

PROSPECTIVES

TERRE SOLIDE

9 octobre 2024

Groupe 2019-2023

Pascal Allemand, Sylvain Bonvalot, Rodolphe Cattin (président 2023-2024), Patrick Charlot, Olivier de Viron (président 2019-2022), Michel Diamant (représentant pôle ForM@Ter 2019-2022), Bénédicte Fruneau, Marianne Greff, Cécile Lasserre (représentante pôle ForM@Ter 2022-2024), Mioara Mandaia (resp. de thème 2019-2021), Isabelle Panet, Erwan Pathier, Félix Perosanz (resp. de thème 2022-2024), Lucie Rolland, Erwan Thébault, Guy Wöppelmann

Groupe 2024-2028

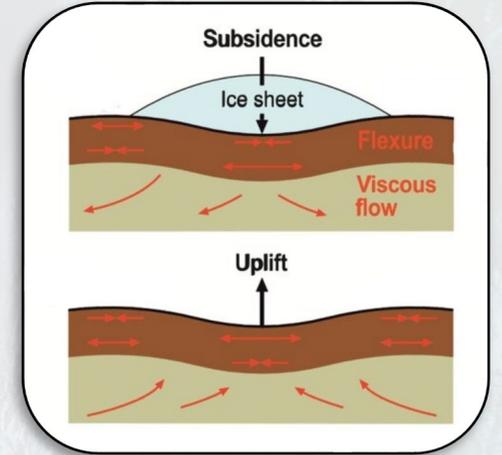
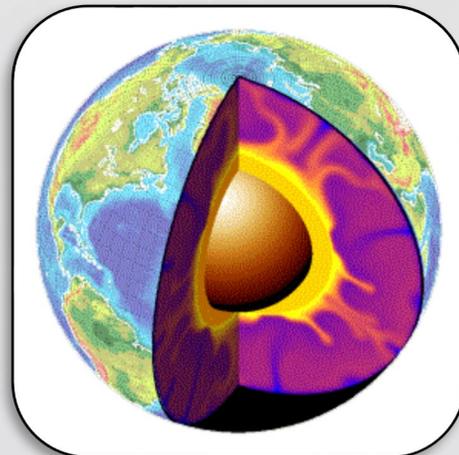
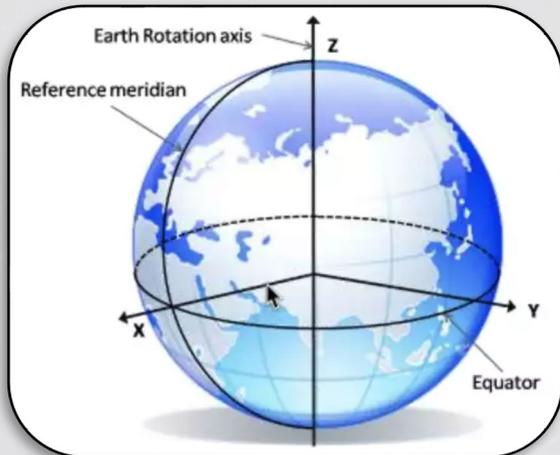
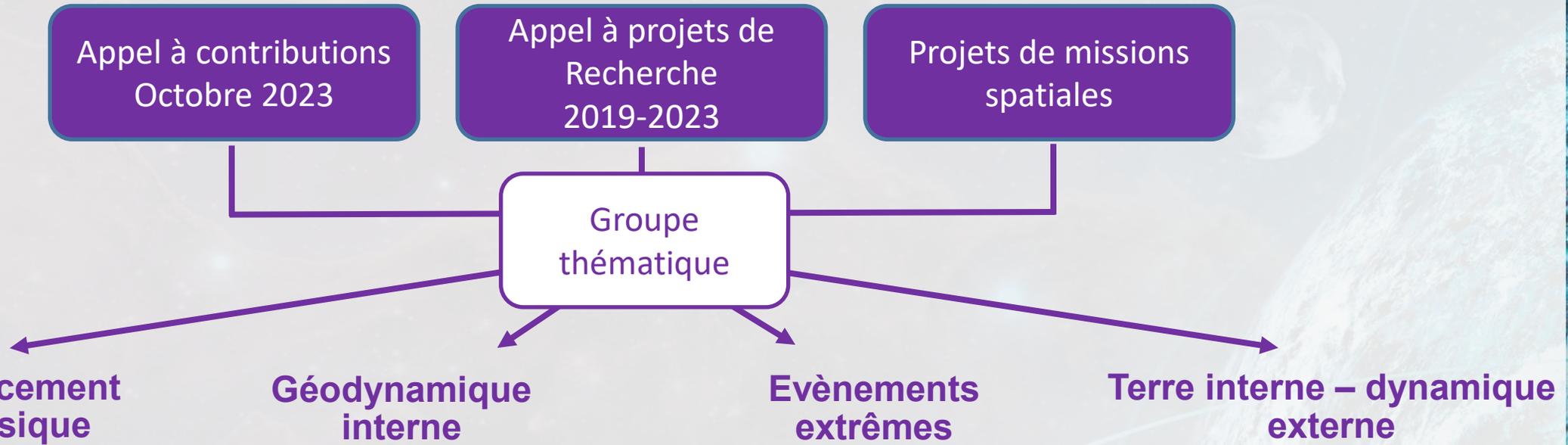
Rodolphe Cattin (président), Bénédicte Fruneau, Lydie Gailler, Nicolas Gillet, Marion Jaud, Cécile Lasserre (représentante pôle ForM@Ter), Laurent Métivier, Erwan Pathier, Félix Perosanz (resp. de thème), Lucie Rolland, Séverine Rosat, Alvaro Santamaria, Lucia Seoane



