

Amélioration des techniques GNSS pour le positionnement précis

Laurent Lestarquit

Etat des lieux

- 2 techniques de positionnement précis :
- PPP GNSS :
 - principe : ajustage des mesures de porteuse par rapport aux mesures de code (ambiguïté flottante)
 - Précision : 1-2 cm
- i-PPP GNSS :
 - Principe : fixation des ambiguïté de phase de porteuse
 - Précision : 5mm – 1 cm
- La précision dépend :
 - De la qualité de la mesure GNSS (multitrajets, bruit thermique, sauts de cycles)
 - De la qualité de modélisation (orbite-synchro des GNSS, antennes, propagation, effets de charge)

Axes d'améliorations pour le PPP / i-PPP par GNSS

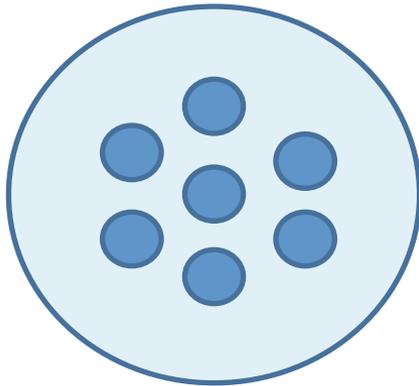
- Améliorer la qualité de la mesure GNSS au niveau du système de réception :
 - Réduire les bruits de mesure et erreurs multi-trajet, sur les mesures de code et phase de porteuse
 - Réduire le taux d'occurrence de saut de cycle de porteuse en présence de scintillation ionosphérique
- Observer les GNSS avec une antenne grand gain pour améliorer leur modélisation :
 - Mesure des biais satellites (WSB), le WSB est nécessaire au levé d'ambiguïté
 - Estimation du mouvement en lacet du satellite GNSS qui est mal modélisé lors des phases d'éclipse

Amélioration au niveau de l'antenne

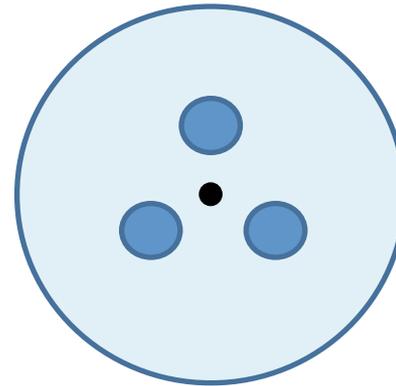
- Antenne récepteur GNSS : gain faible (couverture omnidirectionnelle), petite taille (10-20 cm)
- Antenne VLBI : qqes dizaines de mètres, fort gain, très directive (absence de multitrajets)
- Idée : augmenter le gain des antennes GNSS de géodésie et chercher à limiter les multitrajets.

Antenne multi-élément

- N éléments fixés sur plan de masse : le gain d'antenne est multiplié par N : réduction du bruit de mesure
- Les erreurs multi-trajets sont filtrés
- Exemples possibles :



Antenne à 7 éléments. Le point de référence est l'élément du centre



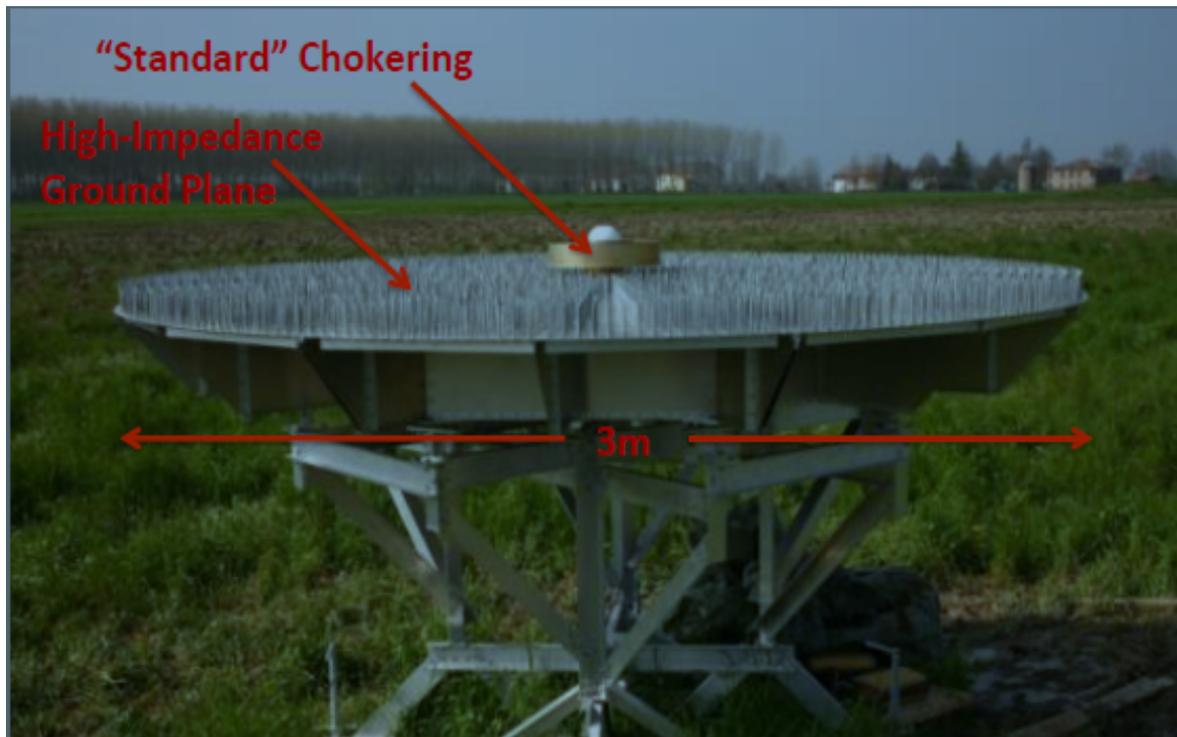
Antenne à 3 éléments. Le point de référence est le point noir

