

**DOSSIER UNIQUE DE CANDIDATURE  
A UNE ALLOCATION DE RECHERCHE  
POUR LA RENTREE 2016**

Dossier complété et revêtu des signatures à transmettre impérativement pour le :  
**18 janvier 2016 17h00, au plus tard,**  
au Service Recherche et Valorisation de la Recherche  
[secretariat.recherche@univ-littoral.fr](mailto:secretariat.recherche@univ-littoral.fr)

**Titre de la thèse : Fusion de données multi-GNSS, de cartes routières numériques et de modèles numériques d'élévations pour l'optimisation de la navigation coopérative de véhicules en milieu urbain**

**Laboratoire d'accueil ULCO : Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale (LISIC)**

**Priorité du laboratoire, tous supports de financements confondus : n/a**

**Directeur de thèse ULCO : Christophe Boucher, Jean-Charles Noyer**  
**Email : [boucher@lisic.univ-littoral.fr](mailto:boucher@lisic.univ-littoral.fr) , [noyer@lisic.univ-littoral.fr](mailto:noyer@lisic.univ-littoral.fr)**

**Merci de renseigner l'ensemble des demandes de financements envisagées pour ce sujet (NB : Les demandes peuvent porter sur plus de deux cofinanceurs envisagés):**

Région 50 % (Dans ce cas, ne pas oublier de remplir également le dossier « Région »)

PMCO 50 %

ULCO 50 %

ULCO 100 %

ADEME 50 %

ADEME 100 %

Dispositif AUF/CNRS Libanais / Université Libanaise 100 %

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

- partenaire étrangers si identifié (noms de la structure de recherche et du codirecteur étranger) : **Ghaleb Faour, Directeur de Recherche ; Centre National de Télédétection, Conseil National de la Recherche Scientifique Liban**

- Thématique : (1) **qualité de l'air**, (2) **milioux aquatiques**, (3) **obésité, nutrition et activités sportives**, (4) **énergies propres et renouvelables**, (5) **gestion et le traitement des déchets**, (6) **Urbanisme**

Autre Financier 50 %, préciser le financier :

Autre Financier 100 %, préciser le financier :

## **\*LABORATOIRE D'ACCUEIL**

Nom du laboratoire d'accueil : LISIC

Nombre de HDR dans le laboratoire : 12

Nombre de thèses encadrées dans le laboratoire (rentrée 2014) : 26 (dont 15 cotutelles)

Durée moyenne des thèses soutenues dans le laboratoire, sur la période 2010-2014 : 39 mois

## **ENCADREMENT**

Nom, Prénom du directeur de laboratoire : Christophe Renaud

Nom, Prénom du directeur de thèse (si différent du directeur de laboratoire) :

- ULCO : Christophe Boucher (MCF), Jean-Charles Noyer (PR)
- CNRS Libanais : Ghaleb Faour (Directeur de Recherche), Oussama BAZZI (PR, Université Libanaise)

Nombre de doctorats en préparation sous la direction du directeur de thèse : 1

Avis détaillé du directeur de thèse :

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans les thématiques « qualité de l'air » et « énergie propre et renouvelable ». Ces activités constituent par ailleurs une des priorités de l'Université du Littoral Côte d'Opale telles que définies dans son projet stratégique Calico et les priorités annoncées cette année par le CNRS libanais. L'objectif de cette thèse est de s'appuyer sur les compétences du laboratoire développées depuis plus de 15 ans autour des systèmes de navigation par satellites et de fusion d'informations. Elle vise à focaliser les travaux sur les spécificités liées au développement de méthodes d'optimisation de trajets de véhicules en milieu urbain par positionnement coopératif multi-GNSS, problématique importante dans le cas des véhicules hybrides et électriques. On s'attachera à développer des apports méthodologiques dans le domaine des systèmes de navigation par satellites qui auront des conséquences pour l'optimisation de la navigation avec notamment une amélioration possible de leur autonomie.

