

## Soutenance de thèse

**Nabil KBAYER** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA SCANR et intitulée « *Approches avancées de traitement de signal pour la navigation GNSS en présence des signaux multi-trajets ou sans ligne de vue directe (NLOS)* »

**Le 9 octobre 2018 à 10h00, amphithéâtre 3, ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Eric CHAUMETTE	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Jérôme GALY	Maître de Conférences IUT Béziers	
M. Paul GROVES	Maître de Conférences UCL Royaume Uni	Rapporteur
Mme Juliette MARAIS	Chargé de Recherche IFSTTAR	
Mme Sylvie MARCOS	Directrice de Recherche Centrale Supélec	
M. Joseph TABRIKIAN	Professeur Ben-Gurion University Israël	Rapporteur
M. Jean-Yves TOURNERET	Professeur INP-ENSEEIH	

**Résumé :** Les avancées récentes dans le domaine de navigation par satellites (GNSS) ont conduit à une prolifération des applications de géolocalisation dans les milieux urbains. Pour de tels environnements, les applications GNSS souffrent d'une grande dégradation liée à la réception des signaux satellitaires en lignes indirectes (NLOS) et en multitrajets (MP). Ce travail de thèse propose une méthodologie originale pour l'utilisation constructive des signaux dégradés MP/NLOS, en appliquant des techniques avancées de traitement du signal ou à l'aide d'une assistance d'un simulateur 3D GNSS. D'abord, nous avons établi le niveau maximal réalisable sur la précision de positionnement par un système GNSS "Stand-Alone" en présence de conditions MP/NLOS. Pour mieux améliorer ce niveau de précision, nous avons proposé de compenser les erreurs NLOS en utilisant un simulateur GNSS afin prédire les biais MP/NLOS et les intégrer comme des observations dans l'estimation de la position, soit par correction des mesures dégradées ou par sélection d'une position parmi une grille de positions candidates. Des nouveaux indicateurs 3D sur la fiabilité de la position GNSS et un nouveau schéma GNSS/Simulateur 3D pour le contrôle de l'intégrité ont été aussi proposés. L'application des approches proposées dans un milieu urbain profond montre une nette amélioration de la qualité des algorithmes de localisation en environnement contraint.

D'un point de vue plus général, la prise en compte de distributions statistiques potentielles des multi-trajets ou des signaux reçus sans ligne de vue directe (signaux Non-line-of-sight) ne permet pas d'accéder à une forme compacte de la densité de probabilité des signaux GNSS reçus. Dans ce contexte d'estimation dite "non-standard", ce travail de thèse a contribué à la formalisation de ce contexte ainsi qu'à sa caractérisation, à la fois par la dérivation de bornes inférieures de l'erreur quadratique moyenne (EQM) et par l'introduction d'un estimateur sous-optimal du maximum de vraisemblance "non-standard", unifiant et généralisant les résultats antérieurs de la littérature courante.

**Mots-clés :** Méthodes de traitement de signal avancées, Récepteur GNSS, Simulateur GNSS, Réception Multi-trajets ou NLOS, Positionnement et contrôle d'intégrité en milieux urbains, Bornes inférieures

**Summary:** Recent trends in Global Navigation Satellite System (GNSS) applications in urban environments have led to a proliferation of studies in this field that seek to mitigate the adverse effect of non-line-of-sight (NLOS). For such harsh urban settings, this dissertation proposes an original methodology for constructive use of degraded MP/NLOS signals, instead of their elimination, by applying advanced signal processing techniques or by using additional information from a 3D GNSS simulator. First, we have established the maximum achievable level of GNSS Stand-Alone positioning accuracy in presence of MP/NLOS conditions. To better enhance this accuracy level, we have proposed to compensate for the MP/NLOS errors using a 3D GNSS simulator to predict the biases and integrate them as observations in the estimation method, either by correcting degraded measurements or by scoring an array of candidate positions. New 3D indicators on GNSS position reliability and a new GNSS/3D simulator integrity monitoring scheme have been also proposed. Experiment results using real GNSS data in a deep urban environment show that using these additional information provides good positioning and integrity performance enhancement, despite the intensive computational load of 3D GNSS simulation.

From a more general point of view, considering statistical law for multi-paths and NLOS signals different from the Gaussian distribution in presence of Gaussian noise will lead to a non-analytical form of the marginal probability density function (p.d.f.) of the GNSS observations. In this context of so-called "non-standard" estimation, this research work contributed to the formalization of this context and its characterization, both by deriving lower bounds of the mean square error (MSE) And by introducing a suboptimal non-standard maximum likelihood estimator.

**Keywords:** Advanced signal processing, GNSS receiver, 3D GNSS simulator, Multipath and NLOS reception, Positioning and integrity, Lower bounds and Non-Standard Estimation