuités de vitesse dans les séries de position à l'aide d'une version modifiée de la méthode de Détection, Identification et d'Adaptation (DIA) multivariée. Nous avons ensuite utilisé la méthode d'estimation des composantes de la variance par moindres carrés (LS-VCE) pour estimer l'amplitude du bruit blanc et du bruit corrélé de chaque composante de chaque station, soit un total de 30 000 séries temporelles. Notre analyse met en évidence une variabilité spatiale multi-échelle du bruit pour les composantes Nord, Est et Verticale. En particulier, des variations spatiales courtes (quelques centaines de kilomètres) des amplitudes des processus en loi puissance aux États-Unis et en Europe pourraient indiquer la présence de signaux géophysiques régionaux non modélisés, ou une influence des réseaux régionaux sur les observations.

Apport de Galileo au PPP avec résolution des ambiguïtés entières

Katsigianni Georgia (1), Perosanz Felix (2), Loyer Sylvain (3), Mercier Flavien (2)

- 1 - Géosciences Environnement Toulouse (France)
2 - Centre National d'Études Spatiales [Toulouse] (France)
3 - Collecte Localisation Satellites (France)

Dans cette étude, nous examinons les PPP et PPP-AR cinématiques post-traités à l'aide de constellations Galileo uniquement, GPS uniquement et Multi-GNSS (GPS + Galileo). L'intérêt est d'examiner la précision de chaque système GNSS individuellement, mais aussi de leur combinaison pour évaluer les avantages actuels de l'utilisation de Galileo au sein d'un PPP multi-GNSS et d'un PPP-AR. Les résultats montrent que le positionnement uniquement Galileo est proche du niveau du GPS. De plus, l'utilisation du système Galileo - même incomplet - améliore les performances du positionnement lorsqu'il est combiné au GPS, offrant une répétabilité au niveau mm (amélioration d'environ 30% des composants Est, Nord et Vertical). Les répétabilités observées pour Multi-GNSS (GPS + GAL) PPP-AR, en tenant compte des statistiques d'un réseau global de stations, sont un peu autour de 8 mm en horizontal et 17 mm en direction verticale. Ce résultat montre que la prise en compte des données Galileo améliore la meilleure précision de positionnement obtenue jusqu'à aujourd'hui avec le GPS PPP-AR.

Etude des déformations saisonnières de surface en Europe issues du traitement GNSS d'un réseau global avec le logiciel GINS/PC

Michel Alexandre

Institut de Physique du Globe de Strasbourg (France)

Après avoir traité un réseau global d'environ un millier de stations GNSS depuis 20 ans réparties en Europe, en utilisant un traitement PPP sur le logiciel GINS/PC, on caractérise la variabilité spatio-temporelle des signaux obtenus et en particulier les signaux saisonniers (annuels principalement) en utilisant une analyses en composantes indépendantes. On étudiera également les différences de variabilités spatiales par l'intermédiaire de variogrammes croisés entre les trois composantes des stations du réseau dans le but d'obtenir des paramètres de lissage optimaux utilisés pour l'inversion des déplacements GNSS. D'autre part, on étudiera un effet statistique général du type de monumentation des stations sur la sur- ou sous-détermination de l'amplitude des signaux saisonniers annuels. Enfin, on prendra en compte les variations spatiales de rhéologies de la croûte donnée par le modèle CRUST 1.0 sur le déplacement engendré par une surcharge dans le cadre de la théorie des fonctions de Green et des nombres de Love. L'ensemble de ces études ont pour but d'améliorer le processus d'inversion (déterminer des paramètres de lissage optimaux et raffiner la dépendance spatiale des modèles) des déplacements GNSS dans l'optique de retrouver les surcharges de surface.

MSSA Analysis Of Seasonal Loading-Induced Deformation From GNSS Times Series

1 - Laboratoire Géomatique et foncier (France)

2 - Newcastle University (Royaume-Uni)

3 - Institut de Physique du Globe de Strasbourg (France)

Loading effects such as atmospheric, non-tidal oceanic and hydrological ones induce Earth crustal deformations with amplitudes up to several millimeters. They arise from local to continental scale at different periods ranging from hours to secular trend. They appear mainly seasonal and secular, but also include higher frequency signals induced by extreme climate events such as storms or floods.