Signature du directeur de thèse

Avis détaillé du directeur de laboratoire :

Le sujet proposé vise à aborder des problématiques prioritaires tant au point de vue local (thématique générale de l'environnement), que national, avec des applications fondamentalement intéressantes pour le développement de l'usage des véhicules de transport électriques. Il se situe également dans un domaine pour lequel les encadrants disposent de compétences reconnues tant nationalement qu'internationalement et qui a été évalué favorablement par l'AERES en 2014. L'avis est donc très favorable quant au financement de ce sujet.

Signature du directeur de laboratoire

## **PROJET DE THESE**

Intitulé du projet de thèse : *Fusion de données multi-GNSS, de cartes routières numériques et de modèles numériques d'élévations pour l'optimisation de la navigation coopérative de véhicules en milieu urbain*

Domaine scientifique : Transports intelligents, navigation multi-GNSS, coopération véhicule-véhicule, système d'informations géographiques, cartes routières numériques, modèles numériques d'élévations, fusion multi-capteurs, filtrage non-linéaire

Résumé (1/2 page maxi.) :

De nos jours, la qualité de l'air en milieu urbain et extra-urbain souffre toujours de la présence des véhicules à moteur thermique, acteurs importants de la pollution de l'air sur les axes routiers. Des systèmes ont été développés sur les véhicules récents pour limiter l'impact sur l'environnement notamment en cas de trafic difficile (filtre à particules, système « start and stop », etc.). Ce sujet de recherche propose l'étude et le développement d'un système de navigation par satellites, système s'appuyant sur un positionnement coopératif de véhicules, des cartes routières numériques et des modèles numériques d'élévation de sorte à optimiser les trajets en tenant compte des contraintes de trafic et topologie de la route ayant un impact sur la consommation des véhicules et les émissions polluantes. L'aide à la navigation sera mise en œuvre par la fusion de données reposant sur des méthodes de filtrage non-linéaires (UKF, SMC) qui nécessiteront une étape de mise en correspondance cartographique. Ces travaux ont pour objectif à terme de contribuer à l'amélioration de l'autonomie des véhicules et la limitation des émissions polluantes.

Projet de thèse (5 pages maxi.) :

### **Contexte scientifique**

De nos jours, la qualité de l'air en milieu urbain et extra-urbain souffre toujours de la présence des véhicules à moteur thermique sur les axes routiers. Ceci se vérifie régulièrement lors des pics de pollution annoncés. En dépit des efforts importants des constructeurs automobiles, les véhicules utilisant le carburant gazole participent activement à la pollution de l'air (poussières de particules fines). La dégradation de la qualité de l'air au Liban, estimée à 170 millions de dollars par an (WB, 2004), constitue une préoccupation environnementale grandissante. Par ailleurs, le gouvernement français, via son ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, a lancé une vague de mesures incitatives pour réduire à son minimum ce type de pollution. L'une d'entre-elles consiste en l'accélération du développement du parc de véhicules électriques en milieu urbain, où la recharge de la batterie reste assez accessible. Cependant, la problématique de la recharge reste posée en milieu extra-urbain du fait de la faible autonomie en kilomètres parcourus (environ 200 kms actuellement). Celle-ci contribue à freiner le développement du « tout électrique ». Il est donc important de développer un système de navigation coopératif visant à optimiser les trajets en tenant compte de la situation du trafic et de la topologie de l'environnement routier dans un but de limitation de la consommation des véhicules.

## **Sujet de recherche**

Les systèmes de navigation par satellites (GPS, GLONASS, Beidou/Compass et bientôt Galileo) ont pris une part importante dans la localisation des véhicules au sol et la planification de leurs itinéraires routiers. La plupart des navigateurs embarqués repose sur l'utilisation de cartes routières numériques 2-D parmi lesquelles deux catégories se distinguent : les cartes payantes (NAVTEQ, Tele Atlas) et les cartes gratuites (OpenStreetMap).