Adaptation au niveau du récepteur GNSS

- **Méthode n°1** : un récepteur GNSS connecté à chaque élément d'antenne (avec une horloge commune), puis moyennage des observables (après correction pour les ramener au « point de référence »)
 - Simple, pas de modification requise au niveau récepteur. Peut être testé au niveau du GRGS ou proposition R&T CNES ?
- **Méthode n°2** : formation de faisceaux au niveau du récepteur GNSS
 - Nécessite de faire développer le traitement du signal approprié : proposer une action de R&T au CNES et la faire suivre par les spécialistes du traitement du signal GNSS.

Expérimentation existante : antenne sur plan absorbant

- Antenne expérimentale « BigAnt » présentée par G. Mader, A. Bilich(NGS) et D. Tatarnikov (Topcon) à l'IGS workshop 2014.



- Intérêt : limitation des erreurs multitrajets démontrée

Récepteur insensible aux sauts de cycles

- Récepteur de géodésie : dynamique nulle
 - Possibilité de prédire les observables et leur évolution (en particulier l'évolution du Doppler à court terme)
 - Idée : se passer de boucle de porteuse en générant une porteuse « à priori » et en mesurant les écarts avec le signal réel
 - Technique testée avec succès en réflectométrie GNSS (mesure des écart entre voies directes et réfléchies)
 - Robuste (décrochage impossible)
 - Saut de cycles détectables
- Nécessite de modifier le TS du récepteur
- action de R&T à proposer au CNES

Mesure de GNSS avec antenne grand gain (AGG)

- Avantage : très faible bruit de mesure de code
- Inconvénient : on ne peut mesurer qu'un seul GNSS à la fois (généralement)
- Antennes possibles :
 - Antenne VLBI d'ONSALA compatible des fréquences GNSS (contacts pris)
 - Futur observatoire des signaux GNSS du CNES (RF/SR) : parabole de 3m, calibrée

Support du service «Système et Equipement de Radionavigation » du CNES souhaitable

Mesure de WSB

- Actuellement : WSB modélisé constant sur 1 jour
- Mesure avec AGG : permet de vérifier cette hypothèse

$$WSB = 1/\lambda \downarrow WL (\Delta h - \Delta h \downarrow p - \lambda \downarrow 2 / \lambda \downarrow 1 (\Delta \tau + \Delta \tau \downarrow p)) \uparrow sat$$

Horloge iono-free
de code

Horloge iono-free
de porteuse

Combinaison de
biais inter-fréquence
de code et de
porteuse

Recommandation : utiliser une ou plusieurs AGG pour vérifier l'hypothèse de stabilité du WSB sur une journée

Mesure du lacet satellite (Wind-up)

- Différence des observables iono-free code et porteuse :

$$IF(\lambda \downarrow 1 \ L \downarrow 1, \lambda \downarrow 2 \ L \downarrow 2) - IF(P \downarrow 1, P \downarrow 2) = (\Delta h - \Delta h \downarrow p) + \lambda \downarrow NL (W + N \downarrow NL / 2) - \lambda \downarrow WL \ N \downarrow WL / 2$$

- Horloge iono-free de porteuse et Wind-up ne peuvent pas être séparés.
- Mais une variation anormale de la combinaison ci-dessus serait révélatrice d'une erreur de modélisation du lacet du satellite

Recommandation : utiliser une AGG pour vérifier la modélisation du lacet du satellite lors des éclipses.

Synthèse des recommandations

- 1) Proposer des actions de R&T pour améliorer les techniques de réception GNSS :
 - Antenne multi-élément avec gain amélioré
 - Formation de faisceau au niveau du récepteur
 - Récepteur géodésique robuste aux sauts de cycles

- 2) Utiliser une antenne Grand Gain pour vérifier, au niveau satellite, les modélisations suivantes :
 - constance des WSB au cours d'une journée
 - angle de lacet lors des éclipses