**GRANDS ENJEUX SCIENTIFIQUES ET
SOCIÉTAUX**

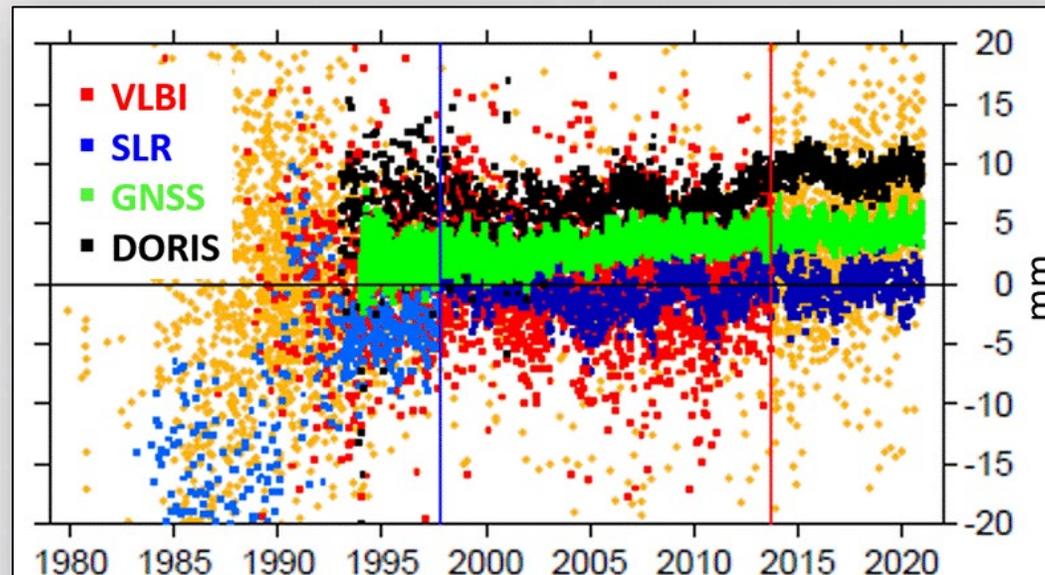
Les grandes thématiques

Définitions



Les grandes thématiques

Référencement géodésique



Facteur d'échelle relatif estimé par technique (Altamimi et al. 2023)

Enjeux

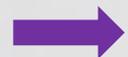
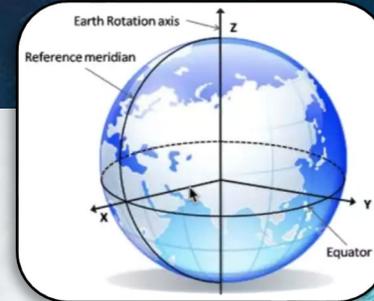
- Positionnement
- Etude du dérèglement climatique
- Quantification des déformations du sol

Situation actuelle

- ITRF 2020: 5 mm en positionnement et 0.5 mm/an en vitesse
- Erreurs systématiques VLBI, SLR, DORIS, GNSS
- Nombreux processus pas ou mal modélisés

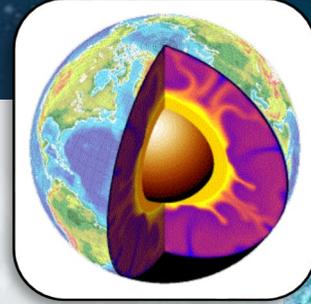
Verrous à lever

- Tendre vers une précision de 1 mm en positionnement et 0.1 mm/an en vitesse (besoin exprimé par le GGOS)
- Combinaison et colocalisation des quatre méthodes de géodésie Infrastructures au sol (**OG²P**) et missions spatiales (**GENESIS**)



Les grandes thématiques

Géodynamique interne



Enjeux

- Connaissance du fonctionnement de notre planète
- Origine du champ magnétique
- Couplage manteau – noyau

Questions

- Quelle est la structure thermique et compositionnelle de la Terre ? Quelles sont les interactions entre les couches solides de la Terre et son noyau fluide ? Quelle est la dynamique du noyau externe à courte échelle de temps ? La dynamique du noyau peut-elle affecter le climat ?

