

## Rapport d'activités en géodésie

### Activités 2024

<b>Services géodésiques</b>	<b>2</b>
DORIS	2
GNSS	2
GENESIS	2
ITRF2020	3
<b>Recherche</b>	<b>3</b>
Partial melt in mesoscale upper mantle upwellings beneath ocean basins	3
Évaluation des solutions GNSS troposphériques pour les stations du réseau CentipedeRTK	5
Gravimétrie spatiale : comparaison of gap-filling techniques	6
Mobile underwater and airborne gravimetry	6
Gravimétrie quantique	7
Nivellement chronométrique	7
Monitoring loading effects and application to the study of climate change	7
Réflectométrie GNSS	8
Volcano-tectonique	8
<b>Institutions</b>	<b>9</b>
Bureau des Longitudes	9
CNES	9
<b>Activités au sein de l'Association Internationale de Géodésie (IAG)</b>	<b>10</b>
JWG3.2 on a global combined GNSS velocity field	10
SC3.1 - 20 <sup>ème</sup> Geodynamics and Earth Tides Symposium (G-ETS), Strasbourg 25-30 août 2024	11
SC3.1 - G-ETS early-career scientist prize	11
SC3.1 - Médaille MELCHIOR	12
Comité inter-commissions de géodésie marine (ICCM)	12
<b>Congrès et colloques nationaux</b>	<b>13</b>
Journées de gravimétrie spatiale ; Toulouse, 21-23 mai 2024	13
Colloque des 30 ans d'altimétrie par satellite ; Montpellier, 2-7 septembre 2024	13
<b>Diffusion scientifique, grand public</b>	<b>13</b>
<b>Thèses en géodésie</b>	<b>14</b>
Thèses soutenues (oct. 2023 - sept. 2024)	14
Quelques thèses en géodésie en cours	14

## Services géodésiques

### DORIS

*Contact : Samuel Nahmani (IGN, IPGP)*

- Centre d'analyse IDS IGN-IPGP déclaré opérationnel en avril 2024.
- Soumission trimestrielle de solutions à l'IDS depuis avril 2024.
- Participation à la solution IDS pour l'ITRF2020-u2024.
- Amélioration des traitements suite à une collaboration internationale avec le Jet Propulsion Laboratory de la NASA en octobre 2024.

#### Publication :

IDS Activity report 2023. International DORIS Service and CNES, 2024. Boniface C., Capdeville H., Dettmering D., Kuzin S., Lemoine F., Moreaux G., Nahmani S., Pollet A., Saunier J., Schreiner P., Soudarin L., Štěpánek P., Yates T., Zeithöfler J. ; Editors: L. Soudarin and C. Boniface ; <http://doi.org/10.24400/312072/i02-2024.002>

#### Présentations :

Nahmani S, Pollet A, Bertiger W, Rebischung P, Lion G, Evaluation Weighting Strategies In DORIS Measurement Processing For Geodetic Applications, IDS Workshop, Montpellier, France, 4-5 September 2024  
Pollet A. & S. Nahmani, IGN-IPGP AC Status in 2024, DORIS Analysis Working Group Virtual Meeting, 6 June 2024.

Présentation au CNES : Nahmani S. & A. Pollet, Centre d'analyse IGN-IPGP, Revue d'Exploitation réseau sol DORIS et IDS, CNES, 31 mai 2024, Toulouse.

### GNSS

*Contact : Samuel Nahmani (IGN, IPGP)*

- Intégration de l'IPGP au consortium **SPOTGINS**
- Evaluation interne de la qualité du référencement de solutions iPPP<sup>1</sup> dans une optique de densification d'un repère de référence. Si le calcul iPPP est réalisé avec soin (notamment en ce qui concerne les métadonnées des stations), une exactitude et précision sub-millimétrique est possible.

#### Présentations :

Panetier A., Bock O., Nahmani S., Pollet A., Sakic P., Le Bivic G., Barnéoud J., Optimal Processing of GNSS Data for Appropriate Zenith Total Delay for Climate Trend Analysis, IGS Symposium & Workshop, Bern, July 2024  
Samuel Nahmani, Olivier Bock, Arnaud Pollet, Paul Rebischung and Julien Barnéoud, Consistency and Homogeneity of IGS Repro3 ZTD Estimates, G13A - Geodesy for Climate Research II Poster 3526, AGU Fall Meeting 2024, Washington, December 2024.

### GENESIS

*Contact : Samuel Nahmani (IGN, IPGP)*

Participation à plusieurs groupes de travail sur la mission GENESIS (deux WG de l'ESA et un de l'IAG). Travaux réalisés en partenariat entre l'IGN, le CNES et l'Observatoire de Paris sur l'impact de l'inclinaison de l'orbite de GENESIS sur les objectifs de la mission ainsi que rédaction d'une note de synthèse soumise à l'ESA en fin d'année 2024.

Présentation : Ait-Lakbir H., Chatzinikos M., Delva P., Marty J.-C., Pollet A., Contribution of the GENESIS mission to Terrestrial Reference Frame (TRF) parameters, AGU Fall Meeting, Washington, December 2024

<sup>1</sup> Positionnement Ponctuel Précis avec résolution d'ambiguïté entière

## ITRF2020

*Contact : Xavier Collilieux (IGN, IGP)*

Le centre de produit ITRS (hébergé à l'IGN) a publié la première mise à jour de l'ITRF2020 en décembre 2024 (Altamimi et al. 2024 ; IGN/IERS). Trois ans de données supplémentaires fournies par les centres des techniques de l'IERS et de l'AIG ont permis la fourniture de coordonnées plus précises, incluant de nouvelles discontinuités de position sur les périodes récentes.

