

The logo for IGN (Institut National de l'Information Géographique et Forestière) features the letters 'IGN' in a bold, sans-serif font. A green leaf is integrated into the letter 'I'.

INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

GEODESIE

*GE*Odetic *Data* assimilation and *E*Stimation of references for climate change *Inv*Estigation



Une année de GEODESIE

David Coulot

The logo for Université Sorbonne Paris Cité (USPC) features the letters 'USPC' in a bold, sans-serif font. The 'S' is larger and positioned between the 'U' and 'PC'.

Université Sorbonne
Paris Cité



GEODESIE



université
PARIS
DIDEROT
PARIS 7



PLAN

- ÉQUIPE PROJET
- OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES
- GRANDES ÉTAPES DU PROJET
- QUELQUES FAITS MARQUANTS DE LA PREMIÈRE ANNÉE

ÉQUIPE PROJET

IGN

INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

ENSG
Géomatique

ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

université
**PARIS
DIDEROT**
PARIS 7



LAREG
LABORATOIRE DE RECHERCHE
EN GÉODESIE



RESEARCH UNIVERSITY PARIS



Systèmes de Référence Temps-Espace

SYRTE



Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides

imce



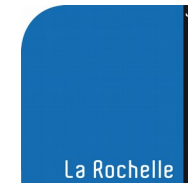
GÉOSCIENCES
ENVIRONNEMENT
TOULOUSE



CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES



LEGOS



La Rochelle



LIENSs
UMR 7266

ÉQUIPE PROJET (1/1)

IGN

INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

B. Garayt

Renforts IGN

C. Guillerau-Zahra,
M.-C. Foubert, V. Quedeville,
P. Bouron, D. Correia,
T. Sandri (jusque août 2018)



D. Coulot, L. Métivier, S. Nahmani,
A. Pollet, P. Rebuschung, V. Schott-Guilmault*

ENSG
Géomatique

X. Collilieux, F. Tertre

ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

* Double affiliation CNES/IGN



GÉOSCIENCES
ENVIRONNEMENT
TOULOUSE



R. Biancale, J. Laurent-Varin, J.-M. Lemoine,
J.-C. Marty, F. Mercier, F. Perosanz,
F. Reinquin



Systèmes de Référence Temps-Espace



C. Bizouard, P. Bonnefond, S. Bouquillon,
S. Lambert, J.-Y. Richard

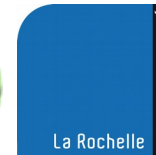


Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides

F. Deleflie



B. Meyssignac



G. Wöppelmann

24 personnes – six établissements/laboratoires

OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES

OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES (1/2)

■ OBJECTIFS

- **Démontrer** toutes les **possibilités** offertes par les **combinaisons directes d'observations** de géodésie spatiale **pour** déterminer les **références** requises pour répondre aux **enjeux en observation et surveillance du système Terre**. **Assimilation**, avec une méthode spécifique, de toutes les **données** spatiales disponibles depuis l'avènement de la **géodésie spatiale** pour les cinq techniques (**DORIS, GNSS, LLR, SLR et VLBI**), prenant en compte **tous les liens possibles entre ces techniques**, et fournissant **simultanément** l'ensemble des **références**.

OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES (1/2)

■ OBJECTIFS

- **Démontrer** toutes les **possibilités** offertes par les **combinaisons directes d'observations** de géodésie spatiale **pour** déterminer les **références** requises pour répondre aux **enjeux en observation et surveillance du système Terre**. **Assimilation**, avec une méthode spécifique, de toutes les **données** spatiales disponibles depuis l'avènement de la **géodésie spatiale** pour les cinq techniques (**DORIS, GNSS, LLR, SLR et VLBI**), prenant en compte **tous les liens possibles entre ces techniques**, et fournissant **simultanément** l'ensemble des **références**.
- **Fournir des références de grande qualité** aux communautés de recherche en **géophysique, océanographie, climat, astronomie et géodésie**.

OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES (1/2)

■ OBJECTIFS

- **Démontrer** toutes les **possibilités** offertes par les **combinaisons directes d'observations** de géodésie spatiale **pour** déterminer les **références** requises pour répondre aux **enjeux en observation et surveillance du système Terre**. **Assimilation**, avec une méthode spécifique, de toutes les **données** spatiales disponibles depuis l'avènement de la **géodésie spatiale** pour les cinq techniques (**DORIS, GNSS, LLR, SLR et VLBI**), prenant en compte **tous les liens possibles entre ces techniques**, et fournissant **simultanément** l'ensemble des **références**.
- **Fournir** des **références de grande qualité** aux communautés de recherche en **géophysique, océanographie, climat, astronomie et géodésie**.
- **Fournir** de même des **séries temporelles de niveaux des mers** calculées, à partir des mesures d'**altimétrie satellitaire** et des enregistrements des **marégraphes**, avec ces références.

OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES (1/2)

■ OBJECTIFS

- **Démontrer** toutes les **possibilités** offertes par les **combinaisons directes d'observations** de géodésie spatiale **pour** déterminer les **références** requises pour répondre aux **enjeux en observation et surveillance du système Terre**. **Assimilation**, avec une méthode spécifique, de toutes les **données** spatiales disponibles depuis l'avènement de la **géodésie spatiale** pour les cinq techniques (**DORIS, GNSS, LLR, SLR et VLBI**), prenant en compte **tous les liens possibles entre ces techniques**, et fournissant **simultanément** l'ensemble des **références**.
- **Fournir des références de grande qualité** aux communautés de recherche en **géophysique, océanographie, climat, astronomie et géodésie**.
- **Fournir** de même des **séries temporelles de niveaux des mers** calculées, à partir des mesures d'**altimétrie satellitaire** et des enregistrements des **marégraphes**, avec ces références.
- Renforcer la position de l'équipe projet et, par extension, du **GRGS** comme **expert mondial sur les combinaisons/assimilations de données spatiales**.

OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES (1/2)

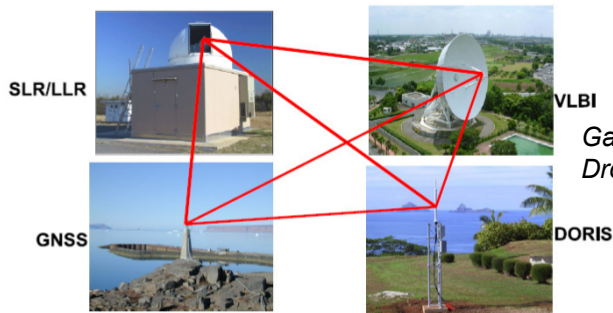
■ OBJECTIFS

- **Démontrer** toutes les **possibilités** offertes par les **combinaisons directes d'observations** de géodésie spatiale **pour** déterminer les **références** requises pour répondre aux **enjeux en observation et surveillance du système Terre**. **Assimilation**, avec une méthode spécifique, de toutes les **données** spatiales disponibles depuis l'avènement de la **géodésie spatiale** pour les cinq techniques (**DORIS, GNSS, LLR, SLR et VLBI**), prenant en compte **tous les liens possibles entre ces techniques**, et fournissant **simultanément** l'ensemble des **références**.
- **Fournir des références de grande qualité** aux communautés de recherche en **géophysique, océanographie, climat, astronomie et géodésie**.
- **Fournir** de même des **séries temporelles de niveaux des mers** calculées, à partir des mesures d'**altimétrie satellitaire** et des enregistrements des **marégraphes**, avec ces références.
- Renforcer la position de l'équipe projet et, par extension, du **GRGS** comme **expert mondial sur les combinaisons/assimilations de données** spatiales.
- **Préparer la possible arrivée** dans un futur proche de **satellites de type GRASP**.

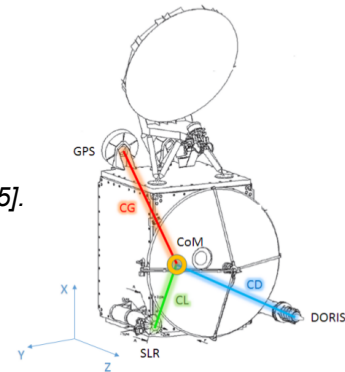
OBJECTIFS ET VERROUS SCIENTIFIQUES (2/2)

■ VERROUS (TELS QUE PRÉSENTÉS DANS LA PROPOSITION DE 2016)

- **Données spatiales.** Toutes les données spatiales depuis le lancement de Beacon Explorer-B (1964) jusqu'à fin 2016. Modèles et standards nécessaires sur toute la période.
- **Liens entre les techniques et définition des repères.** Utilisation des rattachements spatiaux (satellites dits « multi-techniques »). Utilisation directe des données des rattachements locaux au sol. Utilisation des nouveaux types de mesures VLBI/GNSS. Possible contribution des GNSS à la définition des repères terrestres.
- **Assimilation de données.** Quelle méthode ? Quel modèle stochastique ? Quelle pondération des données ?
- **Évaluation des références.** Validation des choix techniques et scientifiques par simulations. Évaluation des références avec des données et modèles exogènes.