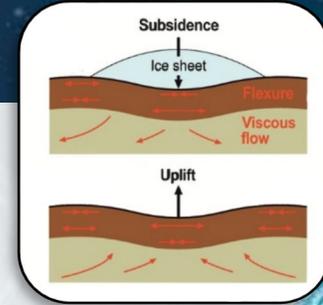
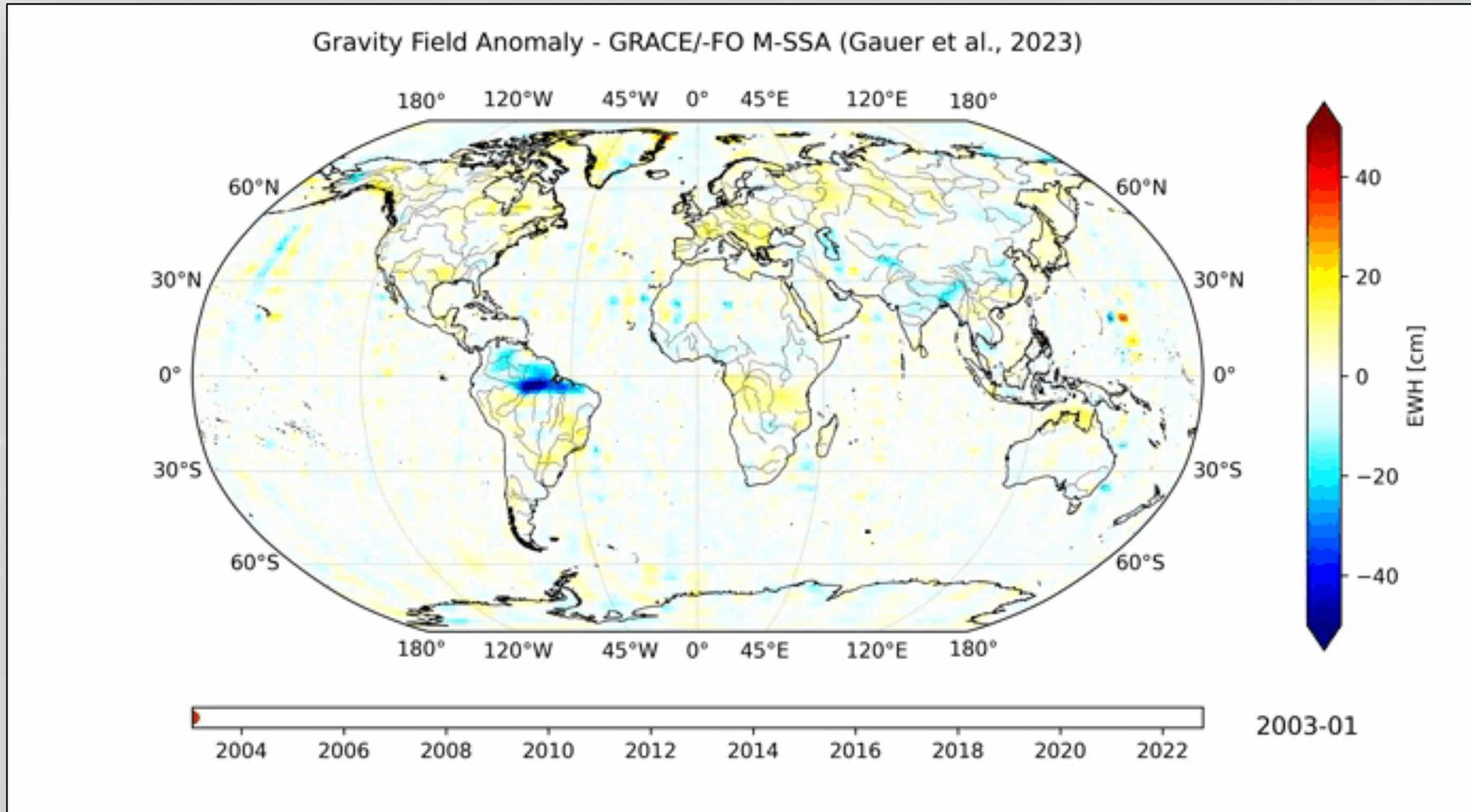
Verrous à lever

- Séparation des sources
- Mesures au sol, aéroportées, ballons et missions spatiales magnétiques et gravimétriques (**NanoMagsat, CARIOQA, MAGIC/NGGM, GravMagBallon**)



Les grandes thématiques

Terre interne – dynamique externe



Les grandes thématiques

Terre interne – dynamique externe

Enjeux

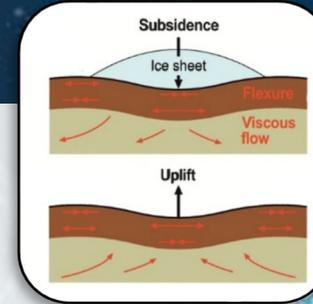
- Aménagement du territoire – ressource en eau
- Suivi du dérèglement climatique
- Couplage et rétroactions au sein du système Terre