These signals have been especially evidenced by analysing deformation estimated from accurate GNSS position time series. The comparison with loading models allows us to identify the different sources and to infer the Earth's rheological parameters. Searching efficiently for correlation between the three components north, east, and up of position vector coordinates provided by GNSS and those computed from loading models can be carried out through elaborate multivariate statistical processing techniques such as Multiple Singular Spectrum Analysis (MSSA). Once the correlations have been identified, the degree of correlation and resemblance between observed and modelled signals have still to be estimated. For this, one suitable data analysis tool commonly used by climatologists is known as Taylor's diagram.

From the analysis of GNSS data from stations located in South America, we demonstrate the efficiency of the joint use of MSSA and Taylor's diagrams to compare GNSS and modelled position time series for a better understanding of the loading processes. We also use these results to perform new hydrological loading modelling assessment in the Amazonian basin area where the contribution from surface water (lakes, rivers) is extremely important.

MISTRAL: Monitoring soil moiSture and waTeR-flooded Areas for agricuLture and Environment

Ziadi Anis

M3 Systems

Around 70 percent of worldwide freshwater is used by agriculture. To be able to feed an additional 2 billion people by 2030, water demand is expected to increase tremendously in the next decades. Farmers are challenged to produce "more crop per drop". In order to optimize water resource management, it is crucial to improve soil moisture situation awareness. Basically, this implies the improvement of both the temporal and the spatial resolution of soil moisture measurements.

GNSS-Reflectometry approach consists in comparing the direct signals (i.e. the signals directly travelling from the satellite to the receiver) with those reflected by the ground. It is particularly appropriate for soil moisture monitoring. Indeed, at GNSS signals frequency (near 1.5 GHz), the characteristics of the reflection mainly depend on the Fresnel reflection coefficient, which is itself related to soil moisture content. Therefore, the computation of the ratio between the ground-reflected GNSS signals and the direct one provides measurements of the soil's reflectivity, which can then be translated to humidity content.

GNSS-Reflectometry approach has several advantages compared to the other usual soil moisture measurement techniques such as visible/Near Infra-Red imagery (e.g. GNSS-R is operational under cloud cover and during the night, it is less sensitive to variation on the thermal background).

Two main GNSS-R approaches can be considered: (i) the waveform one, which consists in comparing the amplitude of the direct and reflected GNSS complex waveforms (i.e. basically the correlator's output), and (ii) the SNR (Signal-to-Noise Ratio) method, based on the comparison of the SNR of the direct and reflected signal.

The objective of MISTRAL (Monitoring soil moiSture and waTeR-flooded Areas for agricuLture and Environment), a H2020 project, is to deliver a RPAS-based soil moisture mapping service. To do so, the project relies on an innovative use of the GNSS signals, named reflectometry (GNSS-R). A dedicated waveform receiver, with a form factor that makes the final product easy to install on a RPAS, has been developed. This GNSS-R receiver uses both GPS and GALILEO signals, which improves the system performances thanks to a higher number of available satellites and thanks to the GALILEO signals characteristics.

This dual constellation sensor has been embedded on a fixed-wing RPAS which is able to fly continuously for 10 hours and has a range of 1000 km. The large flight envelope of the RPAS (low speed and low altitude) enables high spatial resolution of the soil moisture maps.

Several flights campaigns have been realized. The first ones took place in the South of France (Camargue & Pech Rouge) and aimed at validating the technical feasibility of MISTRALE concept. To this end, the two project antennas and front-end have been embedded in an ultra-light aircraft (its form factor not allowing integration on an RPAS) in order to grab the direct and reflected signals. The two antennas were screwed into the plane: one on the top, which receives the direct GNSS signal, and one on the bottom, which receives the reflected GNSS signal. The top antenna is Right Hand Circular Polarized (RHCP) whereas that of the bottom is Left Hand Circular Polarized (LHCP) (signal polarization changes when reflected).

Both direct and reflected signal have been recorded and then the MISTRALE processing chain has been performed to provide results. The results enable to distinguish high and low reflectivity areas which have been compared with aerial photography as well as satellite imagery, validating the feasibility.

This poster illustrate MISTRALE Project achievements and some tests flights results.