### Publications :

Altamimi, Z., P. Rebischung, X. Collilieux, L. Métivier, K. Chanard and J. Barneoud (2024) ITRF2020-u2023, the First ITRF2020 Update, AGU fall meeting 2024, dec 2024  
IGN/IERS 2024 [dataset], ITRF2020-u2023, <https://itrf.ign.fr/en/solutions/ITRF2020-u2023>

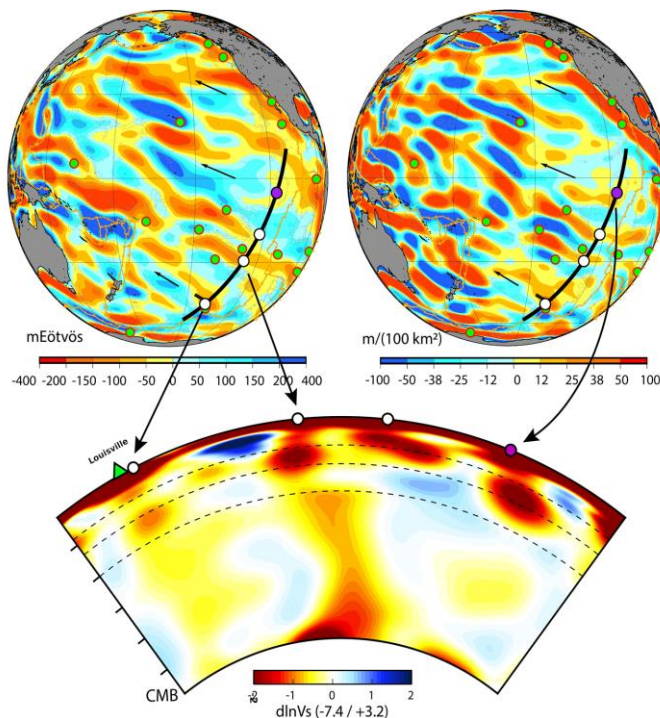
## Recherche

### Partial melt in mesoscale upper mantle upwellings beneath ocean basins

*Contact : Isabelle Panet (IPGP, IGN)*

Dans une étude récente (Panet et al., 2022), nous avons documenté la présence d'ondulations spatiales quasi-périodiques (~2000 km de longueur d'onde), alignées avec le mouvement absolu des plaques tectoniques dans de vastes régions des bassins océaniques Pacifique et Indien, dans deux observables géodésiques (gradients de gravité et gradients de pente du plancher océanique). Ces structures coïncident géographiquement avec des anomalies lentes de vitesses sismiques dans le manteau supérieur et la zone de transition (French et al., 2013). Nous avons montré que ces trois observables corrélés ne peuvent trouver leur source uniquement dans la croûte ou la lithosphère, mais doivent provenir au moins en partie du manteau supérieur convectif, dans la gamme de profondeurs couverte par les vitesses sismiques lentes. De plus, elles ne peuvent s'expliquer par une convection secondaire purement thermique, car elles impliquent des excès de masse dans les zones ascendantes chaudes.

L'étude publiée en 2024 présente des bilans de masse dans le manteau convectif qui intègrent ces contraintes observationnelles et permettent d'en proposer une interprétation. Pour quantifier les anomalies de masse dans le manteau supérieur et la zone de transition étendue, nous fixons d'abord la géométrie des sources grâce à la sensibilité géométrique des gradients de gravité et des gradients de pente des fonds océaniques, combinée à la sensibilité radiale de la sismologie. Nous estimons ensuite les densités à partir des données gravimétriques et bathymétriques uniquement, en appliquant une hypothèse d'équilibre vertical sur le long-terme du système de sources. Les excès de masse dans les remontées chaudes peuvent s'expliquer dans le cadre d'un modèle simplifié de convection thermo-chimique bi-dimensionnelle s'étendant jusqu'à 1000 km de profondeur, qui résulterait au moins en partie de forçages profonds et pourrait partiellement contrôler le mouvement des plaques tectoniques.



**Figure** : Les ondulations du géoïde et de la bathymétrie, alignées avec la direction actuelle du mouvement de la plaque Pacifique, exprimées en gradients de gravité (gauche) et en gradients de pentes des fonds océaniques (droite), et leur correspondance avec les vitesses sismiques lentes (bas, French et al. 2015). L'ensemble de ces signaux s'explique par une convection thermo-chimique méso-échelle dans le manteau supérieur et la zone de transition étendue, avec fusion partielle et recristallisation au sein du système de l'olivine.

Crédits : Panet et al. (2024).

Le point clé du scénario est la présence de couches minces de matériel dense produit par fusion partielle et déshydratation au sommet de la zone de transition, puis recristallisation, au sein du système de l'olivine. Une fraction de ce matériau lourd enrichi en fer est entraînée vers le haut par les courants ascendants, puis vient s'accumuler dans l'asthénosphère où elle peut être transportée latéralement. Ces résultats peuvent expliquer la détection sporadique de zones de faibles vitesses sismiques au-dessus de la discontinuité à 410 km de profondeur, et étayent la présence d'eau dans la zone de transition.

Publication :

Panet, I., Greff-Lefftz, M., Romanowicz, B. (2024). Partial melt in mesoscale upper mantle upwellings beneath ocean basins, *Earth and Planetary Science Letters*, 639, 118763.

