

**DOSSIER UNIQUE DE CANDIDATURE
A UNE ALLOCATION DE RECHERCHE
POUR LA RENTREE 2017**

Dossier complété et revêtu des signatures à transmettre impérativement pour le :
15 décembre 2016 17h00, au plus tard,
au Service Recherche et Valorisation de la Recherche
secretariat.recherche@univ-littoral.fr

Titre de la thèse : *Localisation et cartographie 3D pour l'évaluation de l'état des routes par filtrage non linéaire à partir de données télémétriques*

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

Priorité du laboratoire, tous supports de financements confondus : 6/7

Directeur de thèse ULCO : Prof. Jean-Charles Noyer (Lisic) et Dr Régis Lherbier (MCF-Lisic)

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) :

- Thématique : (1) qualité de l'air, (2) milieux 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 : **Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale (LISIC)**

Nombre de HDR dans le laboratoire : **13**

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) : Prof. Jean-Charles Noyer (Lisic) et Dr Régis Lherbier (MCF-Lisic)

Nombre de doctorats en préparation sous la direction du directeur de thèse : 2

Avis détaillé du directeur de thèse :

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans les thématiques « Urbanisme ». L'objectif de cette thèse est de s'appuyer sur les compétences du laboratoire LISIC ainsi que du Centre National de Télédétection du CNRS-L développées autour des systèmes de navigation par satellites, de la fusion d'informations et de l'observation. Elle vise à concevoir un système d'évaluation de l'état des routes en détectant les défauts par capteur de vision et en réalisant une cartographie précise. A termes, ses travaux doivent permettre de servir de base à une évaluation de la qualité globale du réseau routier libanais afin d'être notamment intégré dans un plan de maintenance et de développement.

Signature du directeur de thèse

Avis détaillé du directeur de laboratoire :

Le sujet proposé vise à aborder des problématiques prioritaires du point de vue des collaborations avec le Liban, et dont les applications potentielles peuvent représenter une réelle perspective en terme d'innovation. Il se situe également dans un domaine pour lequel les encadrants du LISIC 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 : **Localisation et cartographie 3D pour l'évaluation de l'état des routes par filtrage non linéaire à partir de données télémétriques**

Domaine scientifique : Transports intelligents, Localisation, Suivi d'objets, Filtrage non-linéaire, Fusion multicapteurs, Lidar.

Résumé :

Bien que 95% des routes au Liban soient praticables pour les automobiles, le réseau routier est de mauvaise qualité. En effet, 18% sont en bon état, 46.4% en assez bon état, 28% en mauvais état et 7.7% sont dans un état critique. La connaissance de l'état du réseau routier au Liban est donc une problématique importante pour être capable de déployer une politique rationnelle d'entretien, de réfection des routes et d'amélioration de la circulation. Les objectifs principaux s'expriment en termes de sécurité routière mais aussi de diminution de la pollution sonore. Ce sujet de thèse s'inscrit dans ce cadre puisqu'il propose de fournir un modèle géométrique et topologique de la route et d'extraire des informations sémantiques telles que la caractérisation de la voie (selon des critères à définir : voie principale, secondaire, ...), la caractérisation de la chaussée (zone de roulement, planéités longitudinale et transversale, macrotecture...) et la présence de zones potentiellement dangereuses. Il sera également important de visualiser et de localiser les informations obtenues. Ces différentes caractéristiques seront obtenues à partir d'informations télémétriques provenant de télémètres laser (type Lidar Velodyne© 16 ou 32 nappes) associés à une caméra, installés sur un véhicule. Outre la géolocalisation, l'utilisation d'un GPS permettra de connaître, à chaque instant d'acquisition, les paramètres dynamiques du véhicule porteur. En cas de perte du signal GPS (assez fréquent, en ville notamment), la localisation se poursuivra grâce à une estimation de la trajectoire du véhicule. Pour cela, la détection et le suivi des différents objets de l'environnement (fixes et mobiles) seront obtenues par fusion de l'ensemble des données basée sur des méthodes de Monte Carlo séquentielles (filtres particulaires). La définition et l'intégration de modèles des objets suivis seront également nécessaires pour garantir une détection précise à la fois des paramètres dynamiques du véhicule mais aussi des informations fournies par le système.