Jeudi 21 novembre matin

Is the Nubia plate rigid or divided into sub-plates?

Raphaël Mukandila Ngulula, Masson Frederic, Meghraoui Mustapha

Institut de physique du globe de Strasbourg (France)

Numerous geodetic studies have been carried out in recent years to characterize the kinematics of the African plate. Previous geodynamic and tectonic studies first led to the separation of Africa plate into 2 plates, namely the Nubia plate to the west of the East African rift and the Somalia plate to the east. Subsequent densification of GNSS data around the rift and related eastern tectonic blocks made it possible to subdivide the Somalia plate into several sub-plates (Somalia, Victoria, Rovuma and Lwandle). Indeed, the recent geological, geophysical and seismotectonic studies of Africa (Meghraoui et al., 2016) show the continuous deformation lines (CDL) connecting between the fractures zones (e.g., St Helena, Tristan da Cunha and Gough) and maritime wrinkles (Walvis), volcanic lines (Cameroon, Hoggar), aseismic active faults (e.g., Tenere, Anguid-Gassi-Touil-Algeria, Bangor, Doseo-Salamat) or seismic today (e.g., Lwanga-Kariba-Okavango). Can this continuous deformation lines, characteristic of a Proterozoic and Phanerozoic belts structures, be related to the limits of the sub-plates within the Nubia plate? Using GNSS data synthesis and geodynamic analysis, we are asked about the possibility of defining 2 or 4 sub-blocks: namely, North-West Nubian block, North-East Nubian block, Central-Equatorial Nubia block and the Southern Nubia block. Although the GNSS velocities at 300 sites surround 0.5 mm.yr⁻¹, the F-ratio subdivide this plate into 2 blocks with 99% confidence interval. Also, we observe a divergence between the predominant orientations of the velocities on 4 tectonic blocks between the LDCs and a quasi-correlation between the deformation regimes predicted by the relative GNSS velocities with the previous geological, geophysical and seismotectonic results. Active deformation (GNSS) favors the subdivision and dislocation of supposedly rigid Nubia."

Variations de masse des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique à partir des coefficients Stokes de bas-degrés

Boy Jean-Paul (1), Lemoine F. G. (2), Chinn D. S. (3), Zelenski N. P. (4), Pavlis D. E. (4)

1 - Institut de Physique du Globe de Strasbourg (France)

2 - Nasa Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland 20770, USA

3 - SGT Inc., Greenbelt, Maryland 20770, USA (États-Unis)

4 - ESSIC, University of Maryland, College Park, MD, 20740, USA

Grâce aux missions de gravimétrie spatiale GRACE et GRACE FO, les variations de masse des principales calottes glaciaires sont déterminées avec précision depuis 2002 et des résolutions typiquement de l'ordre du mois et de quelques centaines de kilomètres. Les coefficients de bas-degrés du champ de pesanteur peuvent aussi être déterminés grâce aux satellites suivis par les techniques SLR (Satellite Laser Ranging) et DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellites) depuis 1992. Nous avons ré-analysé toutes les données SLR et DORIS,

avec une modélisation précise des forces non-conservatrices, une correction optimisée de la réfraction atmosphérique pour DORIS, le modèle linéaire du pôle moyen (IERS 2014), et les produits de dealiasing (contributions atmosphérique et océanique) fourni par le GFZ, cohérent avec le traitement des missions GRACE et GRACE FO. En utilisant une approche localisée de type mascon, nous déterminons les variations de masse du Groenland et de l'Antarctique de 1992 à 2019, avec une résolution temporelle de 14 jours. Nos résultats sont comparés avec les solutions obtenues avec les missions GRACE et GRACE FO sur la période 2002-2019, mais également avec des estimations à long terme obtenues par altimétrie radar. Celles-ci montrent que les estimations obtenues avec SLR et DORIS peuvent être utilisées pour déterminer les variations de masse des calottes glaciaires aux longues périodes sur presque 3 décennies.

Analyse des mouvements transitoires dans les séries temporelles du RENAG : signal environnemental ou artefact méthodologique ?