Références associées :

Panet et al., Partial melt in mesoscale upper mantle upwellings beneath ocean basins, *Earth and Planetary Science Letters*, **639** (2024), DOI: 10.1016/j.epsl.2024.118763.

Panet, I., Greff-Lefftz, M., & Romanowicz, B. (2022). Dense mantle flows periodically spaced below ocean basins. *Earth and Planetary Science Letters*, 594, 117745.

French, S.W., Lekic, V., & Romanowicz, B. (2013). Waveform Tomography Reveals Channeled Flow at the Base of the Oceanic Asthenosphere. *Science*, 342, 227-230.

French, S.W., & Romanowicz, B. (2015). Broad plumes rooted at the base of the Earth's mantle beneath major hotspots. *Nature*, 525, 95-99.

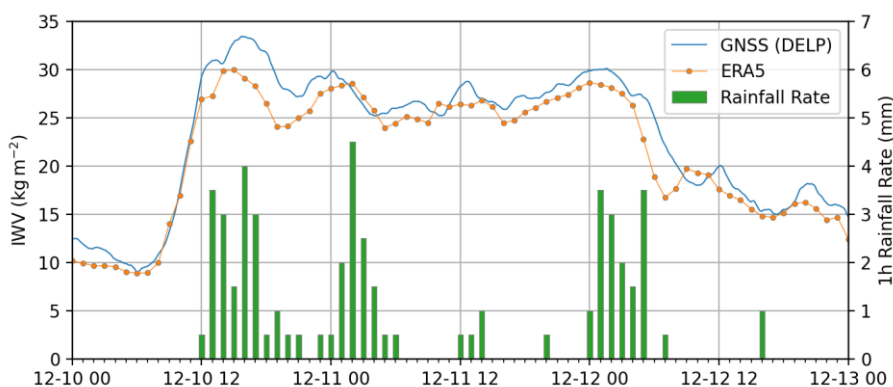
## Évaluation des solutions GNSS troposphériques pour les stations du réseau CentipedeRTK

*Contact : Pierre Bosser (ENSTA, Brest)*

Développé depuis 2019, le **réseau CentipedeRTK** est un réseau GNSS permanent collaboratif dont la première finalité est la mise à disposition libre et gratuite de positionnement RTK, essentiellement à partir de récepteurs et antennes low-cost. Le réseau s'est depuis fortement développé, bien au-delà des frontières françaises, et compte plus de 800 stations. Les utilisateurs de ce réseau sont nombreux, principalement issus du monde agricole, mais aussi d'organismes publics et privés.

Assez rapidement, la communauté des géosciences s'est intéressée à ce réseau, d'abord en tant qu'utilisateurs de ces bases RTK, puis pour l'exploitation des mesures brutes de ces bases en post-traitement. Ainsi, les données issues des bases permanentes du réseau CentipedeRTK sont archivées quotidiennement depuis mi-2022 par le centre de données du réseau RENAG. Ici, nous nous sommes intéressés à la qualification des retards troposphériques estimés en PPP, à partir des données acquises en 2023 par 265 stations low-cost CentipedeRTK, localisées en France Métropolitaine. Ces retards troposphériques ont été confrontés à ceux issus de l'analyse de stations proches appartenant à des réseaux conventionnels (RGP, RENAG, Geodeata-Orphéon) et, une fois convertis en contenu intégré en vapeur d'eau, aux extractions de la réanalyse météorologique ERA5. Les résultats sont concluants, avec un écart moyen quadratique de  $7.4 \pm 3.0$  mm par rapport aux stations GNSS conventionnelles et de  $0.1 \pm 0.8$  kg/m<sup>2</sup> par rapport à ERA5, écarts conformes à ceux observés dans la littérature pour des stations conventionnelles. L'intérêt de ces données a ensuite été mis en évidence dans la description d'un événement de pluie intense lié à l'arrivée d'une rivière atmosphérique sur le sud-ouest de la France en décembre 2023.

Cette étude confirme le potentiel des récepteurs GNSS low-cost pour le suivi de la vapeur d'eau atmosphérique. L'utilisation de tels systèmes et le développement du réseau CentipedeRTK pourront contribuer de manière significative à la densification rentable des réseaux existants et être particulièrement bénéfiques dans les régions où la couverture des réseaux GNSS permanents est encore insuffisante.



**Figure :** (axe de gauche) évolution du contenu intégré en vapeur d'eau obtenu à partir des retards troposphériques estimés pour la station CentipedeRTK DELP (Charente-Maritime) et extrait de la réanalyse ERA5 ; (axe de droite) taux de précipitation à 1h mesurée par la station Météo-France la plus proche.