Projet de thèse :

1. Le sujet de recherche et son contexte scientifique

La détection des routes et l'évaluation de la qualité des revêtements à partir d'un véhicule est un problème de recherche intéressant pour des applications de transports intelligents et de sécurité routière.

Les types de route peuvent varier significativement (profils des chaussées, matières des revêtements), les conditions d'acquisition peuvent changer en fonction des conditions météorologiques, de luminosité ou des ombres et les bords des routes ne sont pas toujours détectables (absence, occultés par des objets ou d'autres véhicules). Tous ces facteurs font de la détection de route un problème de reconnaissance difficile et plusieurs systèmes ont été récemment développés utilisant soit des systèmes de vision à base de caméras et/ou de lidars.

Certains travaux combinent la détection du profil transversal des routes et des défauts de revêtement par deux télémètres linéaires montés à l'arrière d'un véhicule. Pour la détection des défauts, des lidars avec mesure de la réflectivité sont utilisés pour déterminer les défauts sur la chaussée d'un pont mais dans ce cas, les capteurs sont fixes. Des constructeurs automobiles, et en particulier Land Rover-

Jaguar, proposent un système de détection des trous sur la chaussée par des scanners placés sur les roues et une communication v2v afin de prévenir les autres véhicules. Les problématiques applicatives et novatrices de ce sujet peuvent être exposées en 3 aspects :

- 1) Traitements des mesures issues des capteurs télémétriques
 - Recalage spatial et temporel des mesures pour garantir une bonne précision dans les informations fournies
 - Segmentation pour l'extraction d'informations pertinentes (plans et segments) induite par la grande quantité des impacts
- 2) Traitements des mesures issues des capteurs télémétriques :
 - Estimation du mouvement du véhicule porteur par des méthodes de filtrage non-linéaires (filtrage particulaire) à partir des modèles dynamiques des objets fixes
 - Estimation des paramètres dynamiques des objets en mouvement pour discriminer les objets fixes et mobiles dans les acquisitions suivantes
- 3) Extraction des informations sémantiques de la route :
 - Détection de la route
 - Reconstruction 3D du profil de la route (sens longitudinal et transversal)
 - Géolocalisation précise des défauts (trous, macrotecture, objets dangereux...)
 - Visualisation des informations sur les images 2D

En général, la position des capteurs est à l'avant ou à l'arrière du véhicule, assez proche de la route et avec une incidence orthogonale. Pour cette étude, les deux lidars seront placés sur le toit du véhicule pour avoir une estimation des défauts avec les mesures à l'avant du véhicule, confirmée par les mesures à l'arrière du véhicule. Comme la vitesse du véhicule est connue, les défauts seront prédits dans les acquisitions futures.

2. L'état du sujet dans le laboratoire et l'équipe d'accueil

L'équipe SPECIFI du LISIC a acquis une reconnaissance dans l'utilisation de ces capteurs télémétriques de type Lidar avec des applications dans le domaine du suivi d'objets et de véhicules au travers de nombreuses publications dans des revues et conférences internationales. Concernant les aspects méthodologiques, l'équipe met en avant des méthodes de type Monte Carlo séquentielle, basées sur le filtrage particulaire ou sur le filtre PHD (Probability Hypothesis Density), mais également des approches de type *track-before-detect*. Ces compétences sont également attestées par une activité forte dans le domaine des transports intelligents et de la fusion multicapteurs. En outre, le laboratoire possède des moyens d'expérimentation (véhicule instrumenté, récepteurs GPS, centrale inertielle, télémètre lidar, ...) et de simulation conséquents permettant le déroulement de la thèse dans de bonnes conditions.

D'autre part, le groupe TTSI du LHKS possède des compétences dans le domaine du traitement du signal et images ainsi que dans la détection et l'estimation. L'équipe s'intéresse particulièrement aux techniques de traitement avancé du signal et d'analyses statistiques prévues dans cette thèse. L'agrégation des données a aussi fait l'objet de récentes études au sein du groupe. Le laboratoire est équipé principalement par des plateformes de calcul numérique ainsi que des cartes programmables FPGA.