Tesseydre Cyril, Walpersdorf Andrea, Hector Basile

Institut des Sciences de la Terre (ISTerre), Grenoble (France)

A la recherche de l'origine de mouvements transitoires notés dans certaines séries temporelles de positionnement des stations GNSS permanentes du réseau RENAG, quatre solutions géodésiques indépendantes ont été comparées. Cette comparaison montre que les stations du RENAG présentent des signaux annuels et des signaux transitoires long terme significatifs. Les deux sont des phénomènes locaux, probablement d'origine hydrologique. Toutefois, les modèles hydrologiques ne permettent souvent pas de les expliquer, car ces modèles sont régionaux. Néanmoins, pour certaines stations le signal annuel est bien reconstitué, surtout sur la composante verticale. Généralement, les variations horizontales restent sous-estimées. L'observation de corrélations et anti-corrélations pointe vers la présence des deux mécanismes : la réponse élastique à la surcharge hydrologique et la poroélasticité. Pour l'interprétation des accélérations long terme, les modèles ne sont pas adaptés car ils ne comprennent pas de tendances long terme. On peut toutefois corréler les accélérations avec des séries longues d'observation de paramètres environnementaux (piézomètres, pluviomètres, températures). Les différents phénomènes identifiés pour expliciter le mouvement annuel de certaines stations peuvent aussi intervenir sur les accélérations long terme s'ils sont reliés avec la direction du mouvement de l'accélération. Pour les mouvements long terme, ce sont des tendances similaires entre les données piézométriques ou de précipitation et les déplacements verticaux qui suggèrent que ces phénomènes sont à l'origine des accélérations. Les comparaisons sont néanmoins limitées par le fait que les mesures environnementales sont rarement localisées proches des sites.

Impact of the meteorological models on the atmospheric remote sensing by GPS satellites signals

Beldjilali Bilal

Department of space geodesy, Center of Space Techniques (Algérie)

The Global Navigation Satellite System (GNSS) was developed to be a very important tool used by researchers to solve any problem related to precise position. This system which uses the L-band in the transmission of signals between the satellite and the receiver is now used in many other applications. The fact that the signal propagate through different layer of our atmosphere, it will be affected by many phenomena related generally to the meteorological parameters. Signal perturbation study at the receiver level gives us the opportunity to fully understand these phenomena and thus help us to study the components of our atmosphere. In addition to this, the advances in GNSS signals processing make it easy, now day, to use the GNSS data for climatic analysis. The increase evolution of the GNSS systems and the International GNSS Service (IGS) gives a great opportunities for researchers to estimate in real time the variation of the tropospheric zenith total delay (ZTD), based on this parameter the integrated water vapor (IWV) value can be calculated. In this context the GNSS systems can be considerate as an ideal technique for climate remote sensing; dense GPS networks could be used to sense the water vapor to study the global climate change. The Zenith Total Delay is the sum of two factors introduced by two different components of the atmosphere. The zenith hydrostatic or zenith dry delay (ZHD); proportional to the meteorology parameters at the receiver level. The second term is the zenith wet delay (ZWD) proportional to the integrated water vapor above the GPS site. The ZTD and ZHD are computed using the Saastamoinen model which is based on the meteorological parameters. The aim of this work is to study the effect of using different models, in the meteor parameters calculation, on the exactitude of the atmospheric water vapor calculation. The result presented in this paper give a detailed description of the meteor model for each region that improves the water vapor remote sensing using GPS signals. To validate the accuracy of the results obtained by our algorithm, these results are compared by the values delivered from Radiosond measurement and MODIS satellite Image.

Jeudi 21 novembre après-midi

Quantitative assessment of land subsidence using InSAR data and GNSS calibration: the need for a standardized methodology and the prospects in Italy

Comerci Valerio and Vittori Eutizio

ISPRA – Geological Survey of Italy, Via Vitaliano Brancati 48, 00144, Roma (Italie)