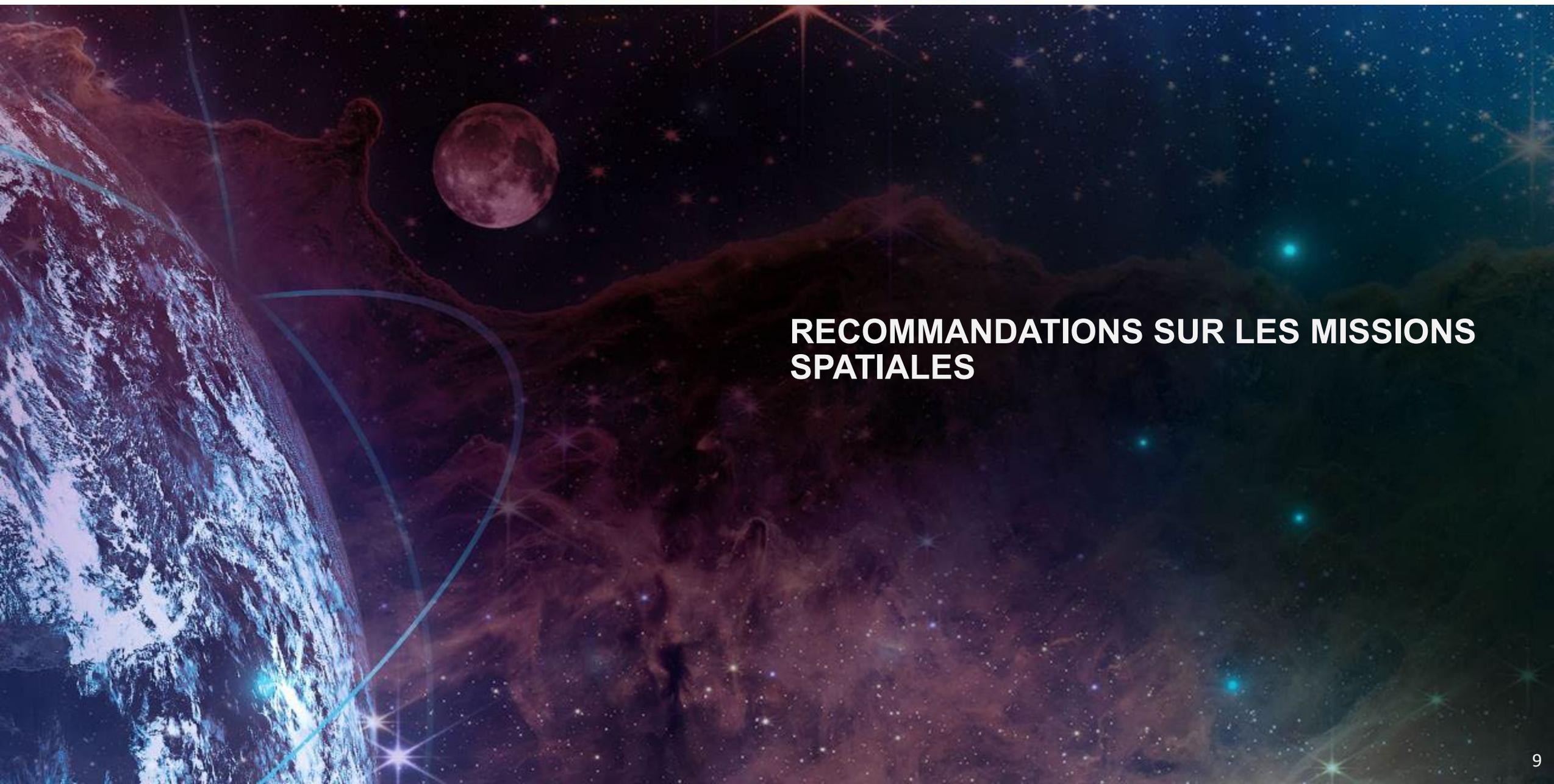
Questions

- Quelles sont les rétroactions entre l'ajustement isostatique et la fonte des calottes glaciaires ? Comment le volcanisme perturbe-t-il temporairement le climat ? Quel est le rôle des enveloppes fluides sur les interactions entre les champs magnétiques internes (oscillation périodique de 6 ans dans la dynamique du noyau) et externes ?

Verrous à lever

- ➔ Maintenir des observations spatiales sur de longues périodes (**NanoMagsat, GRACE, GRACE-FO, MAGIC/NGGM, Pléiades, ...**)





RECOMMANDATIONS SUR LES MISSIONS SPATIALES

Priorités sur les missions spatiales

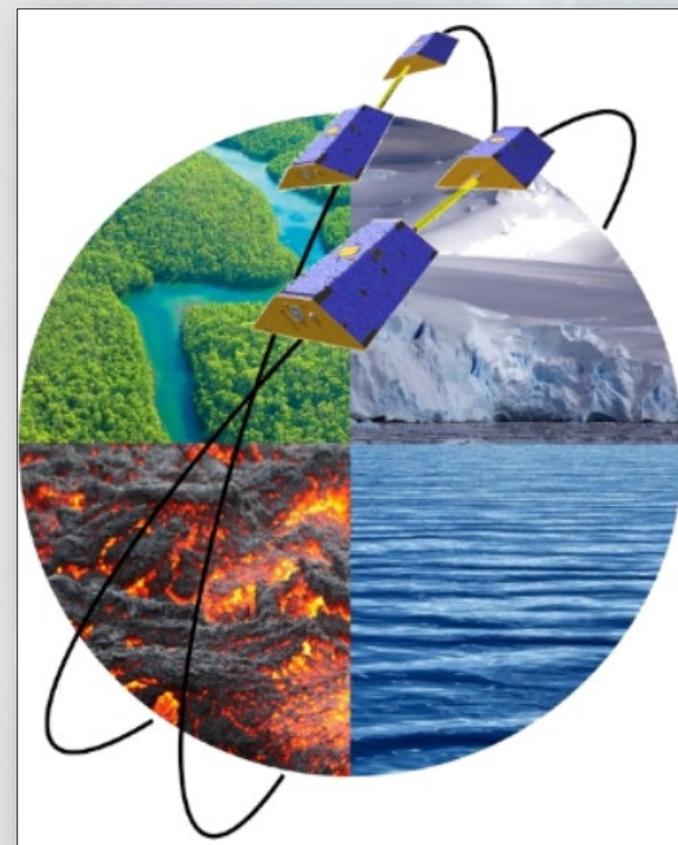
MAGIC/NGGM (Mass-Change and Geosciences International Constellation/Next Generation Gravity Mission)