OpenStreetMap (OSM) est devenu, en quelques années, un système d'informations géographiques (SIG) libre et incontournable, de par son aspect connecté, autour duquel de nombreuses applications en géomatique ont été développées. Il demeure, à l'instar des solutions commerciales existantes, un inconvénient majeur à ces données cartographiques car elles ne délivrent que très peu d'informations sur l'élévation du réseau routier qui permettrait d'affiner la planification tant en durée, en longueur et sécurité de l'itinéraire en fonction du type de convoi, même s'il est possible de disposer des pentes de routes dans des cas particuliers. Une solution consiste à exploiter les modèles de terrain numériques (MNT) qui rendent compte de relevés d'élévations suivant des grilles au sol, préalablement définies (SRTM, ASTER GDEM, WorldDEM).

Ce travail de thèse a pour objectif principal l'aide à la navigation des véhicules pour l'optimisation de leur consommation énergétique et des limitations des émissions polluantes, à partir de ses relevés de positionnement GPS, empruntant le réseau routier modélisé par les données cartographiques 2-D OSM, pour lequel on prendra en compte le relief du terrain, support de ce réseau, par l'exploitation de données 3-D MNE. La mise en œuvre de la fusion des diverses informations reposera sur des méthodes de filtrage non-linéaires (UKF, SMC). Dans ce processus de localisation, une étape de mise en correspondance cartographique est inéluctable et doit s'appuyer sur les propriétés géométriques et statistiques du réseau routier et du relief de terrain existants. Ces travaux ont également pour objectif de s'appuyer sur les techniques de positionnement coopératif de véhicules à savoir l'exploitation des communications V2V pour traiter le cas de la fusion multi-capteurs multi-véhicules.

## **Etat du sujet dans le laboratoire**

Le laboratoire LISIC et plus particulièrement l'équipe Specifi a acquis une reconnaissance dans les domaines du traitement des signaux GNSS, de la navigation par satellites et de l'hybridation de capteurs qui s'est traduite par de nombreuses publications dans des revues et conférences internationales reconnues du domaine. Ces compétences sont également attestées par une activité de plus de 15 ans dans le domaine. En outre, le laboratoire possède des moyens d'expérimentation (véhicule instrumenté, récepteurs GPS, centrale inertielle, télémètre lidar, etc.) et de simulation conséquents permettant le déroulement de la thèse dans de bonnes conditions.

## **Programme de travail**

La première partie de la thèse sera consacrée au positionnement du sujet par une étude bibliographique exhaustive. Le candidat développera ses travaux en s'appuyant sur les compétences de l'équipe encadrante dans le domaine. L'objectif sera de proposer une méthodologie qui permettra de prendre en compte dans le système de navigation les spécificités liées à la prise en compte de la consommation des véhicules. Il aura accès aux différents moyens

d'expérimentation du laboratoire (récepteur GPS, SIG, etc.) pour valider ses approches. Les développements se feront en langage C et/ou Matlab.

### **Retombées scientifiques et économiques attendues**

L'objectif de cette thèse est de s'appuyer sur les compétences du laboratoire développées depuis plus de 15 ans autour des systèmes de navigation par satellites et de fusion d'informations. Elle vise à focaliser les travaux sur les spécificités liées au développement des systèmes de navigation coopératifs de véhicules ayant à terme, un impact sur la réduction de leur empreinte carbone et l'amélioration de leur autonomie. On s'attachera à développer des apports méthodologiques dans le domaine des systèmes de navigation par satellites qui auront des conséquences pour l'optimisation notamment de leur autonomie.

### **Collaborations prévues**

Ces travaux seront développés en collaboration avec Dr Ghaleb Faour, directeur du Centre National de Télédétection (CNT) du CNRS Libanais. Email : [gfaour@cnsr.edu.lb](mailto:gfaour@cnsr.edu.lb)

Le CNT a été créé en 1996 dans le but de satisfaire les besoins scientifiques au Liban d'une part, et, d'autre part, contribuer au développement durable dans ce pays. Grâce à son équipe multidisciplinaire qualifiée, le CNT participe à plusieurs programmes locaux, régionaux et internationaux ([rsensing.cnsr.edu.lb](http://rsensing.cnsr.edu.lb)).