In the last years, the advanced synthetic aperture radar (SAR) interferometry (InSAR) has proven its effectiveness in the assessment of ground motion with millimetric accuracy. Its integrated use with Global Navigation Satellite System (GNSS) is consolidated in underground fluids extraction areas for detecting and monitoring land subsidence. Nevertheless, the lack of a specific standardized methodology does not allow for evaluating different results obtained from different types of analysis. Starting from the description of two independent estimations of land subsidence in the Agosta (Comacchio, Italy) area, where an environmental impact assessment (EIA) procedure was carried out following a request for gas exploitation, we point out the need for a standardized methodology, focused on the in-situ calibration of InSAR data. The opportunity offered by the Agosta EIA procedure to compare two separate analyses on the same territory, showed the uncertainties that can occur in ground motion estimates. The two assessments resulted hardly comparable because: different InSAR data stacks, with different acquisition geometries, were analyzed; different interferometric techniques were applied to different time intervals (PSInSAR and SqueeSAR); different reference benchmarks for the InSAR data were used; different CGPS networks were used for calibration, and also different measuring techniques (geometric levelling and GPS) for some periods. The availability of a procedure that defines the minimum requirements to be met would benefit both the proposing companies in presenting the specific studies that accompany the requests for exploitation and the evaluating authorities in reducing the subjectivity of judgment on the presented documentation. The in-situ calibration of InSAR data requires an adequately dense and homogeneous reference GNSS network. The initiatives in progress, at European and national level, aiming at providing Copernicus Ground Motion services could offer the opportunity to structure a reliable and dedicated GNSS network, starting from the already existing large amount of stations (in particular in Italy) run by different institutions, which would need to be combined and harmonized.

Cloud Processing on ESA Geohazard Exploitation Platform and Requirement for Product Standardization

Foumelis Michael (1), Bally Philippe (2), Papadopoulou Theodora (3), Raucoules Daniel (1), De Michele Marcello (1), Pacini Fabrizio (4)

1 - BRGM - French Geological Survey (France)

2 - ESA, Frascati (Italie)

3 - ARGANS Ltd c/o ESA, Sophia-Antipolis (France)

4 - Terradue s.r.l., Rome, Italie

ESA's Geohazards Exploitation Platform (GEP) is a cloud-based environment providing a set of processing tools and services that allow mapping hazard prone land surfaces and monitoring terrain deformation. The platform is continuously expanding through its early adopter programme to include a broad range of on-demand and systematic products and services, currently available or under development on cloud processing resources to support EO practitioners and other users to better understand geohazards and their impact. The standardization of products from platform services is becoming a critical issue especially when platforms interoperability and end-users e-collaboration and exchange are concerned. Several initiatives have independently started focusing on this topic, while a broader coordination is mandatory to ensure successfulness and general acceptance. The present work is introducing several of these services and other innovative concepts such as GEP's e-collaboration environment as well as several aspects of the standardization concept.

3-D urban reconstruction using SAR tomography and spectral analysis techniques

Huang Yue (1), Ferro-Famil Laurent (1), Rambour Clément (2), Tupin Florence (3), Loïc Denis (4)

1 - IETR, Université de Rennes 1 (France)

2 - DPHY, ONERA, Université Paris Saclay [Palaiseau] (France)

3 - LTCI, Télécom Paris Tech (France)

4 - Université de Saint-Etienne (France)

Urban environments may be considered as a 3-D electromagnetic scattering environment, whose response consists of a wide variety of co-existing and complex scattering mechanisms, such as double-bounce scattering due to wall-ground reflections, surface scattering from roofs and from the ground, volumetric scattering over vegetated areas. Due to their intrinsic 2-D nature, SAR images cannot separate and characterize scattering contributions located at different elevations within a given range-azimuth resolution cell. Being a 3-D imaging technique, SAR Interferometry (InSAR) is applied to estimate the mean elevation, based on the assumption of single scatterer for each resolution cell. Using Multi-Baseline InSAR (MB-InSAR) data, SAR tomography is a natural solution to the layover problem, and uses an additional aperture in elevation, in order to separate multiple scatterers within a 2-D resolution cell, from their specific phase patterns induced by spatial diversity. This 3-D imaging technique has been successfully applied to the characterization of man-made environments, using different data sets acquired by air- or space-borne sensors, operated over various frequency bands. Tomographic focusing is considered as spectral analysis problem. Diverse spectral analysis techniques can be applied to tomographic processing, but their performance is conditioned by the nature of the scattering response of the observed medium. A tomographic technique characterized by statistical adaptivity to complex scattering environments, is proposed for the purpose of 3-D reconstruction over dense urban areas. Using airborne SAR tomography, due to practical factors, such as limited revisiting capabilities or acquisition costs, TomoSAR configurations usually consist of a moderate number of MB-InSAR images measured with unevenly distributed baselines. The proposed tomographic estimator is adapted to a minimal configuration, i.e. only 3 acquisitions, and irregular baselines. The 3-D urban reconstruction is performed using dual-baseline polarimetric InSAR images acquired by DLR's ESAR sensor at L-band over urban areas of Dresden. The results are validated against the ground truth derived from LiDAR data. Using spaceborne SAR tomography, the 3-D reconstruction over a test area of Paris is obtained using a TerraSAR-X spotlight data stack and is validated against the ground.

