

Avis de soutenance de thèse

Paulo de Oliveira, doctorant CIFRE de l'entreprise **Geodata Diffusion (Hexagon Geosystems)**, du laboratoire **GeF** (Géomatique & Foncier) et du **PPGCC** (*Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas*), présentera ses travaux de recherche en vue de l'obtention du titre de docteur du **Cnam** (Conservatoire National des Arts et Métiers) et de **Unesp** (l'Université de Sao Paulo), à l'occasion d'une soutenance publique qui aura lieu le :

05 septembre 2017 à 14 heures
à l'Université du Mans
(maison de l'université, salle des conseils)

Son exposé s'intitule :

Définition et Mise en Œuvre d'un Nouveau Service de Positionnement Précis par GNSS

Le PPP (*Precise Point Positioning*) est une méthode de positionnement par GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), basée sur le concept SSR (*State Space Representation*), de précision centimétrique. Le PPP en temps réel (RT-PPP) est possible grâce à la disponibilité des produits précis, pour les orbites et horloges, fournis par l'IGS (*International GNSS Service*), ainsi que par ses centres d'analyse, tels que le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Un des défis restants sur le RT-PPP est la mitigation des effets atmosphériques (troposphère et ionosphère) sur les signaux GNSS. Grâce aux améliorations récentes des modèles atmosphériques, le RT-PPP peut être amélioré, ce qui permet une précision et un temps d'initialisation au niveau du centimètre, comparables à la méthode NRTK (*Network Real-Time Kinematic*) actuelle. De telles performances dépendent de la topologie du réseau de stations permanentes du réseau GNSS et des conditions atmosphériques. L'objectif principal de ce projet est d'étudier le RT-PPP et l'infrastructure optimisée en termes de coûts et d'avantages pour réaliser la méthode en utilisant des corrections atmosphériques. Pour cela, différentes configurations d'un réseau GNSS dense et régulier existant en France, le réseau Orphéon, sont utilisées. Ce réseau compte environ 160 sites (Fig. 1), propriété de Geodata-Diffusion (Hexagon Geosystems).

Le travail est divisé en deux étapes principales. Dans un premier temps, le mode «PPP-RTK flottant» a été évalué, il correspond au RT-PPP avec des améliorations issues des corrections de réseau, mais avec les ambiguïtés flottantes. Ensuite, des corrections de réseau sont appliquées pour améliorer le mode «PPP-RTK» où les ambiguïtés sont fixées à leurs valeurs entières. Pour le PPP-RTK flottant, une version modifiée du package RTKLib 2.4.3 (beta) est utilisée pour prendre en compte les corrections réseau. Les effets ionosphériques de premier ordre ont été éliminés par la combinaison *iono-free* et le retard troposphérique zénithal est estimé. Ainsi, les corrections troposphériques ont été utilisées pour améliorer le RT-PPP. Les corrections ont été appliquées en introduisant des paramètres troposphériques a priori contraints. Des périodes avec différentes conditions troposphériques ont été choisies pour réaliser l'étude. Une modélisation adaptative basée sur les OFCs (*Optimal Fitting Coefficients*) a été mise en

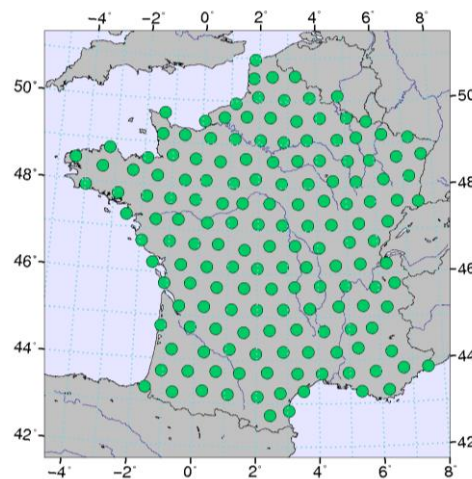


Fig. 1 – Le réseau GNSS permanent Orphéon

place pour décrire le comportement de la troposphère sur la France, en utilisant des estimations des retards troposphériques pour les stations Orphéon. Cette solution a été adoptée car elle permet une communication mono-directionnelle entre le serveur et l'utilisateur. La qualité des corrections troposphériques est évaluée par comparaison avec des produits troposphériques externes. Les gains réalisés sur le temps de convergence pour obtenir un positionnement de 10 centimètres de précision ont été quantifiés statistiquement. La topologie du réseau a été évaluée, en réduisant le nombre de stations de référence (jusqu'à 75%), via une configuration de réseau Orphéon lâche pour effectuer la modélisation troposphérique. Cela n'a pas dégradé les corrections troposphériques et des performances similaires ont été obtenues du côté de l'utilisateur.

Dans la deuxième étape, le PPP-RTK est réalisé grâce au logiciel PPP-Wizard 1.3 et avec les produits temps réel CNES pour les orbites, les horloges et les biais de phase des satellites. Le traitement non-combiné est réalisé avec estimation des délais troposphériques et ionosphériques. Les corrections ionosphériques et troposphériques sont introduites en tant que paramètres a priori contraints au PPP-RTK de l'utilisateur. Pour générer des corrections ionosphériques, il a été mis en place une solution alignée avec les conventions RTCM (Real-Time Maritime Services) pour la transmission des paramètres ionosphériques SSR, un algorithme standard d'interpolation à distance inversée (IDW – *Inverse Distance Weighting*). Le choix des périodes pour cette expérience a été fait principalement en regard de l'activité ionosphérique. La comparaison des corrections atmosphériques avec les produits externes et l'évaluation de différentes topologies de réseau (dense et lâche) ont également été effectuées dans cette étape. Les résultats démontrant des améliorations significatives sur le positionnement simulé de l'utilisateur et le temps de convergence sont présentés.

Statistiquement le RT-IPPP standard prend ~25 min pour atteindre une précision horizontale de 10 cm, ce que nous améliorons significativement par notre méthode : 46% (~14 min) avec le réseau dense et 24% (~19 min) avec le réseau restreint. Néanmoins le positionnement vertical voit son temps de convergence légèrement augmenté, en particulier lorsque l'on utilise des corrections à partir d'une solution de réseau lâche. Cependant, les améliorations apportées au positionnement horizontal dues aux corrections atmosphériques SSR externes provenant d'un réseau (dense ou lâche) sont prometteuses et peuvent être utiles pour les applications qui dépendent principalement du positionnement horizontal.

Mots-clés: GNSS; PPP-RTK; ZWD; Troposphère; Ionosphère; Modèles; Réseau de référence; Résolution des ambiguïtés.

Contact : ESGT, 1 Bd Pythagore, 72000, Le Mans. Tel : +33 (0) 2.43.43.31.00 – esgt@esgt.cnam.fr