Objectifs: Structure interne du globe, le suivi des risques sismiques, les ressources minérales, cycle de l'eau, glaciologie, océanographie ...

Mesures: Mission comprenant quatre satellites, fonctionnant par paires, et mesurant les fluctuations du champ de gravité terrestre avec une précision et une fréquence inégalée. Les données **MAGIC/NGGM** permettront de chercher des signaux précurseurs de séismes de magnitude 7.5 et plus (environ 55 évènements sur 10 ans), au lieu de 8.5 et plus (environ 1-2 évènements sur 10 ans) avec **GRACE (-FO)**.

Partenaires: Esa-Nasa

Statut: Le démarrage de la phase-B1 a eu lieu en 2024 et le financement des phases suivantes reste à consolider.



Priorités sur les missions spatiales

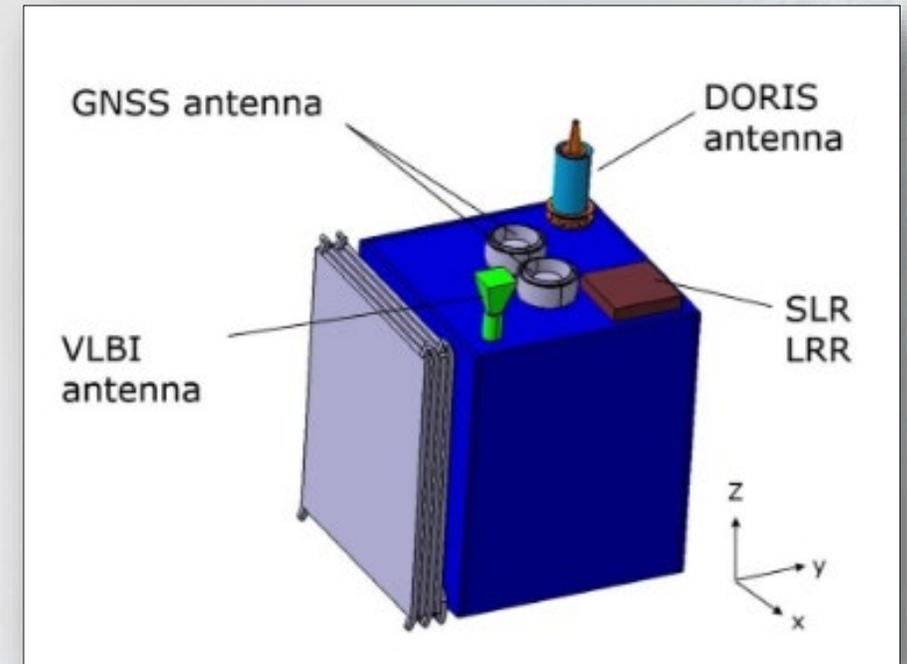
GENESIS (Galileo Innovative Space Service Solution)

Objectifs: Se rapprocher des besoins de la communauté (GGOS): précision de 1 mm et stabilité de 0,1 mm/an sur 10 ans.

Mesures: Mission ayant pour objectif d'améliorer la cohérence entre les quatre techniques géodésiques SLR, VLBI, GNSS, DORIS contribuant à l'ITRF en les co-localisant pour la première fois sur une seule plate-forme.

Partenaires: Mission tremplin de l'Esa du programme FutureNAV.

Statut: Approuvée en 2022. Les récepteurs DORIS font face à un problème d'obsolescence des composants électroniques. Développement d'une nouvelle génération de récepteurs DORIS qui permettra d'équiper les futures missions en proposant des performances étendues.