### **Publications**

1. **Fusion of GPS, OSM and DEM data for estimating road network elevation**, C. Boucher, IEEE International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks, Madrid, Spain, June 5-7, 2013, pp. 273-278.
2. **Dual-GPS Fusion for automatic enhancement of digital OSM roadmaps**, C. Boucher and J.-C. Noyer, IEEE AESS European Conference on Satellite Telecommunications, Rome, Italy, October 2-5, 2012.
3. **Automatic detection of topological changes for digital road maps updating**, C. Boucher and J.C. Noyer, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 61 (11), pp. 3094-3102, November 2012.
4. **Automatic estimation of road inclinations by fusing GPS readings with OSM and ASTER GDEM2 data**, C. Boucher and J.-C. Noyer, IEEE International Conference on Connected Vehicles & Expo, Vienne, Autriche, November 3-7, 2014.
5. **Estimation and Tracking: Principles, Techniques and Software**, Y. Bar-Shalom and X.-R. Li, Artech House, 1993.
6. **Current map-matching algorithms for transport applications: state-of-the art and future research directions**, M. A. Quddus, W. Y. Ochieng, and R. B. Noland, Transportation Research Part C, vol. 15, pp. 312-328, 2007.
7. **Correcting routing information through GPS data processing**, T. R. M. Freitas, A. Coelho, and R. J. F. Rossetti, in Proceedings of the 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, September 2010, pp. 706-711.
8. **Mathematical modeling and control of an autonomous electric vehicle for navigation and guidance**, K. Moriwaki, 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC), pp. 1-8, 2012.
9. **Investigating the effects of topography and traffic conditions on the driving efficiency of electric vehicles to better inform smart navigation**, M. Neaimeh, C. Higgins, G. Hill, Y. Hubner and P. Blythe, IET and ITS Conference on Road Transport Information and Control (RTIC 2012), pp. 1-6, 2012.

10. **Routing systems to extend the driving range of electric vehicles**, M. Neaimeh, G. Hill, Y. Hubner and P. Blythe, IET Intelligent Transport Systems, Vol. 7, pp. 327-336, 2013.
- T. Chehade, L. Collin, P. Rostaing, E. Radoi, O. Bazzi, "Power Allocation Optimization: Linear Precoding Adapted to NB-LDPC Coded MIMO Transmission." International Journal of Antennas and Propagation (2015).
11. **An infrastructure-aided cooperative spectrum sensing scheme for vehicular ad hoc networks**, Kim Baraka, Lise Safatly, Hassan Artail, Ali J Ghandour, Ali El-Hajj, Elsevier Ad Hoc Networks Journal, Volume 25, Part A, February 2015, Pages 197–212 (online November 4, 2014)
12. **Improving Vehicular Safety Message Delivery through the Implementation of a Cognitive Vehicular Network**, Ali J Ghandour, Kassem Fawaz, Hassan Artail, Marco Di Felice and Luciano Bononi, Elsevier Ad Hoc Networks Journal, Vol.11, Issue 8, Nov. 2013, pp. 2408-2422 (online June 29, 2013)
13. **Dissemination of Safety Messages in IEEE 802.11p/WAVE Vehicular Network: Analytical Study and Protocol Enhancements**, Ali J Ghandour, Marco Di Felice, Hassan Artail and Luciano Bononi, Elsevier's Pervasive and Mobile Computing (PMC) Journal, Vol. 11, pp. 3-18, April 2014,
14. **Evaluation of elevation, slope and stream network quality of SPOT DEMs**. El Hage M., Simonetto E., Faour G. and Polidori L., 2012. XXII ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Melbourne, Australia, Volume I-2, 63-67.
15. **Impact of DEM reconstruction parameters on topographic indices**, El Hage M., Simonetto E., Faour G. and Polidori L., 2010. IAPRS, Saint-Mandé, France, vol. XXXVIII, Part 3B, 40-44.
16. **Comparative analysis of drainage networks extracted from DEMs and conventional approaches in Lebanon**. Abdallah, C., Bou Kheir, R., Khawlie, M., Faour, G., 2006. Lebanese Science Journal, 7(1), 49-62.
17. **Space integrating acousto-optic processor for rapid Global Positioning System signal acquisition**", O. Bazzi, R.J. Torguet, C. Bruneel, M.G.Gazalet, J.M.Rouvaen, Optical Engineering 33(9) 2931-2935 (1994).