3. Les retombées scientifiques et économiques attendues

On se propose de fournir une évaluation de l'état des routes sur lesquelles circule un véhicule instrumenté de télémètres multi-nappes et géolocalisé par GPS.

Cependant, les masquages fréquents du signal GPS posent un problème pour une localisation précise et continue d'un véhicule. Pendant les masquages GPS, les trajectoires du véhicule seront fournies par une estimation de ses paramètres dynamiques par rapport aux objets fixes détectés de l'environnement.

Le système de perception basé sur deux lidars multi-nappes présente plusieurs avantages :

- Mesures robustes aux variations de luminosité
- Fréquences élevées (5 à 20Hz), champ de vision de 360°, précision des mesures (+/- 3cm)
- Présence de plusieurs nappes permettant de s'affranchir du problème de tangage
- Mesure de réflectivité
- Coût relativement faible

La caméra 2D, associée à ces lidars, permettra essentiellement de valider une réalité terrain et éventuellement d'apporter des informations supplémentaires (couleur ou niveau de gris principalement).

Afin de déployer une politique rationnelle d'entretien, de réfection des routes et d'amélioration des voies de circulation, il semble important d'avoir des informations robustes et précises sur l'état du réseau routier. Les impacts principaux s'expriment en termes de sécurité routière mais aussi de diminution de la pollution, sonore notamment.

4. Le programme et l'échéancier de travail

La première partie de la thèse sera consacrée à une étude bibliographique exhaustive dans les domaines de la segmentation des données télémétriques, de la détection des routes, du suivi d'objets dans des données lidar dans un cadre multicapteurs, de l'odométrie visuelle et de la détection des défauts.

La seconde partie commencera par une prise en main du système de perception et des données télémétriques avec des applications d'odométrie visuelle et se poursuivra par le développement d'une méthodologie permettant d'atteindre les objectifs fixés dans cette thèse. Le candidat développera alors ses travaux en s'appuyant sur les compétences de l'équipe encadrante dans le domaine.

Tout au long de sa présence au LISIC et afin de valider ses approches, le candidat aura accès aux différents moyens d'expérimentation du laboratoire LISIC (téléètres type Lidar Velodyne© 16 nappes, des caméras, des récepteurs GPS, ...). Ces capteurs seront installés sur un véhicule instrumenté afin d'obtenir des acquisitions *in situ* et de déterminer des zones d'études intéressantes.

Au sein du LHKS, les développements hors ligne en langage C et/ou Matlab seront effectués dans un premier temps, avant de passer à l'analyse et traitement des données collectées. Il est aussi envisageable dans le cadre de cette thèse, et avec l'appui du centre de télédétection du CNRSL, de pouvoir réaliser des expérimentations sur des routes au Liban.

5. Les collaborations prévues et une liste de 10 publications maximum portant directement sur le sujet

Les collaborations pour ces travaux de thèse sont envisagées avec les établissements suivants :

Partenaire de co-tutelle :

Laboratoire d'accueil : Centre National de Télédétection

Nom du Directeur du laboratoire : Ghaleb Faour

Etablissement : CNRS Libanais de Manssourieh

Tél./Fax/Mél : gfaour@cnrs.edu.lb / +9613823423

Nom de l'encadrant de thèse : Ghaleb Faour

Le Centre National de Télédétection (CNT) a été créé en 1996 avec le but de satisfaire non seulement les besoins scientifiques au Liban mais de contribuer également au développement durable dans ce pays. Grâce à son équipe multidisciplinaire qualifiée, le CNT participe activement à plusieurs programmes locaux, régionaux et internationaux. Actuellement, le centre gère et participe à trois projets Européens, LocalSats, GreatMed et WaterDrop, trois projets sur la gestion des risques naturels financés par la PNUD, deux projets sur la gestion des zones humides côtières et la

production d'atlas du Liban financés par l'UNESCO. De plus, les chercheurs du centre dirigent plusieurs projets financés par le CNRS et le CEDRE dans les domaines de la gestion des ressources naturelles, la protection de l'environnement et la gestion des risques...

