

GRASP : éclairage sur les simulations avec GINS

D. Coulot^{1,2}, A. Pollet¹, R. Biancale³,
F. Deleflie²

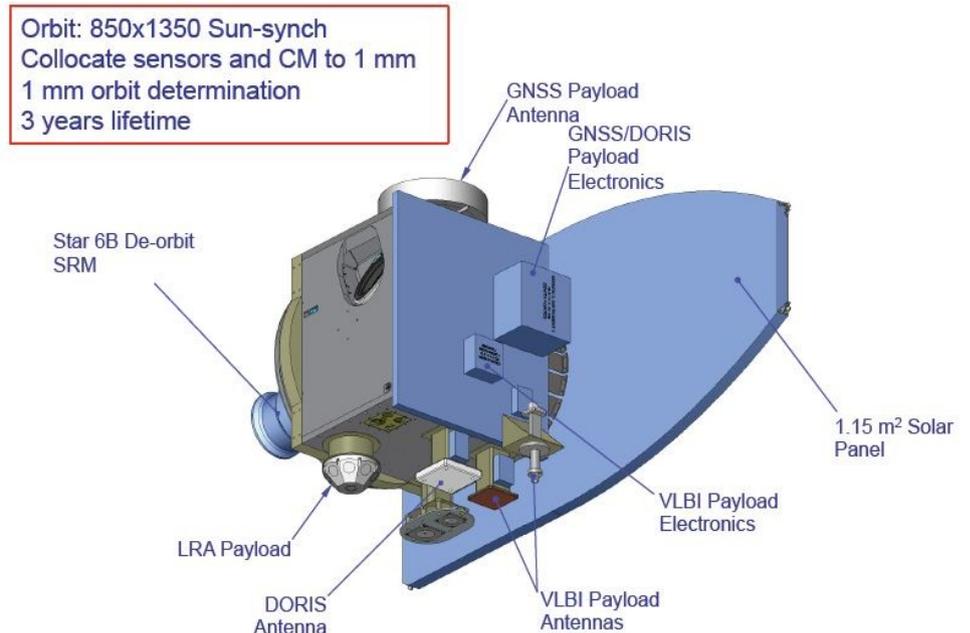
¹ GRGS/IGN/SRSIG/LAREG

² GRGS/Observatoire de Paris/IMCCE

³ GRGS/CNES/Observatoire Midi-Pyrénées/GET

Mission GRASP

- Instruments : GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO), DORIS, SLR, émetteur VLBI, horloge ultra-stable, accéléromètre, senseur d'étoiles.
- Étalonnage très précis des instruments avant le lancement.
- Connaissance très précise des points de référence (instruments et centre de masse) sur satellite.



Objectifs scientifiques

- Amélioration des références de l'IERS (ITRF, ICRF, EOP) via un rattachement spatial mobile très précis. En particulier, atteinte des objectifs d'exactitude (1 mm) et de stabilité (0.1 mm/an) fixés pour l'ITRF par la communauté des Sciences de la Terre (GGOS 2020).
- Étalonnage et inter-comparaison précis des mesures de géodésie spatiale.
- Étude de la possibilité de déterminer des repères terrestres purement spatiaux (sans rattachements locaux) et des repères spatiaux autonomes (avec des horloges connectées) ?
- Évaluation du bilan radiatif de la Terre (sur la base des données de l'accéléromètre) ?
- Nouvelle expérience de transfert de temps (par lien micro-ondes ou laser) ?
- Tests de relativité ?

Contexte

- Mission GRASP (Geodetic Reference Antenna in SPace) proposée en 2011 par le JPL à la NASA (Earth Venture-2). Elle avait à l'époque été soutenue par le CNES et l'IGN et avait été classée deuxième sur l'ensemble des propositions.
- Proposition F-GRASP faite par le GRGS en réponse à l'appel à idées du CNES en vue du SPS 2014.
- La proposition F-GRASP a eu un accueil très favorable au sein du TOSCA.
- Le JPL va faire une nouvelle proposition GRASP à la NASA au printemps 2015.
- Le GRGS (et, plus particulièrement, le Lareg) s'est engagé à faire des simulations dans le cadre de cette proposition de mission (réponse à l'AO exceptionnel du GRGS début 2014 plus soumission d'une proposition de recherche scientifique spatiale au CNES pour 2015).

Simulations : pourquoi ?