*Gauche : rattachement local [Altamimi, comm. pers., 2016].
Droite : rattachement spatial sur Jason-2 [Zoulida et al., 2015].*

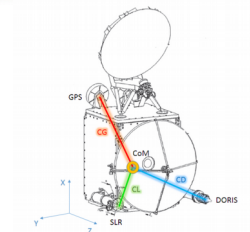
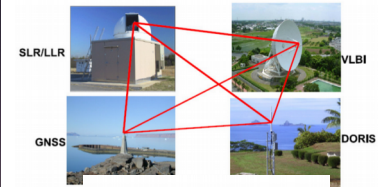


GRANDES ÉTAPES DU PROJET

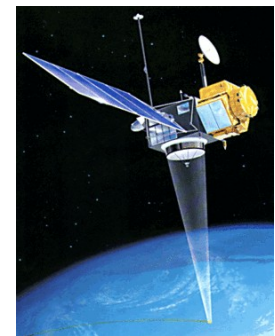
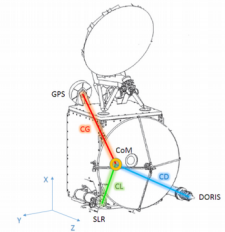
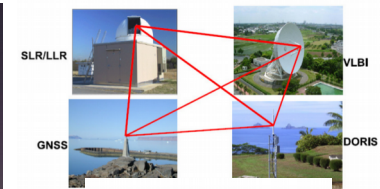
Données utilisées

Phases du projet

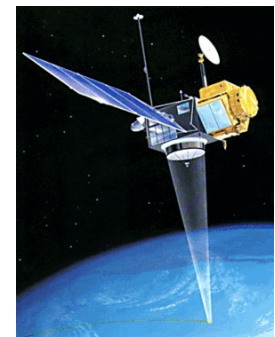
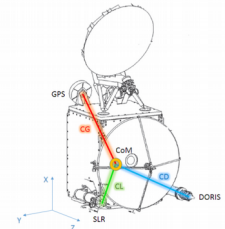
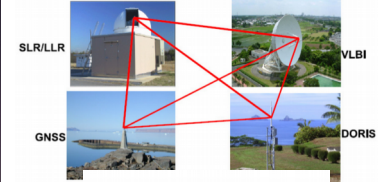
GRANDES ÉTAPES DU PROJET (1/3) - DONNÉES