### Publication :

Bosser, P.; Ancelin, J.; Métois, M.; Rolland, L. & Vidal, M.: "Evaluation of tropospheric estimates from CentipedeRTK, a collaborative network of low-cost GNSS stations", GPS Solutions, 2024, 28, <http://doi.org/10.1007/s10291-024-01699-3>

## Gravimétrie spatiale : comparison of gap-filling techniques

*Contact : Hugo Lecomte (LEGOS, Toulouse), Severine Rosat (ITES, Strasbourg)*

Différentes techniques ont été proposées pour combler les mois manquants dans les produits de gravimétrie spatiale GRACE et GRACE Follow-On à l'échelle mondiale. Certaines techniques utilisent les solutions du satellite Swarm et de la télémétrie laser par satellite, tandis que les techniques d'interpolation s'appuient sur les solutions de GRACE et/ou de Swarm. Dans l'étude de Lecomte et al. (2024), nous évaluons un large éventail de techniques d'interpolation, notamment l'ajustement par les moindres carrés, l'analyse en composantes principales, l'analyse en spectre singulier (SSA), l'analyse en spectre singulier multicanal (MSSA), les modèles autorégressifs et l'incorporation de données antérieures. Pour comparer les performances de ces techniques d'interpolation, nous utilisons une approche de suppression/restauration, en supprimant aléatoirement certains mois de produits GRACE existants et en prédisant ces mois manquants à l'aide de ces techniques d'interpolation. Nous fournissons ainsi des comparaisons détaillées et discutons des points forts et des limites des diverses méthodes. La technique d'interpolation autorégressive obtient le meilleur score selon notre métrique d'évaluation. L'interpolation basée sur un ajustement par moindres carrés d'une tendance linéaire ajoutée aux cycles annuels et semi-annuels offre une prédiction simple et efficace avec de bonnes performances. Grâce à cette évaluation, nous établissons une référence de départ pour les techniques de comblement des lacunes dans l'analyse des variations temporelles du champ de pesanteur terrestre.

### Publication :

Lecomte, H., Rosat, S., M. Manda, Gap-filling between GRACE and GRACE-FO missions: assessment of interpolation techniques, *J. of Geodesy*, 98:107, <https://doi.org/10.1007/s00190-024-01917-3>

## Mobile underwater and airborne gravimetry

*Contact : J. Nicolas, J. Verdun, F. Durand, S. Durand, L. Morel, J. Cali Cali (Geomatics, Urban Planning and Land Law Lab (GeF - UR Cnam 4630) - Le Mans)*

We are currently developing a new gravimetric system called GraviMob (Mobile Gravimetry System) with a small footprint and low power consumption, suitable for installation on board an AUV (Autonomous Underwater Vehicle). The system is designed to measure the Earth's gravity field near the seabed with unprecedented accuracy and spatial resolution. Compared to competing systems, GraviMob is the only one that can measure the gravity vector by determining its east, north and vertical components. Thanks to appropriate data processing involving temperature correction in the device, Vu et al. (2024) demonstrated that the GraviMob's external accuracy was better than 3 mGal and the measurement bias less than 0.6 mGal. Thanks to the advances made on GraviMob, we won a CNES call for projects to develop a mobile gravimetric sensor like GraviMob for aerial drones.

### Publication :

Vu, D.T.; Verdun, J.; Cali, J.; Maia, M.; Poitou, C.; Ammann, J.; Roussel, C.; D'Eu, J.-F.; Bouhier, M.-É. High-Resolution Gravity Measurements on Board an Autonomous Underwater Vehicle: Data Reduction and Accuracy Assessment. *Remote Sens.* **2024**, *16*, 461. <https://doi.org/10.3390/rs16030461>



## Gravimétrie quantique

Contact : Guillaume Lion (IPGP)

En mars 2023, une campagne gravimétrique hybride sur la Soufrière de Guadeloupe a démontré la performance et la portabilité du gravimètre à atomes froids AQG#B01 pour des mesures absolues en extérieur, atteignant une sensibilité de 2-3  $\mu\text{Gal}$  en 1 heure.

Publication :

Diament, M., Lion, G., Pajot-Métivier, G., Merlet, S., & Déroussi, S. (2024). The AQG-B Absolute Quantum Gravimeter: A Promising Sensor for Volcano Monitoring. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 27(6), 17-23.

Présentation :

Lion, G., Diament, M., Pajot-Métivier, G., Merlet, S., & Déroussi, S. Absolute Quantum Gravimeter as a promising field sensor for volcano monitoring. *European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2024, Apr 2024*.



Figure : Gravimètre quantique absolu AQG#B01 sur La Soufrière de Guadeloupe - Crédits : G. Lion.

## Nivellement chronométrique

Contact : Guillaume Lion (IPGP)

Dans le cadre de l'ANR ROYMAGE, nos études préliminaires montrent que le nivellement chronométrique, via les horloges atomiques optiques transportables, pourrait être sensibles aux variations de masse d'eau dans les aquifères français en s'appuyant sur le réseau fibré optique REFIMEVE.

Présentation :

Lion, G., Chanard, K., Pajot, G., Diament, M., & Jamet, O. (2024, April). Monitoring aquifers and subsidence with the chronometric leveling. In EGU.

## Monitoring loading effects and application to the study of climate change

Contact : J. Nicolas, J. Verdun, F. Durand, S. Durand, L. Morel, J. Cali (Geomatics, Urban Planning and Land Law Lab (GeF - UR Cnam 4630) - Le Mans)

Global warming and other climate change influences are leading to major changes in the global hydrological cycle. The resulting transfers of water mass induce deformations of the Earth's crust and temporal variations in the gravity field that can be detected by space geodesy, making it an ideal tool for monitoring the effects of climate change. Our research is currently focusing on the Svalbard archipelago in the Arctic, one of the world's fastest-warming regions. To this end, our doctoral student Alicia Tafflet is using an approach that involves analysing datasets from satellite and terrestrial observations, with complementary sensitivities and spatio-temporal resolutions. Quantification of crustal deformation was carried out using daily time series of 3D GNSS coordinates calculated for all permanent GNSS stations on Svalbard since 2000. The results showed that the Earth's crust at Svalbard was rising at an average vertical speed of between 8 and 13 mm/year (Tafflet et al. 2024). To explain this velocity value, we are developing a regional mechanical model of the lithosphere and mantle beneath Svalbard that considers the flexural rigidity of the lithosphere and the viscosity of the mantle. This model will then be used to determine the response of the Earth's surface to the removal of ice loads following the last ice ages (Great and Little Ice Ages) and

the current melt, which will be compared with those observed in the GNSS and GRACE time series.