- Quelle orbite ?
- Quelle durée pour la mission ?
- Quelle est la qualité requise pour la connaissance de la position des points de référence des instruments par rapport au centre de masse du satellite ?
- Quelle est la qualité requise pour la connaissance de la position du centre de masse du satellite (qualité des orbites) ?
- Démonstration de la possibilité d'atteindre les objectifs de la mission.

Simulations : comment ?

- **Étape 1.** Obtention d'un jeu de configurations orbitales respectant différentes contraintes : visibilité depuis le sol et l'espace (antenne GNSS), visibilité simultanée depuis un grand nombre de stations au sol (VLBI), objectifs secondaires (bilan radiatif), environnement spatial (radiations), limitations instrumentales, etc.
- **Étape 2.** Obtenir la configuration orbitale optimale, le niveau de qualité requis pour l'étalonnage des instruments et l'orbite ainsi que la durée de la mission par rapport à un objectif d'exactitude et de stabilité d'ensemble de 1 mm et 0.1 mm/an pour un repère terrestre uniquement basé sur les données de la mission GRASP.
- **Étape 3.** Idem que l'étape 2 mais en réponse aux questions suivantes : est-il possible d'obtenir un repère terrestre à 1 mm et 0.1 mm/an avec l'ensemble des données spatiales (GRASP compris) et sur une longue période de temps (plus longue que la durée de la mission) et, si tel est le cas, quelle est cette période de temps ?

Simulations : étape 1

- Utilisation couplée de deux outils : propagateur d'orbites (analytique ou numérique) et algorithme génétique (AG) multi-objectifs.
- Méthode déjà éprouvée pour déterminer les conditions initiales du mouvement d'objets célestes (coll. IMCCE/IGN/CNES, finalisation d'un article en cours pour soumission à *Advances in Space Research*).
- Principe : l'AG fournit un jeu d'éléments képlériens possibles utilisés par le propagateur pour générer une orbite et cette orbite permet de calculer la valeur des contraintes à vérifier (visibilité, etc.). Au fil des itérations, l'AG ne va garder que les meilleures solutions (les meilleures configurations) → jeu de configurations orbitales possibles pour l'étape 2.
- Question encore ouverte : quel propagateur (GINS ou ?) ?

Simulations GINS : étape 2

- Pour chaque configuration orbitale issue de l'étape 1, des orbites et des mesures de référence seront calculées avec des modèles et des références (repères et EOP) « dernier cri ».
- Bruits et erreurs systématiques réalistes seront introduits dans les mesures.
- Mesures + modèles et références « dégradés » de façon réaliste + erreurs introduites au niveau des positions des points de référence des instruments → restitution des orbites et des produits géodésiques et comparaison aux orbites de référence et aux produits de référence utilisés pour calculer les mesures → démonstration + quantification de la qualité nécessaire pour l'étalonnage des instruments.
- Pour prendre en compte les mesures de l'accéléromètre, les mêmes modèles de forces de contact seront utilisés pour le calcul des orbites de référence et la restitution à partir des mesures simulées (avec éventuellement la simulation d'une dérive).
- Ce type de simulations peut déjà être fait sur Jason-2 (sans le VLBI par contre) → travaux de thèse de M. Zoulida.

Simulations GINS : étape 3

- Combinaison des produits issus des restitutions à partir des mesures simulées pour GRASP avec les produits issus des autres techniques (type ITRF, utilisation de CATREF, p. ex.).
- Combinaison des mesures simulées pour GRASP avec les mesures des autres techniques (type COL).
- Objectif : voir si ces combinaisons peuvent permettre l'obtention d'un repère terrestre à 1 mm et 0.1 mm/an et sur quelle période de temps.
- Remarque importante : pas d'utilisation de rattachements locaux pour les étapes 2 et 3 (si possible).

Remarques

- Nécessité de simuler l'ensemble des mesures des techniques pour l'étape 3 → lourd en temps de calcul ?
- Test envisagé de deux modes de positionnement possibles pour le VLBI : PPP et par interférométrie.
- Il est impératif de disposer de la fonction de mesure « VLBI satellitaire » dans GINS.

- Été 2014 : étape 1.
- Automne 2014 - hiver 2015 : étape 2.
- Hiver 2015 (voire au-delà) : étape 3.
- Plus tard : repères spatiaux autonomes + tests de relativité ?
- Remarque : atelier GRGS GRASP à l'automne 2014 ?