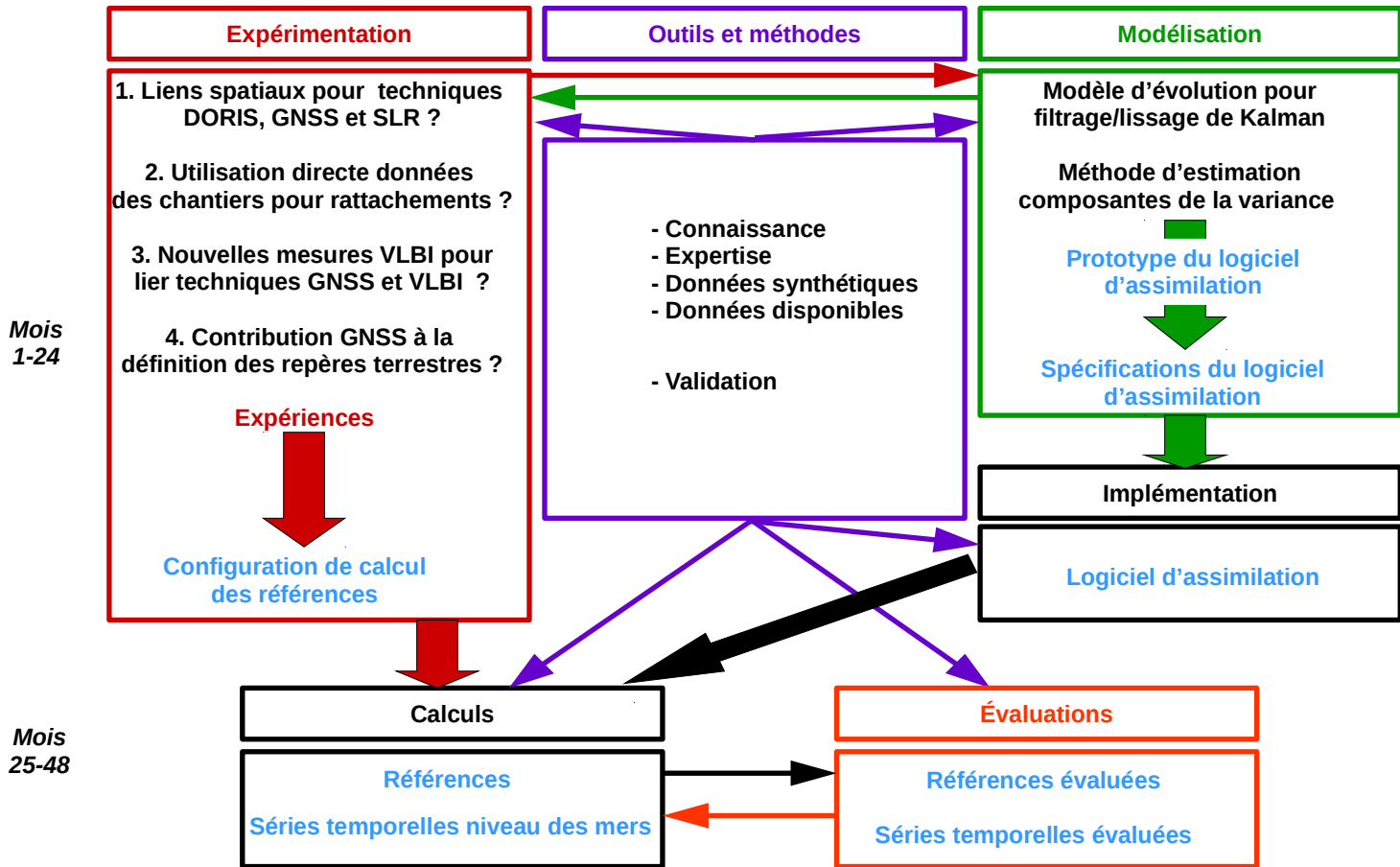
GRANDES ÉTAPES DU PROJET (1/3) - DONNÉES