Installation et rattachement d'un coin réflecteur à l'Observatoire de Calern

Collilieux Xavier (1) (2), Courde Clément (3), Fruneau Bénédicte (4), Aimar Mourad (5), Schmidt Guillaume (2) (6), Delprat Isabelle (2) (6), Pesce Damien (7), Bergerault Fabien (7), Cumerlato Pierre (7), Woppelmann Guy (8), Donal Thomas (7)

- 1 - Laboratoire de REcherche en Géodésie [Paris] (France)*
- 2 - Ecole Nationale des Sciences Géographiques - Marne-la-Vallée (France)*
- 3 - Géoazur (France)*
- 4 - MATIS - IGN (France)*
- 5 - Observatoire de la Côte d'Azur (France)*
- 6 - Ecole Militaire - Paris (France)*
- 7 - Institut National de l'Information Géographique et Forestière [IGN] (France)*
- 8 - Littoral ENVironnement et Sociétés [La Rochelle] (France)*

L'observatoire de Calern accueille une station de télémétrie laser sur satellite et sur la Lune, une station DORIS et deux stations permanentes GNSS. La vitesse de déplacement du site en ITRF2014/ETRF2000 est donc connue. Afin de pouvoir géoréférencer les vitesses moyennes de déplacements obtenues par méthode PSInSAR dans la région, un coin réflecteur a été installé à l'observatoire à proximité des instruments existants. Les caractéristiques de ce coin réflecteur seront présentées, ainsi que la méthode employée pour le déployer et valider son installation.

Validation of PSI displacements at a bidirectional corner reflector

Roque Dora (1), Morais J. (1), Falcao A. P. (2), Lima J. N. (1), Perissin D. (3), Morais P. (1), Catalao J. (4), Lemos J. V. (1), Fonseca A. M. (1)

- 1 - Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa (Portugal)*
- 2 - CERIS, Instituto Superior Tecnico, Universidade de Lisboa (Portugal)*
- 3 - RASER Limited, Hong Kong (China)*
- 4 - IDL, Faculdade de Ciencias, Universidade de Lisboa (Portugal)*

The team developed a bidirectional corner reflector (CR) with the goal of achieving displacements from Sentinel-1 ascending and descending passes for the same point. From those observations, vertical and horizontal displacements are being determined and their uncertainty is being assessed through comparison to levelling and GNSS measurements. The bidirectional CR is composed by two rectangular trihedrals with the vertical axis in common. A GNSS antenna is permanently installed on that axis and the base where the reflector is installed enables it to move along pre-defined directions. The reflector vertical displacements are also being monitored through levelling every two weeks. This CR is part of an infrastructure installed in LNEC, which also includes two individual triangular trihedral CRs. One of those is also installed on a movable base, in order to allow the comparison between CRs of different shapes. Two evaluations of the measurements' uncertainty will be presented: one with all the CRs being static and another one with the CRs moving along the line-of-sight of the descending pass. Uncertainty assessment for displacements along other directions will be performed in the future.

