

## Projet de thèse : Poursuite robuste de la phase d'un signal GNSS pour un positionnement précis

### Le laboratoire

Le laboratoire d'accueil de cette thèse est le groupe SCAN (Signal Communication Antennes et Navigation) de l'ISAE-Supaéro, Toulouse. Les travaux seront supervisés par Stéphanie Bidon.

### Le candidat

Le candidat est un élève en sortie d'école **ingénieur BAC+5 et/ou de niveau master recherche** avec un **très bon niveau** dans le domaine du **traitement du signal**. Les qualités de rigueur, d'exigence, d'autonomie, et curiosité sont recherchées. La connaissance du GNSS est un plus mais est non obligatoire.

Le candidat intéressé devra envoyer un CV et une lettre de motivation à Stéphanie Bidon **avant le 16 avril 2017**.

Attention, le candidat doit être un **ressortissant de l'union européenne** (financement DGA).

### Objectif de la thèse

Cette thèse a pour but de développer de nouvelles méthodes de **poursuite de la phase** pour un **signal multifréquence GNSS** (*Global Navigation Satellite System*) robustes au bruit et interférences ; la finalité étant de permettre au récepteur de se positionner précisément. Le projet repose sur la discipline du **traitement du signal** et s'appuiera en particulier sur les techniques de **filtrage Bayésien**. Le positionnement précis est requis dans de nombreuses applications et représentent un enjeu stratégique.

### Descriptif de la thèse

#### Les solutions actuelles

Pour calculer sa position, un récepteur standard GNSS (*Global Navigation Satellite System*) se base sur des mesures de retard du code propre à chaque satellite. Les précisions atteintes dans ce cas sont de l'ordre, typiquement, de quelques mètres. Pour obtenir une précision au moins centimétrique, il est nécessaire d'utiliser également la mesure de la phase de la porteuse des satellites. En effet, celle-ci représente une mesure de la distance entre le satellite et le récepteur en nombre de cycles de porteuse qui est plus précise qu'une mesure basée sur le retard du code.

#### Un challenge technique encore ouvert

En pratique, les mesures de phase sont fournies par des boucles de poursuite PLL (*Phase Lock Loop*). Bien que donnant des mesures précises, les boucles de phase sont sensibles aux perturbations. En particulier, pour être exploitables, il est nécessaire que ces boucles aient un taux

de sauts de cycle acceptable. Le saut de cycle est un phénomène bien connu dans la littérature et correspond à une erreur locale de l'estimation de la plage d'ambiguïté de la phase absolue du signal. Il est causé en pratique par de fortes dynamiques et/ou par un fort bruit. Les boucles PLL d'un récepteur GNSS sont ainsi très sensibles dans des environnements difficiles tels les canyons urbains, où le positionnement précis devient un véritable défi. Le phénomène de saut est illustré dans la figure 1 pour une PLL. Deux cas sont présentés après apparition d'un saut de cycle : 1) soit la boucle perd localement son équilibre et le retrouve autour d'un autre point (cf. figure 1(a)) 2) soit la boucle décroche (cf. figure 1(b)).

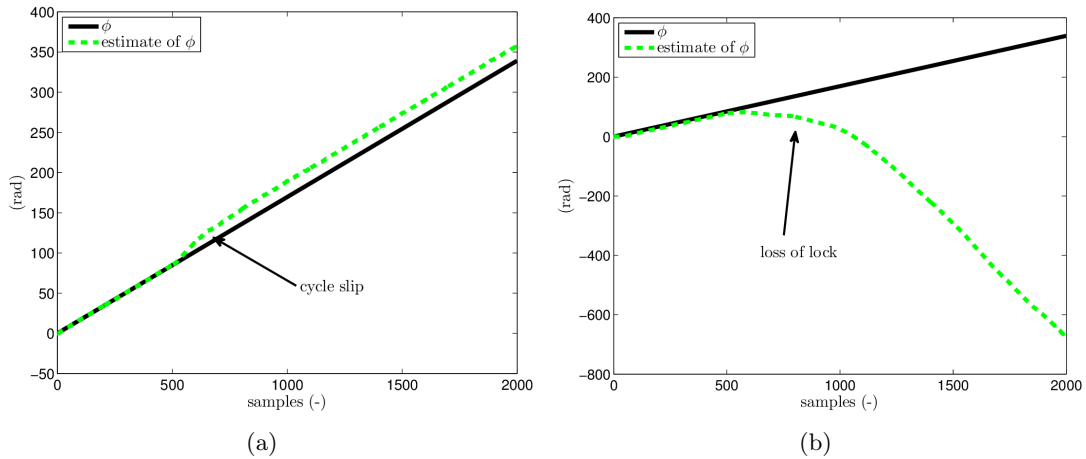


Figure 1: Illustration du phénomène de saut de cycle (a) et de décrochage (b).

## Les pistes majeures envisageables

Pour améliorer la poursuite de phase d'un signal GNSS, deux stratégies peuvent être pensées ; celles-ci étant non exclusives l'une de l'autre :

1. Une première approche est d'améliorer la méthode d'estimation de la phase sans augmenter nécessairement le nombre de mesures. Ceci peut passer, par exemple, par une meilleure description du modèle du signal (dont mesure et dynamique) ou bien par la mise en place d'estimateur plus performant. Par exemple, les modèles linéaires classiques reliant la phase à la mesure et conduisant au structure classique de PLL, sont connus pour ne plus être valides dans des conditions de faibles rapports signal-sur-bruit (SNR).
2. Une seconde approche consiste à augmenter la quantité d'information fournie au bloc d'estimation de phase, par exemple en apportant de l'information *a priori* (p.ex., dynamique de la phase, type de bruit environnant) issus d'autres capteurs ou bases de données ou bien en augmentant le nombre de mesures (p.ex., utiliser la diversité multifréquence ou de constellations GNSS actuelle et à venir).

## Axes de travail envisagés

Dans le cadre de cette thèse, on s'intéressera à combiner les deux stratégies citées ci-dessus. En particulier, on s'attachera à exploiter la **diversité fréquentielle** offerte par les formes

d'onde GNSS multifréquence conjointement à la mise en place d'**estimateurs de phase non-linéaires**. En particulier, différents axes de recherche ont été identifiés pour poursuivre les travaux du laboratoire dans ce domaine [2].

## Quelques références du laboratoire

- [1] L. Ries, W. Vigneau, B.J.R. De, S. Bidon, and V. Calmettes. Dispositif de poursuite intègre de signaux GNSS, October 19 2016. EP Patent App. EP20,160,163,123.
- [2] Stéphanie Bidon and Sébastien Roche. Variational Bayes phase tracking for correlated dual-frequency measurements with slow dynamics. *Signal Processing*, 113:182 – 194, 2015.
- [3] Sébastien Roche, Stéphanie Bidon, Michel Monnerat, Lionel Ries, and Paul Thevenon. Phase lock loop with multifrequency phase unwrapping structure. In *Proceedings European Navigation Conference (ENC)*, Vienne, April 23–25, 2013.
- [4] Sébastien Roche, Stéphanie Bidon, Olivier Besson, Michel Monnerat, Lionel Ries, and Paul Thevenon. PLL unwrapping structures using polynomial prediction algorithm for noisy carrier phase tracking. In *Proceedings International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS)*, Nashville, TN, September 17–21, 2012.
- [5] J.R. De Boer, S. Bidon, V. Calmettes, W. Vigenau, and L. Ries. Specification of a simulator to assess the performance of adaptive vector tracking loops in urban environment. In *6th European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing*, Munich, December 5–6, 2013.