GRANDES ÉTAPES DU PROJET (1/3) - DONNÉES

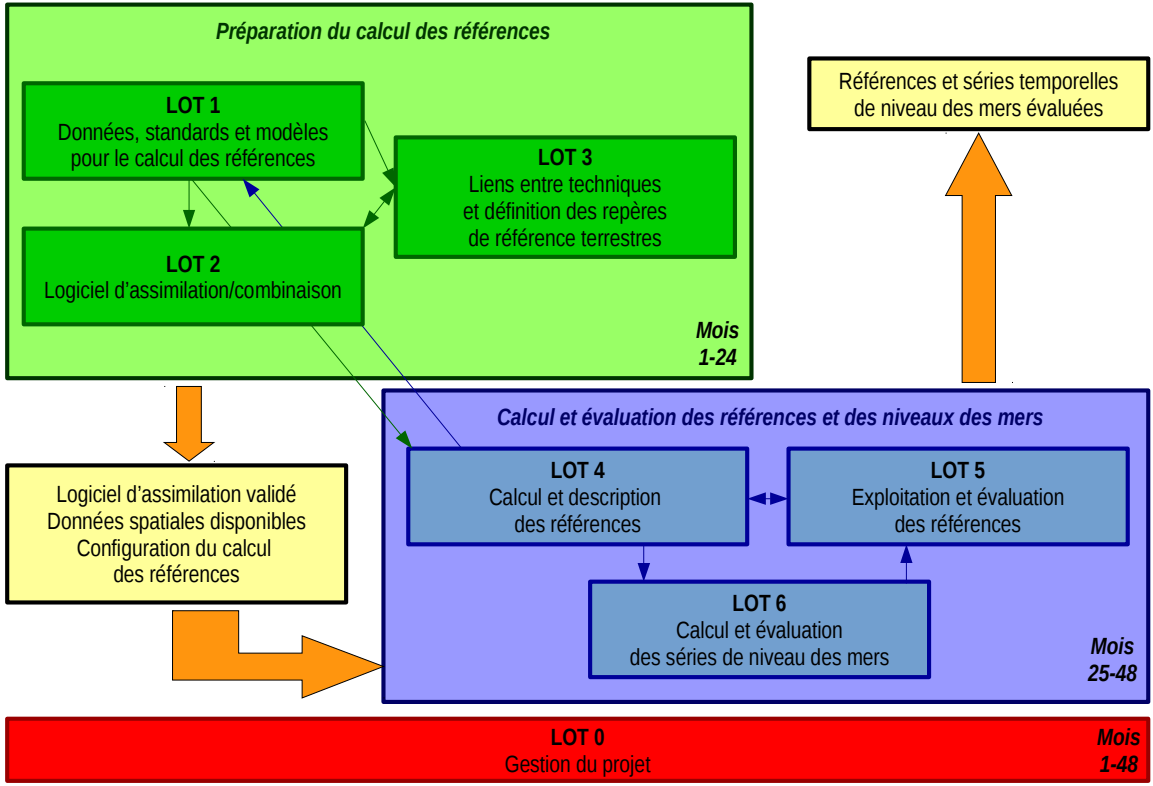


GRANDES ÉTAPES DU PROJET (2/3) – VUE GLOBALE



- + Deux grandes phases de deux ans chacune.
- + Première phase : préparation du calcul des références (logiciels, méthodes, configuration de calcul optimale).
- + Deuxième phase : calcul et évaluation des références ; calcul et évaluation des séries de niveaux des mers.

GRANDES ÉTAPES DU PROJET (3/3) – DÉROULEMENT



- + Projet financé dans l'instrument JCJC de l'ANR → un seul établissement partenaire (IGN).
- + Aide de l'ANR sur 4 ans : moyens de calcul et d'archivage, frais pour missions de collaboration et de diffusion des résultats, frais de publication, deux ans de post-doctorat (seconde moitié du projet).
- + Projet construit comme le premier d'une série.



QUELQUES FAITS MARQUANTS DE LA PREMIÈRE ANNÉE

Communications autour du projet

Démarrage des travaux de thèse autour de la technique VLBI

Logiciel et modèle d'évolution

Simulations pour un satellite de type GRASP

QUELQUES FAITS MARQUANTS (1/7)

■ LOT 0 : COMMUNICATIONS AUTOUR DU PROJET (1/2)



Compte Twitter (depuis mars 2017)
[@GEODESIE_ANR](https://twitter.com/GEODESIE_ANR)

Mail de contact : geodesie.anr@ign.fr

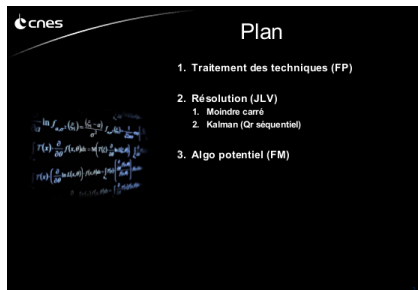


Site Internet (depuis octobre 2017)
geodesie-anr@ign.fr

Liste de diffusion d'informations
d'une cinquantaine de personnes

QUELQUES FAITS MARQUANTS (2/7)

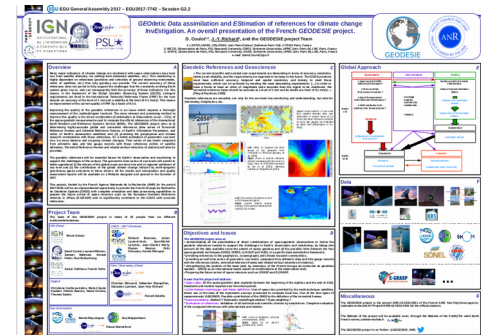
LOT 0 : COMMUNICATIONS AUTOUR DU PROJET (2/2)



Lancement le 9 mars 2017



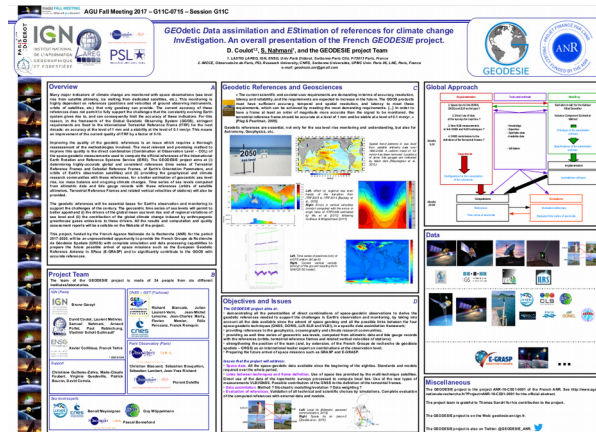
Journées Recherche IGN mars 2017



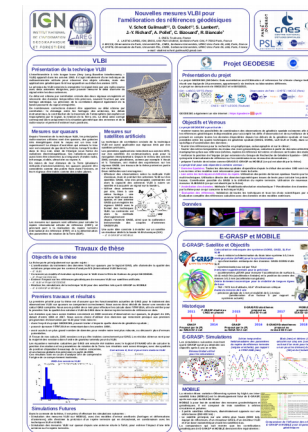
Assemblée générale EGU avril 2017



Article revue XYZ n° 152



Fall Meeting AGU décembre 2017



Journées Recherche IGN mars 2018

D'autres ressources seront disponibles sur le site Internet (après publications).