Priorités sur les missions spatiales

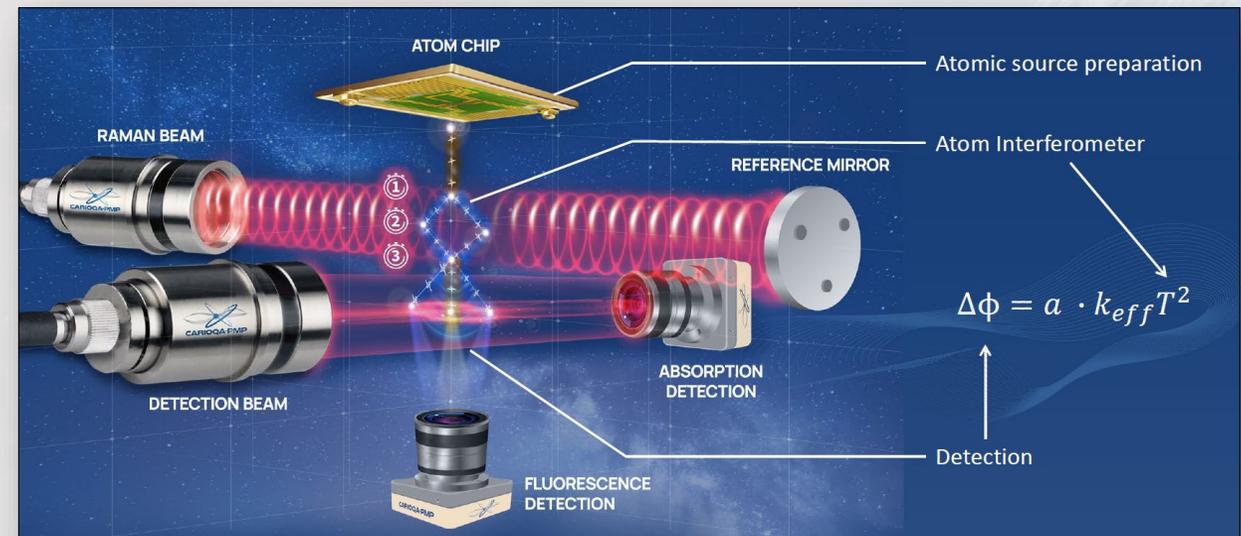
CARIOQA (Cold Atom Rubidium Interferometer in Orbit for Quantum Accelerometry)

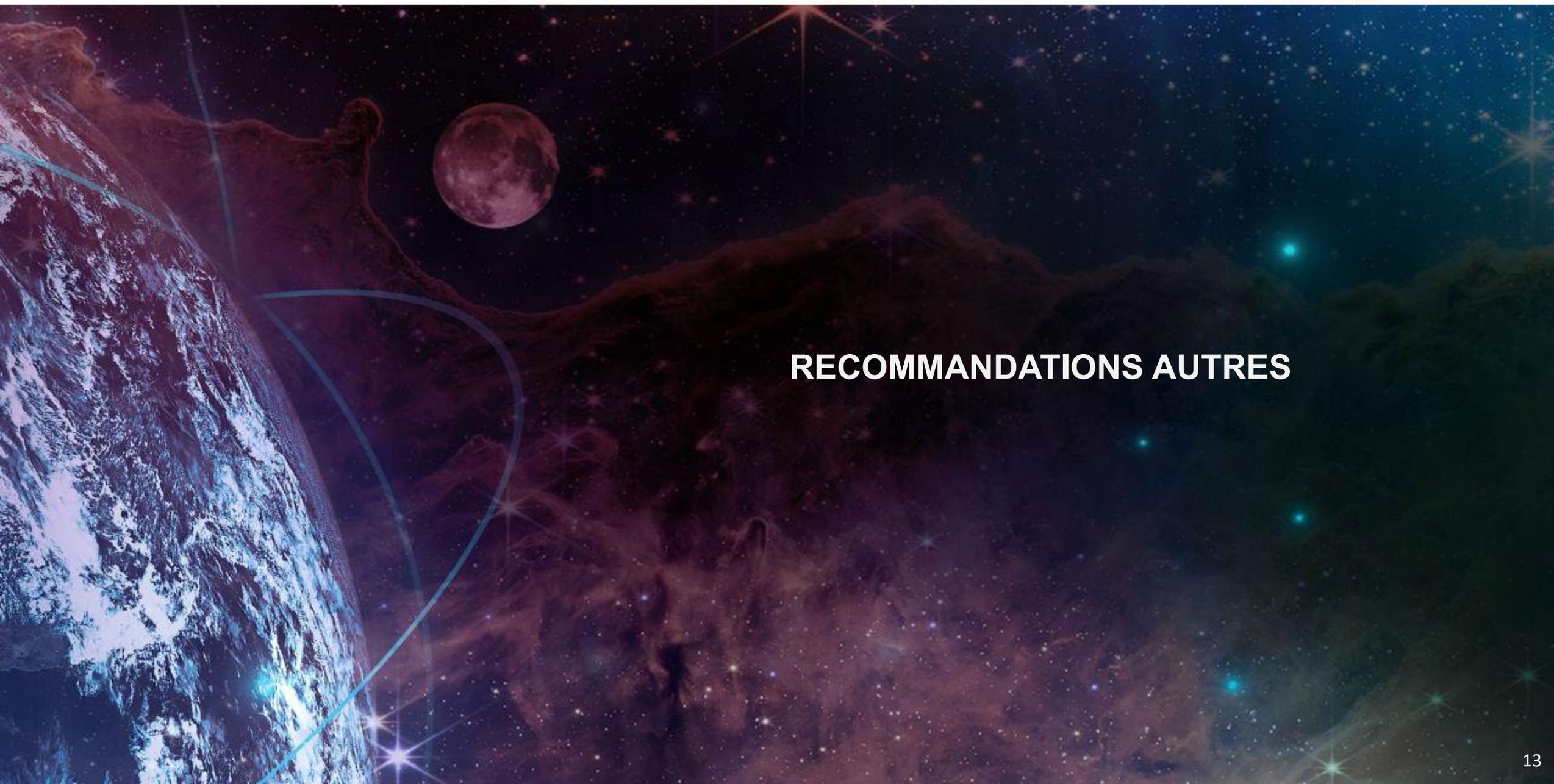
Objectifs: Mission de démonstration technologique visant à spatialiser un capteur quantique permettant de réaliser des mesures d'accélération à l'aide d'atomes froids. Nécessaire à la préparation des missions scientifiques opérationnelles post-MAGIC/NGGM.