Liste des publications récentes de l'équipe (pertinentes au sujet proposé) :

- Ali J Ghandour, Kassem Fawaz, Hassan Artail, Marco Di Felice and Luciano Bononi, "Improving Vehicular Safety Message Delivery through the Implementation of a Cognitive Vehicular Network", Elsevier Ad Hoc Networks Journal, Vol.11, Issue 8, Nov. 2013, pp. 2408-2422 (online June 29, 2013)
- Ali J Ghandour, Marco Di Felice, Hassan Artail and Luciano Bononi, "Dissemination of Safety Messages in IEEE 802.11p/WAVE Vehicular Network: Analytical Study and Protocol Enhancements", Elsevier's Pervasive and Mobile Computing (PMC) Journal, Vol. 11, pp. 3-18, April 2014,
- El Hage M., Simonetto E., Faour G. and Polidori L., 2012. Evaluation of elevation, slope and stream network quality of SPOT DEMs. XXII ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Melbourne, Australia, Volume I-2, 63-67.

Partenaire en collaboration :

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Hasan Kamel El Sabbah (LHKS)

Nom du Directeur du laboratoire : Yasser MOHANNA

Etablissement : Faculté des Sciences 1 de Hadat

Tél./Fax/Mél : +961(5)460494 ; yamoha@ul.edu.lb

Nom de l'encadrant de thèse : Oussama BAZZI

Principaux thèmes de recherche de l'équipe où sera effectué le travail de thèse : Télécommunications, traitement de signal, traitement d'images, Processeurs, Réseaux de Capteurs

Liste des publications récentes de l'équipe (pertinentes au sujet proposé) :

- H. Harb, A. Makhoul, D. Laiymani, O. Bazzi, A. Jaber, "An Analysis of Variance-Based Methods for Data Aggregation in Periodic Sensor Networks" Transactions on Large-Scale Data-and Knowledge-Centered Systems XXII 2015 (pp. 165-183), Springer Berlin Heidelberg.
- H. Harb, A. Makhoul, A. Jaber, R. Tawil, and O. Bazzi, "Adaptive Data Collection Approach based on Sets Similarity Function for Saving Energy in Periodic Sensor Networks", *IJITM, International Journal of Information Technology and Management*, 2015.
- H. Alaeddine, O. Bazzi, A. Alaeddine, Y. Mohanna, G. Burel, "Fast Convolution Using Generalized Sliding Fermat Number Transform with Application to digital Filtering", *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, pp. 1007-1017, vol. E-95A, n.6, June 2012.

Liste des publications récentes de l'équipe du LISIC :

- B.Fortin, "Méthodes conjointes de détection et suivi basé-modèle de cibles distribuées par filtrage non-linéaire dans les données lidar à balayage", thèse de Doctorat de l'Université du Littoral Côte d'Opale, Nov. 2013.
- B.Fortin, R.Lherbier, J.C.Noyer, "A model-based joint detection and tracking approach for multi-vehicle tracking with lidar sensor", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2015, vol. 16, no 4, pp 1883-1895.
- B.Fortin, R.Lherbier, J.C.Noyer, "Feature extraction in scanning laser range measurements using invariant parameters: application to vehicle detection", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2012, vol. 61, no 9, pp 3838-3850.
- B.Fortin, R.Lherbier, J.C.Noyer, "A Generic Particle Filtering Approach for Multiple Polyhedral Object Tracking in a Distributed Active Sensor Network ", *48th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Nov. 2014, Pacific Grove, California, USA.

- B.Fortin, R.Lherbier, J.C.Noyer, "A labeled PHD filter for extended target tracking in lidar data using geometric invariance properties: vehicular application", 16th Int. Conf. on Information Fusion, July 2013, Istanbul, Turkey.
- B.Fortin, R.Lherbier, J.C.Noyer, "A PHD approach for multiple vehicle tracking based on a polar detection method in laser range data", IEEE Int. Systems Conference, April 2013, Orlando, Florida, USA.