QUELQUES FAITS MARQUANTS (3/7)

■ LOT 1 : DÉMARRAGE THÈSE V. SCHOTT GUILMAULT (1/2)

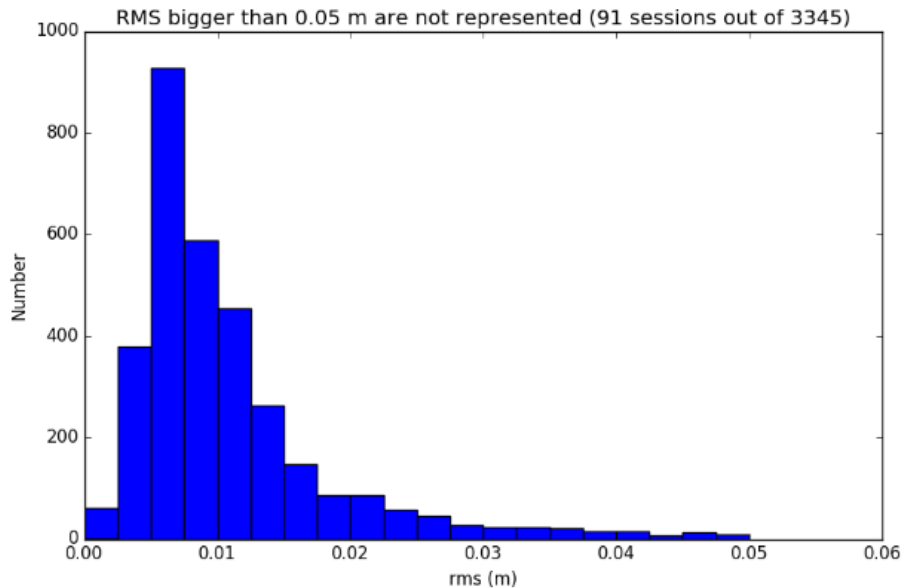
- Thèse en co-financement CNES/IGN. Démarrage fin novembre 2017 (soit 9 mois après le démarrage du projet). Co-direction SYRTE/LAREG. HdR DC prévue en 2019.
- Travaux sur la contribution des mesures VLBI à l'amélioration des références géodésiques, complètement inscrits dans GEODESIE.
- **Quatre objectifs principaux** (ordre de priorité) :
 - Amener les chaînes GINS/LOCOMOTIV et GINS/LOCOMOTIV-KFS à maturité pour (i) atteindre le niveau de qualité des centres d'analyse de l'IVS et (ii) permettre le traitement des données d'un maximum de sessions VLBI depuis 1980 (lot 1).
 - Quantifier l'apport des mesures VLBI/GNSS aux références géodésiques, sur la base de vraies mesures et de mesures synthétiques (lot 3). Si besoin, mettre à jour le modèle d'évolution de LOCOMOTIV-KFS (lot 2).
 - Étudier l'estimation d'EOP à très haute fréquence par filtrage (cf. présentation sur les expériences à suivre) (lot 2).
 - Préparer l'arrivée possible de missions de type GRASP pour la technique VLBI (simulations pour MOBILE) (lot 3).

QUELQUES FAITS MARQUANTS (4/7)