Mesures: Permettra d'embarquer et de tester le premier accéléromètre atomique à bord d'un satellite à l'horizon 2030.

Partenaires: Cnes, DLR, Commission Européenne et consortium industriel.

Statut: Démarrage de la phase-A en janvier 2024.





RECOMMANDATIONS AUTRES

Autres recommandations

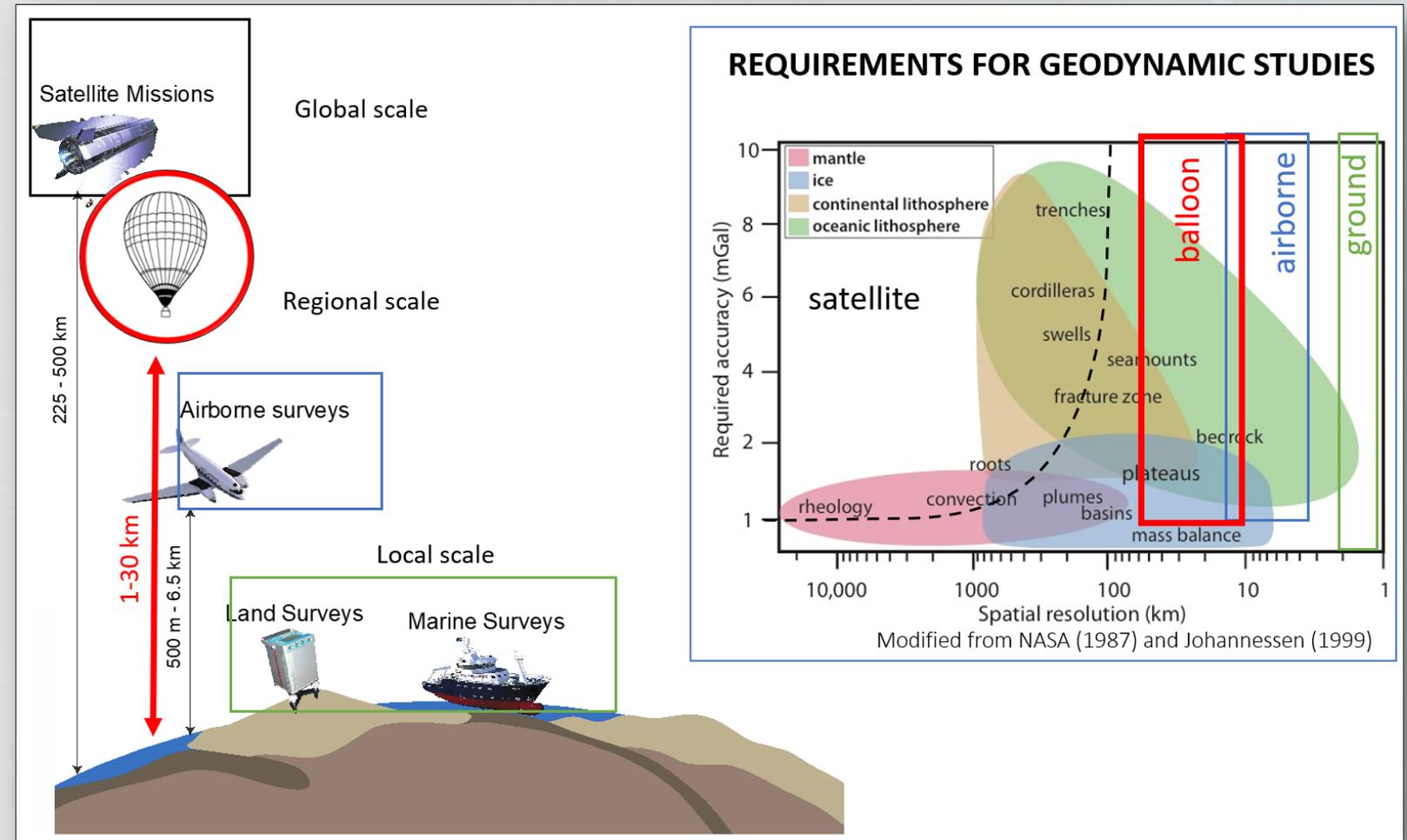
GravMagBallon

Objectifs: Projet visant à réduire les lacunes d'observations gravimétriques et magnétiques pour l'étude de la lithosphère.

Mesures: Gravimètres classique et quantique, magnétomètre. Technologie mature.