Publication :

Tafflet, A. ; Nicolas, J.; Boy, J.-P.; Lemoine, J.-M. ; Perosanz, F. et al.. Solid Earth's response to climate change in Svalbard monitored by space geodesy. *European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2024, Apr 2024, Vienne, Austria.* <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-11433>

### Réflexométrie GNSS

Contact : J. Nicolas, J. Verdun, F. Durand, S. Durand, L. Morel, J. Cali Cali (Geomatics, Urban Planning and Land Law Lab (GeF - UR Cnam 4630) - Le Mans)

GNSS reflectometry is an opportunistic method using the electromagnetic signals continuously emitted by GNSS satellites to measure geophysical parameters on a reflection surface, in particular altimetry in open water. As part of Nolan Varais' PhD thesis (2019 - 2023, thesis defended in February 2024) in collaboration with the French National French Agency (Cnes), we have developed a comprehensive method for processing phase shift measurements between direct and reflected signals from airborne GNSS reflectometry. This method was tested in 2021 on the Carcans-Hourtin lake in Gironde and the water level measured by GNSS reflectometry was compared with that of a conventional GNSS receiver mounted on a buoy. The results of this campaign, published in August 2023 (Varais et al., 2023), showed that the agreement with the water level given by a conventional GNSS measurement on a buoy was of the order of 1 cm. In addition, the slope of the geoid measured along the lake by GNSS reflectometry is close to that given by the French national geoid model (RAF) at better than 1 mm/km. Nolan Varais' doctoral thesis was submitted to the CNFGG thesis competition in 2024.

Publication :

Varais, N.; Verdun, J.; Cali, J.; Lestarquit, L. 2023. Lake Altimetry Using Long Coherent Integration Carrier Phase Measurements from Airborne GNSS Reflectometry. *Remote Sensing*, 15, 4192, <https://doi.org/10.3390/rs15174192>

### Volcano-tectonique

Contact : Xavier Collilieux (IGN, IPGP)

L'IGN, en collaboration avec l'IPGP, a étudié la possibilité d'utiliser un modèle de déformation de la crise volcano-tectonique de 2018-2020 développé par l'IPGP pour effectuer des transformations de coordonnées. Ce modèle a été implémenté avec succès dans la librairie de transformation de coordonnées proj (Collilieux et al., 2024) et est d'ores et déjà disponible sur le site de l'IGN (IGN/SGM, 2024 ; Grandin et al., 2025).

Publications :

Collilieux, X., R. Grandin, I. Pasquier, J. De Oliveira Pinheiro, B. Virly and O. Jamet (2024) How to best account for crustal deformation in Mayotte? , EUREF Symposium 2024, juin 2024

Grandin R., Collilieux X., Pasquier I. et al. (2025), Mayotte deformation model, 2018-2020 volcano-tectonic crisis [Data set], doi: 10.57932/41cf41f5-5a0c-47d0-b88d-a774e06e9012

IGN/SGM 2024, Mayotte : modèle de déformation crise 2018-2022, <https://geodesie.ign.fr/index.php?page=mayotted deformation>



## Institutions

### Bureau des Longitudes

*Contact : Claude Boucher (Membre du Bureau des longitudes, Président de la commission du Bdl sur les infrastructures géodésiques)*

Le Bureau des longitudes s'est occupé depuis sa création en 1795 de nombreuses questions en relation avec la géodésie. L'année 2024 n'a pas échappé à ce fait, et trois activités sont à évoquer dans ce court rapport d'activité destiné au CNFGG :

1. Les travaux de la commission sur les infrastructures géodésiques que le Bdl a établie fin 2019 et que je préside actuellement ont continué et se sont diversifiés en 2024. Deux points notamment ont fait l'objet de multiples réunions d'avancement :
  - a. Le projet d'implantation à Tahiti d'un observatoire géodésique fondamental progresse positivement, sous l'animation du chef de projet, Félix Pérosanz (CNES)
  - b. Le comité provisoire sur la contribution française aux activités géodésiques de l'UN GGIM, a tenu plusieurs réunions. Pierre Briole (ENS) en assure le secrétariat.
2. Le Bdl avait publié en 2001 un livre blanc sur la géodésie, initié par Jean-Jacques Levallois, sous le titre La géodésie. Bilan et perspectives. Une vingtaine d'années après, le Bdl a entrepris la rédaction d'une nouvelle version de ce livre blanc.
3. En tant que membre fondateur du Groupe de recherche de géodésie spatiale (GRGS) en 1971, le Bdl se préoccupe de l'état inquiétant de ce groupe, et suite à diverses discussions internes, a convié un groupe de réflexion sur ce sujet, visant à lancer un plan d'urgence.