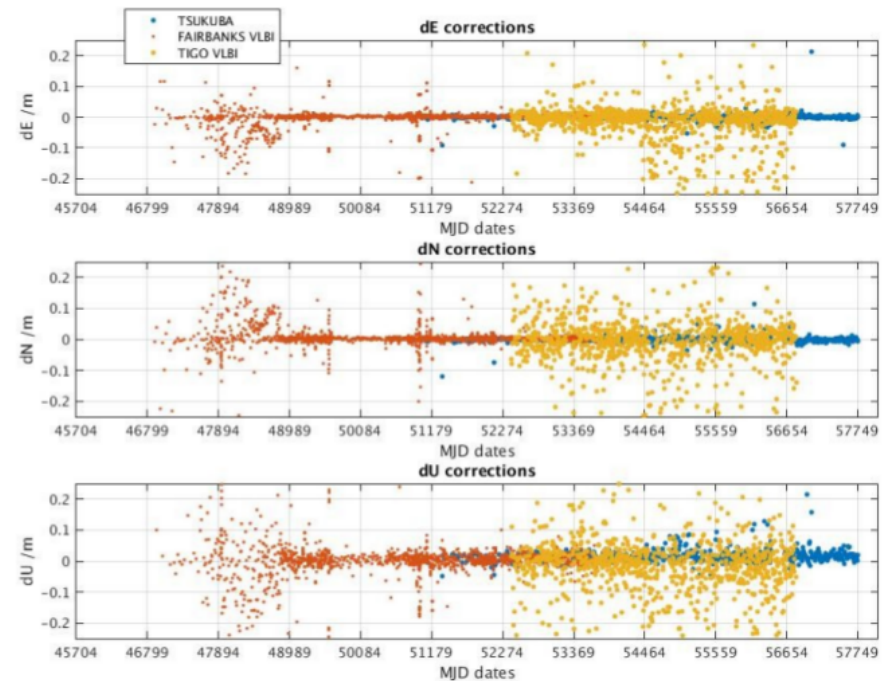
■ LOT 1 : DÉMARRAGE THÈSE V. SCHOTT GUILMAULT (2/2)

- Premiers traitements effectués pour 3345 sessions VLBI sur la période 1984-2017.
- Figures extraites du poster de Vladimir aux journées de la Recherche de l'IGN 2018.

RMS des sessions VLBI



Corrections E, N et U pour trois stations VLBI



QUELQUES FAITS MARQUANTS (5/7)

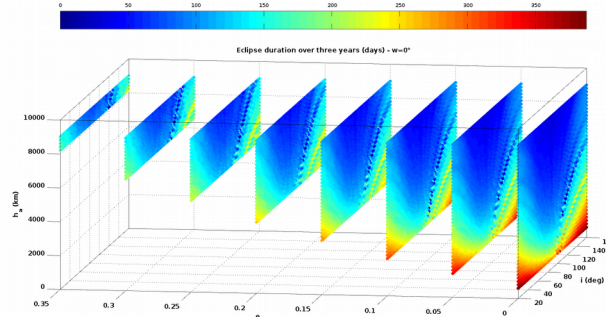
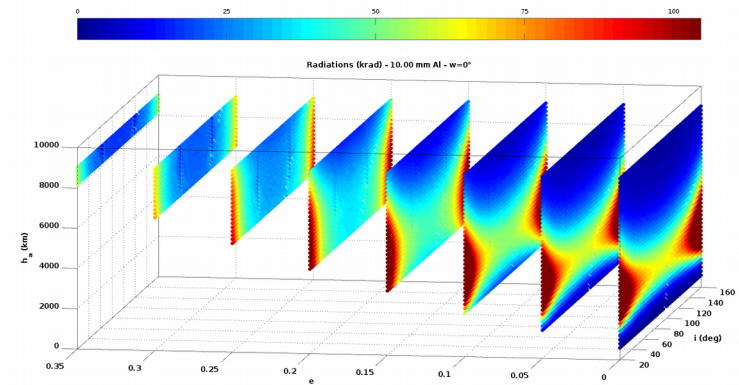
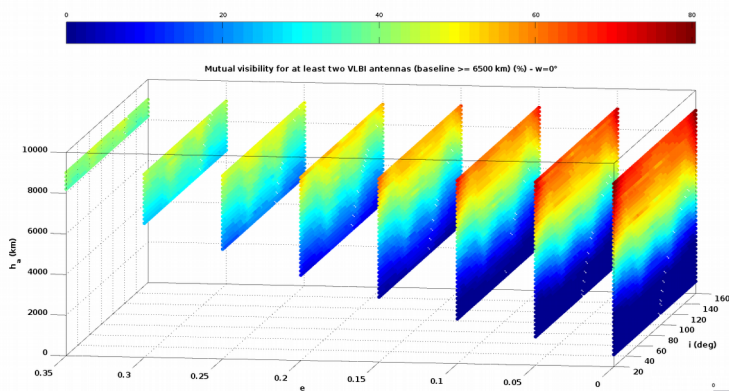
■ LOT 2 : LOGICIEL ET MODÈLE D'ÉVOLUTION