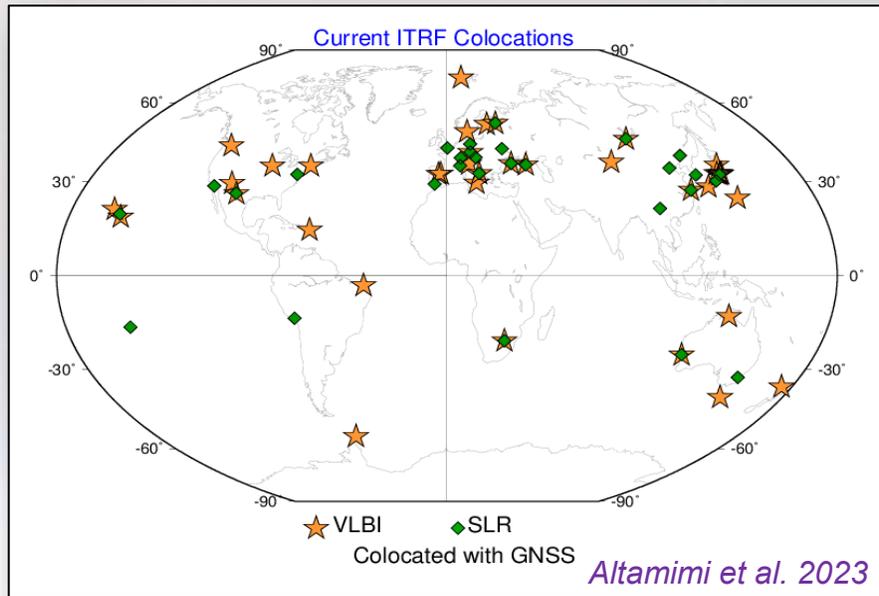
Partenaire: Cnes

Statut: Premier projet APR 2025



Autres recommandations

Observatoire Géodésique Géophysique de Polynésie française (OG²P)



Projet CNRS-CNES-Univ Polynésie Française de **co-localisation des 4 techniques de géodésie spatiale**

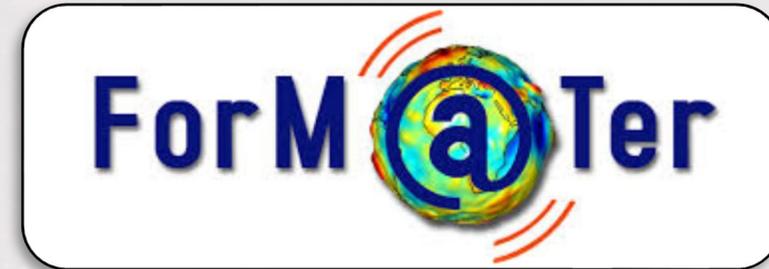
Partenariat avec la Nasa qui fournira l'antenne VLBI

Développement d'un nouvel instrument de télémétrie laser

Complémentarité avec la mission **GENESIS**

Données et simulations

- Pôle DataTerra / ForM@Ter, services

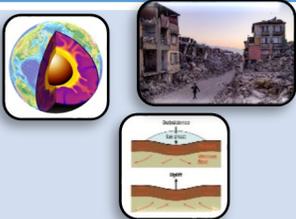
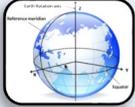
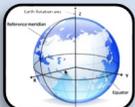
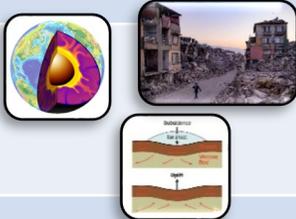


- Calcul, traitement, service, stockage, distribution
- Intelligence artificielle / augmentée
 - extraire de la connaissance à partir de données d'observation et de simulation
 - accélérer les simulations multi-physiques et multi-échelles, l'inversion et l'assimilation de données



TABLEAU DE SYNTHÈSE

Synthèses sur les priorités

Questions scientifiques	Observable	Cadre actuel de développement	Priorité	Remarques
	Champ gravimétrique	MAGIC/NGGM, mission Esa-Nasa. La phase-B2 doit être validée à l'automne 2024.	Majeure	Couvre les besoins d'une large communauté, permet une extension temporelle aux missions GRACE (-FO) avec une précision inégalée.
	Positionnement millimétrique	Observatoire Géodésique Géophysique Fondamental de Tahiti.	Majeure	Complémentaire de la mission GENESIS .
	Positionnement millimétrique	GENESIS , mission Esa FutureNAV approuvée en novembre 2022. Démarrage ABCD en 2024. Soutien DORIS .	Majeure	Soutenue par la Nasa et le comité international GNSS des Nations Unies. Lancement prévu en 2028.
	Champ magnétique et gravimétrique	GravMagBallon , mission Cnes.	Majeure	Préparation mission CARIOQA .
Démonstrateur instrumentation spatiale.	-	CARIOQA , phase- A lancée en janvier 2024, Cnes, DLR, Commission Européenne, consortium industriel.	Majeure	R&T Capteur quantique. Préparation des missions scientifiques opérationnelles post- MAGIC/NGGM . Intérêt en physique fondamentale.