### CNES

*Contact : Félix Perosanz (CNES)*

Le CNES organise, tous les cinq ans, son Séminaire de Prospective Scientifique (SPS) qui constitue un moment clé pour tracer les grandes lignes de l'avenir des sciences spatiales en France. C'est un cadre exceptionnel où la communauté scientifique, se réunit pour identifier les priorités ainsi que les enjeux qui définiront la recherche spatiale dans les décennies à venir. Dans ce contexte, le Groupe Thématique Terre-Solide du Comité TOSCA a présenté ses **priorités majeures** sur la base des quatre grands enjeux structurant la recherche dans cette thématique : le référencement géodésique, la géodynamique interne, les aléas naturels et les interactions Terre interne – enveloppes externes. Les projets suivants sont ressortis de cet exercice :

- Mission spatiale NGGM de l'ESA d'observation des variations temporelles du champ de gravité terrestre
- Mission GENESIS de l'ESA qui fera voler les 4 techniques géodésiques à bord d'un même satellite
- Instrument DORIS-NEO pour réaliser un récepteur DORIS de nouvelle génération
- Projet d'Observatoire Géodésique Géophysique de Polynésie française et la réalisation d'une station de télémétrie SLR
- Projet GravMagBallon de vol ballon de gravimètre et magnétomètre
- Mission Carioqa de la CE portée par le CNES et le DLR

La plupart de ces projets sont défendus de longue date par la communauté nationale des sciences de la Terre Solide. Cette édition du SPS représente à une avancée significative en reconnaissant leur importance.

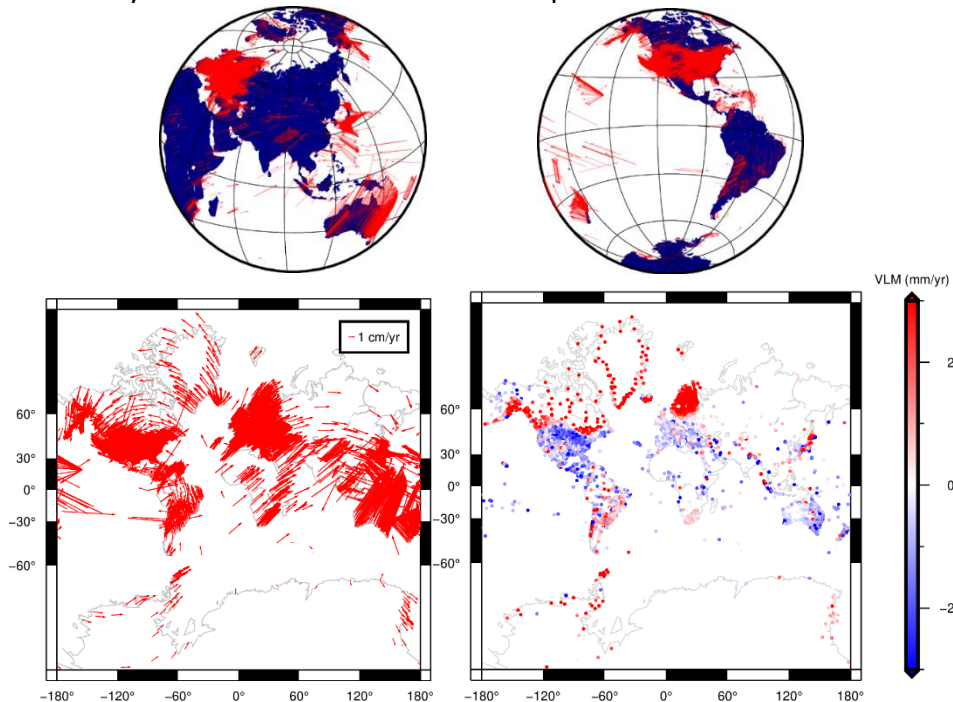
## Activités au sein de l'Association Internationale de Géodésie (IAG)

### JWG3.2 on a global combined GNSS velocity field

Contact : *Alvaro Santamaría-Gómez (GET, Toulouse)*

The IAG's Commission 3 and Commission 1 Joint Working Group 3.2 on a global combined GNSS velocity field was set during the IAG's term 2019-2023. The aim of this JWG was to combine and compare all the available GNSS velocity fields obtained by different groups from both network and PPP solutions.

GNSS velocities estimated by different groups usually differ due to the choices made concerning the corrections applied, which affects the noise level of the series, the completeness of the series, the removed position discontinuities and the alignment to a terrestrial reference frame. The position discontinuities that populate the GNSS time series have probably the biggest impact on the velocity estimates. Even when using exactly the same series, it is common that different groups provide different velocity estimates and uncertainties mainly due to the different choices of position discontinuities.



The main outcome of the JWG is a combined velocity field, aligned to the ITRF2020, which takes into account the repeatability of nineteen global and regional (continental scale) GNSS velocity fields computed by different groups. The IAG's combined field is the most complete and provides velocity estimates for 13,395 sites with at least 5 years of observations. The quality of the combined field was assessed by the velocity repeatability at 2,877 sites for which more than four velocity estimates were available. A median velocity repeatability at the level of 0.15 and 0.25 mm/yr was obtained for the horizontal and vertical velocities, respectively. It is expected that the IAG's combined GNSS velocity field will be useful for the scientific community in the areas of tectonics, sea-level change and GIA modelling among others.

The achievement of the combined velocity field was possible thanks to all the individuals and groups that contributed with their computed velocity fields.