- Aujourd'hui, nous disposons d'un prototype du logiciel d'assimilation (en Python et C++) qui comporte différentes implémentations d'un filtrage de Kalman (cf. présentation dédiée cet après-midi). Ce prototype a permis de faire de premières expériences sur des données synthétiques SLR (cf. présentation à suivre ce matin).
- Le logiciel du projet est en cours de finalisation et il sera mis à disposition de l'équipe du projet (avec un manuel utilisateur) en mai.
- Nous disposons également d'une étude bibliographique poussée sur le modèle d'évolution (cf. présentations de ce matin et de cet après-midi) qui a permis de faire émerger des questions/expériences.
- Les expériences vont être menées à bien cette année pour nous permettre de déterminer le modèle d'évolution le plus adéquat pour le calcul de nos références.
- Il en va de même pour le lot 3 (liens entre techniques et contributions des techniques à la définition des repères terrestres).
- Merci à T. Sandri pour sa contribution au projet !

QUELQUES FAITS MARQUANTS (6/7)

■ LOT 3 : SIMULATIONS E-GRASP (1/2)

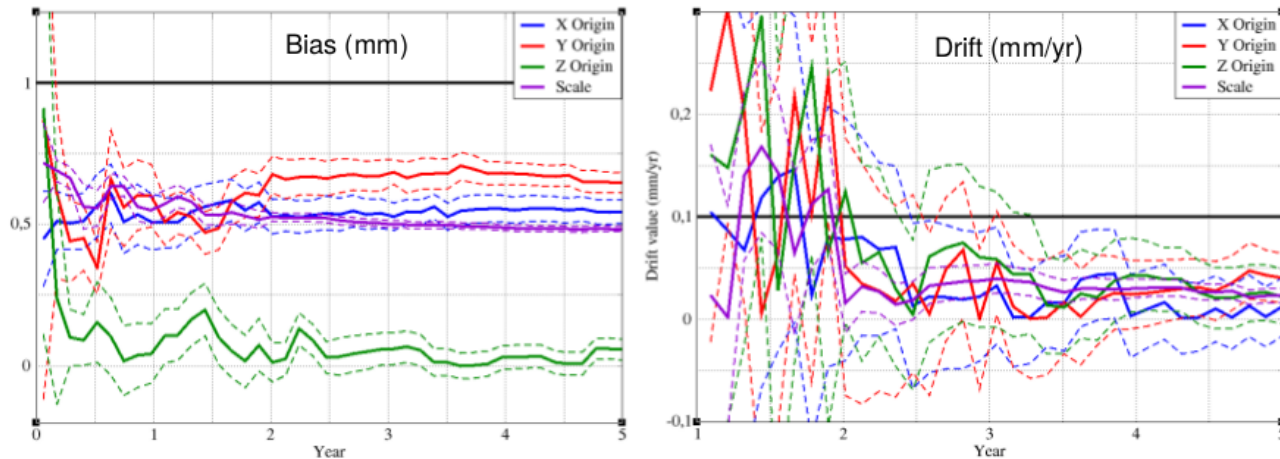
- L'un des objectifs du projet est de préparer l'arrivée de satellites de type GRASP. Cette année, nous avons mené de nouveaux travaux (appel à missions EE-9) qui rentrent dans le champ du lot 3 du projet GEODESIE et qui sont également soutenus par le CNES.
- **Quelle orbite pour un tel satellite ?** Calculs en cours pour publications à venir des deux approches que nous avons développées. Mise à niveau pour des constellations.



QUELQUES FAITS MARQUANTS (7/7)

■ LOT 3 : SIMULATIONS E-GRASP (2/2)

- **Quel apport du lien entre techniques ?** Sur la base de cinq ans de mesures synthétiques, nous avons montré la possibilité de déterminer un repère terrestre atteignant les objectifs fixés par GGOS pour les paramètres globaux sur la base des seules données d'E-GRASP. La combinaison des données d'E-GRASP avec les données "classiques" améliore également significativement l'homogénéité des repères terrestres.



Figures extraites de la présentation d'A. Pollet à l'AGU 2017.

- *Simulations encourageantes qui ont guidé certains choix faits dans le projet (lot 3) : ambiguïtés bloquées pour les LEO et attention particulière portée aux cartes d'antennes (cf. présentation cet après-midi).*
- Calculs en cours (bruits plus "réalistes" sur les mesures) pour publications.

QUESTIONS

QUESTIONS ?



GEODESIE