Vendredi 22 novembre 2019

Modèle direct de la marée de Phobos et applications pour la mission InSight

Pou Laurent (1), Nimmo Francis (1), Mimoun David (2), Garcia Raphaël F. (2), Lognonné Philippe (3), Rivoldini Attilio (4), Banerdt William Bruce (5), Banfield Don (6)

- 1 - University of California, Santa Cruz (États-Unis)
- 2 - ISAE-SUPAERO, DEOS/SSPA (France)
- 3 - Institut de Physique du Globe de Paris (France)
- 4 - Observatoire Royal de Belgique (Belgique)
- 5 - Jet Propulsion Laboratory (États-Unis)
- 6 - Cornell University (États-Unis)

La mission InSight a posé le 26 novembre 2018 un sismomètre, SEIS, à la surface de Mars. En utilisant ce sismomètre comme gravimètre, SEIS est capable d'acquérir des données longue période pour étudier les signaux de marée. La réponse aux marées de Mars due au Soleil et aux lunes martiennes, Phobos et Deimos, permet de contraindre l'intérieur de la structure de Mars, et notamment l'état et la taille de son noyau. En particulier, la proximité de Phobos fait que des termes de marée de degrés 2, 3 et 4 sont visibles et informent sur les propriétés élastiques de Mars à différentes profondeurs. Les marées induites par Phobos occupent également une plage de fréquence différente de celles du Soleil, permettant de les séparer des bruits dus à l'alternation jour et nuit. Dans un premier temps, un modèle direct des accélérations que devrait voir SEIS dues aux marées de Phobos est établi en utilisant les éphémérides de Phobos disponibles sur le site JPL Horizons. L'amplitude de ces marées est calculée à partir d'un modèle viscoélastique de Mars, prenant en compte la température du noyau, l'épaisseur lithosphérique moyenne et l'état, la taille et la thermique du noyau martien. Ce modèle a deux usages : complété par un modèle de bruit basse fréquence principalement dû à l'environnement martien, il permet d'évaluer la qualité de nos méthodes de traitement du signal et d'évaluer la précision à laquelle les marées de Phobos pourront être récupérées. De plus, ce modèle peut être utilisé comme masque à comparer aux véritables données d'InSight pour en extraire les signaux de marée. Cette étude montre que pour contraindre l'état et la taille du noyau, une précision de 1% est nécessaire sur l'amplitude des marées de Phobos liée au facteur gravimétrique delta, ou de 10% sur l'angle de déphasage du bourrelet de marée lié au facteur de qualité Q. Un état d'avancement des travaux sur les données actuelles sera également présenté.

Contraindre la structure interne de Mars avec l'instrument LaRa

Péters Marie-Julie

Observatoire Royal de Belgique (Belgique)

LaRa (Lander Radioscience) est une expérience de radioscience de la mission conjointe ESA/Roscosmos ExoMars 2020 qui sera intégrée à la plateforme russe Kazachok (Dehant et al. 2019). Elle est conçue pour obtenir des mesures Doppler à partir du lien radio à deux voies entre Mars et la Terre. Les décalages Doppler sont mesurés en comparant la fréquence du signal radio reçue par LaRa avec la fréquence de référence du signal émis par les stations terrestres du réseau DSN (Deep Space Network). Ces mesures sont utilisées pour déterminer avec précision l'orientation et la rotation de Mars dans l'espace (précession, nutations et variations de la durée du jour).

L'objectif final est d'obtenir de nouvelles informations et contraintes sur l'intérieur de Mars et sur le cycle de sublimation et de condensation du CO₂ atmosphérique. Les données de l'expérience LaRa seront combinées avec des données similaires de missions martiennes précédentes et avec les données de la mission InSight afin d'atteindre une précision sans précédent améliorant ainsi notre compréhension sur la formation et l'évolution de la planète rouge.

BIRDY - Interplanetary Cubesat for planetary geodesy of SSSBs

Hestroffer Daniel

Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides - Observatoire de Paris (France)

BIRDY is a concept of an interplanetary CubeSat to visit Small Solar System Bodies, and probe their interior. The aim is to derive the size and shape through imaging, and the mass and bulk density of the small body (asteroid, comet,

satellite) through radio science experiment, making use of a mothercraft-daughtercraft inter-satellite link. Radio-science is now of common use in planetary science (flybys or orbiters) to derive the mass of the scientific target and higher order terms of its gravity field. Such CubeSat shows the advantage of having independent, low-velocity, and close- distance fly-bys dedicated to the radio-science experiment. Before the final mission, technological developments performed in the BIRDY-T programme focus on possible radio-science error-budget, AOCS with auto-navigation, and trajectory corrections. We will present the general concept and applications, and the developments of BIRDY.