Publication :

Santamaría-Gómez, A., Rietbroek, R., Rebischung, P., Frederikse, T., Legrand, J. (2024). Combined Global GNSS Velocity Field. In: International Association of Geodesy Symposia. Springer, Berlin, Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/1345\\_2024\\_263](https://doi.org/10.1007/1345_2024_263)

### SC3.1 - 20<sup>ème</sup> Geodynamics and Earth Tides Symposium (G-ETS), Strasbourg 25-30 août 2024

Contact : Séverine Rosat (ITES, Strasbourg)

Le Symposium International de Géodynamique et des Marées Terrestres (Geodynamics and Earth Tides Symposium - <https://g-ets2024.sciencesconf.org>), chapeauté par la sous-commission 3.1 de l'Association Internationale de Géodésie (<https://iag-aig.org>) est organisé tous les 4 ans dans des pays différents. La dernière fois que la France avait accueilli ce symposium remontait à 1969, également à Strasbourg.



La dernière fois que la France avait accueilli ce symposium remontait à 1969, également à Strasbourg.

Ce Symposium rassemble une centaine de scientifiques du monde entier qui s'intéressent aux phénomènes des marées et à la dynamique de la Terre, tant sur le plan théorique que sur celui de l'observation. Les marées terrestres affectent de nombreux types d'instruments de haute précision, qu'il s'agisse de mesures de position, de déformation, de rotation, de champ potentiel ou d'accélération, par techniques terrestres ou satellitaires.

Durant cette 20<sup>ème</sup> édition, qui a réuni près de 90 personnes de tous les continents, l'accent a été particulièrement mis sur les variations de la pesanteur, les redistributions de masse (rebond post-glaciaire, dynamique océanique, etc.), les surcharges des enveloppes fluides (atmosphère, océans, hydrologie) dans les différents observables géodésiques, le suivi de réservoirs géothermiques, des volcans, des déformations de surface et des redistributions de masse par mesures terrestres et spatiales (GNSS, GRACE/GRACE-FollowOn, InSAR), les variations de la rotation terrestre, ainsi que sur l'innovation technique et instrumentale (dont les gradiomètres à atomes froids).

### SC3.1 - G-ETS early-career scientist prize

Contact : Séverine Rosat (ITES, Strasbourg)

Un nouveau prix a été instauré lors de la 2<sup>ème</sup> édition du Symposium International de Géodynamique et des marées terrestres. Ce prix "early-career scientist (ECS) prize" récompense un chercheur ayant soutenu sa thèse il y a moins de 10 ans. Le prix a été décidé suite au vote des participants au G-ETS2024 basé sur les critères suivants : 1/ Nouveauté et qualité de la recherche ; 2/ Qualité de la présentation ; 3/ Réponses aux questions.

Le prix ECS lors du G-ETS2024 a été décerné à Marvin Reich, (GFZ Potsdam, Allemagne – *photo ci-contre*) pour sa présentation intitulée « LUH-JAQM2024: Joint Measurements with Absolute Quantum Gravimeters at Leibniz University Hannover ».



### SC3.1 - Médaille MELCHIOR

*Contact : Séverine Rosat (ITES, Strasbourg)*

La médaille « Paul Melchior » récompense des scientifiques renommés qui ont eu une influence considérable dans la communauté des marées terrestres. Cette médaille est remise tous les 4 ans lors du Symposium international de Géodynamique et des marées terrestres (G-ETS). Cette médaille porte le nom du professeur Paul Melchior, 1er lauréat de cette récompense en 1997 et scientifique de renommée internationale pour ses ouvrages sur les marées terrestres. Pendant la 20<sup>ème</sup> édition du G-ETS qui s'est tenu à Strasbourg en août 2024, la médaille Melchior a été attribuée à deux scientifiques renommés : Duncan C. Agnew (San Diego, USA) (à gauche sur la photo ci-contre) et Jacques Hinderer (Strasbourg, France) (à droite sur la photo ci-contre).



### Comité inter-commissions de géodésie marine (ICCM)

*Contact : Pierre Sakic (IPGP), Valérie Ballu (LIENSs)*

Les activités visant à structurer une communauté internationale en géodésie fond de mer se poursuivent. Le comité inter-commissions de géodésie marine (ICCM) de l'AIG, constitué en 2019 est actuellement présidé par Valérie Ballu (LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle) ses principaux objectifs sont de:

- Réduire les écarts entre la théorie et les applications en géodésie marine.
- Connecter la composante du réseau géodésique des fonds marins avec l'ITRF.
- Encourager le développement d'une méthodologie de géodésie marine (observations géodésiques marines pluridisciplinaires).
- Promouvoir les collaborations internationales en matière d'études géodésiques marines régionales, de conventions et de normes internationales.

Une visio-conférence des intervenants de l'ICCM s'est tenue début décembre 2024. Une idée émergente est l'établissement d'une convention commune concernant une valeur standardisée de la célérité du son dans l'eau pour uniformiser les mesures de positionnement acoustiques. Dans ce cadre Pierre Sakic (IPGP) y anime le *groupe de travail #1 Data and tools exchange* (Sakic et al. 2023).

#### Publication :

P. Sakic, D. Schmidt, V. Ballu, J. Hutchinson, M. Heesemann, K. He, M. Kido, Y. Nakamura, J. Desanto, K. Tadokoro, S. Xie, Y. Yokota, S.-I. Watanabe. Seafloor Geodesy Data Standardization Task Force within the Inter-Commission Committee on Marine Geodesy (ICCM) report for the International Association of Geodesy (IAG), 2023. <https://hal.science/hal-04319233>

#### Présentation invitée :

Sakic, P., Ballu, V., Royer, J.-Y., et al. French underway developments in seafloor geodesy, and perspectives for an international collaboration and standardization. AGU24, 2024.

## Congrès et colloques nationaux

### Journées de gravimétrie spatiale ; Toulouse, 21-23 mai 2024

*Contact : Pierre Exertier (GET/OMP)*

La communauté scientifique française est fortement impliquée dans l'analyse et l'exploitation des données des missions de gravimétrie spatiale du champ variable. D'un point de vue instrumental avec les accéléromètres fournis par l'ONERA, par le calcul d'une solution de champ de gravité variable par le CNES/GRGS différente et complémentaire des solutions officielles produites par le consortium porteur de ces missions (NASA et DLR), mais également par une production scientifique importante, et souvent originale, sur des sujets variés allant de l'hydrologie à l'étude du noyau terrestre.

Elle est aussi pleinement investie dans le futur de la gravimétrie spatiale que constitue notamment la mission ESA/NASA MAGIC (Mass Change and Geophysics International Constellation). Afin de se rencontrer et de se fédérer, la communauté française intéressée par la gravimétrie spatiale du champ variable, s'est réunie les 21-23 mai 2024 pour son deuxième congrès national. Ce congrès a rassemblé plus d'une trentaine de participants et participantes – doctorants, post-doctorants, ingénieurs et chercheurs CNES, l'IGN, l'ONERA, des laboratoires CNRS et/ou universités et des partenaires industriels tels que Magellium. Avec plus de 20 présentations orales et une quinzaine de posters, ce colloque national a permis à la communauté française de faire un état des lieux de ses développements techniques et opérationnels, ainsi que de sa recherche scientifique s'appuyant sur la gravimétrie spatiale du champ variable.

### Colloque des 30 ans d'altimétrie par satellite ; Montpellier, 2-7 septembre 2024

Le symposium « 30 ans de progrès en altimétrie radar » a été organisé par les agences spatiales européenne et française ESA et CNES du 2 au 7 septembre 2024 à Montpellier. Le programme s'articulait autour de 13 grands thèmes, parmi lesquels plusieurs en lien avec le périmètre du pôle FormaTerre, comme par exemple la géodésie et la gravimétrie.

Site web du symposium :

<https://www.altimetry2024.org/>



## Diffusion scientifique, grand public

### Présentation invitée

Samuel Nahmani, La Terre vue par la géodésie spatiale : des mesures massives pour une meilleure compréhension des processus géophysiques sous-jacents. Action GT-GAST : G2AS'24 – Gestion et Analyse des données Aériennes et Satellitaires, EPITA, Le Kremlin-Bicêtre, 17 avril 2024



## Thèses en géodésie

### Thèses soutenues (oct. 2023 - sept. 2024)

- Nolan Varais (HESAM, CNAM) « Réflectométrie GNSS par mesure de phase de porteuse - Application à l'altimétrie précise à haute résolution spatiale »
- Bryan Raimbault (ENS, Université Paris Sciences et Lettres) "Space-based seismotectonic of Hispaniola Island"
- Hugo Lecomte (EOST, Université de Strasbourg) « Contraintes gravimétriques, magnétiques et géodésiques sur la dynamique du noyau fluide »
- Louis-Marie Gauer (IPGP, Université Paris Cité) « Méthodes et applications de la gravimétrie spatiale au suivi de la redistribution des masses d'eau : de l'hydrologie à la cryosphère »
- Giuseppe Costantino (ISterre, Université Grenoble Alpes) "Apprentissage profond appliqué à la détection et la compréhension des glissements lents"
- Hugo Boulze (ENS, Université Paris Sciences et Lettres) « Observation et modélisation du cycle sismique le long de l'interface de subduction chilienne »
- Hanane Aït-Lakbir (GET, Université Toulouse) "Analysis of the sources of the systematic errors in GNSS precise positioning : contribution of the constellation Galileo"

### Quelques thèses en géodésie en cours

- Maëva Levesque, LPG Nantes (2022 -) « Détermination des effets de marées et de charge dans le champ de gravité de Mars et de Vénus » - Encadrants : P. Rosenblatt, C. Dumoulin, J.-C. Marty (CNES)
- Alicia Tafflet, GeF Le Mans (2022 -) « Signatures du changement climatique dans les signaux hydrologiques observés par géodésie spatiale » - Encadrants : J. Nicolas, A. Baltzer (LETG, Univ de Nantes), J. Verdun
- Hugo Gerville, GeF Le Mans (2022 -) « Restitution du champ de vapeur d'eau 3-D par tomographie GNSS pour la correction des observations INSAR appliquées aux déformations du Piton de la Fournaise à La Réunion » - Encadrants : L. Morel, F. Durand (IGR Labo GeF), J. Van Balen (LACy, Univ. de La Réunion)
- Thiziri Saad, ITES Strasbourg (2023 -) « Prédiction et observations des déformations de surface pour un modèle de Terre viscoélastique 3D » - Encadrants : S. Rosat, J.-P. Boy
- Maxime Rousselet, GET Toulouse & IPGP Paris (2023 -) « Etude d'une rhéologie transitoire de la Terre solide, vis-à-vis des effets de charges globaux dus à l'océan sur les dernières 40 années » - Encadrants : P. Exertier, K. Chanard
- Maya Nocet-Binoit, GET & LEGOS Toulouse (2023 -) « Amélioration des traitements de données GRACE ; étude des problèmes de de-aliasing et de la propagation des erreurs » - Encadrants : S. Bonvalot, B. Massignac