

Proposition d'un sujet de thèse

Modélisation et optimisation de la maintenance des infrastructures routières pour le véhicule autonome

DESCRIPTION DU TRAVAIL DE RECHERCHE

CONTEXTE & ETAT DE L'ART

Pour évoluer en parfaite sécurité, les véhicules autonomes attendent des infrastructures routières que celles-ci soient "lisibles" et possèdent des caractéristiques quantifiées dont les valeurs se situent dans des limites garanties [3]. Ainsi, même s'il conviendra d'explicitier (à l'aune des connaissances actuellement disponibles sur le sujet) ces caractéristiques en détail ainsi que les valeurs admissibles associées, on peut d'ores et déjà remarquer qu'un uni dégradé peut avoir des conséquences sur la stabilité du véhicule autonome et donc engendrer des erreurs vis-à-vis des distances aux objets. De même, l'effacement de la signalisation horizontale, l'apparition de fissures sur la couche de roulement pouvant entraîner le faïençage et l'apparition de nids-de-poule sont des phénomènes incompatibles avec la sûreté de fonctionnement du véhicule autonome. La plupart de ces phénomènes de détérioration d'infrastructure sont à ce jour mal maîtrisés du point de vue de la prévision de leur apparition et des dynamiques de dégradation sous-jacentes. La grande diversité des routes, de leur fréquentation en termes de trafic, des conditions climatiques rencontrées mais aussi des produits utilisés pour les réaliser compliquent considérablement la tâche de modélisation.

A cette difficulté s'ajoute souvent celle du manque et/ou de la perte d'informations quant aux produits utilisés, à leur(s) date(s) de pose et de remplacement car beaucoup de gestionnaires d'infrastructures n'ont pas perçu l'intérêt et le potentiel énorme assujetti à ces données. Beaucoup d'entre eux utilisent des méthodes empiriques simples et non optimales budgétairement parlant pour réaliser les opérations de maintenance de leur patrimoine routier. Ces méthodes sont fortement discutables et nécessitent une complète remise en question pour le véhicule autonome.

Parallèlement, le financement des infrastructures routières est actuellement très contraint dans la plupart des pays européens ainsi qu'en Amérique du Nord (USA, Canada). Concernant l'entretien du patrimoine d'infrastructures existantes, les besoins financiers sont généralement très au-delà des moyens mis en place chaque année ([1], [4]). De ce fait, la problématique de la maintenance optimale des réseaux sous la double contrainte budgétaire / accueil du véhicule autonome est un sujet crucial à l'heure actuelle et fera l'objet de ce travail de thèse.

OBJECTIFS

D'un point de vue pratique, le travail à réaliser par le doctorant sera découpé en 4 étapes :

- Recensement des paramètres cruciaux de l'infrastructure dont il est impérieux de garantir des niveaux de service compatibles avec la circulation des véhicules autonomes. Pour réaliser cette étape, il sera

possible de s'appuyer sur les experts de ce type de véhicules, en particulier ceux de l'institut VEDECOM et de ses partenaires.

- Evaluation du retour d'expérience disponible en provenance de réseaux routiers. Pour cela il sera possible de s'appuyer sur de nombreuses collaborations (VINCI, Signature, DIR Est, DIR Nord, CEREMA, IDRRIM ...) tissées ces dernières années dans le cadre de la thèse VEDECOM encadrée par IFSTTAR/COSYS/GRETTIA-LEPSIS portant sur une thématique identique mais limitée à la maintenance de la signalisation horizontale (thèse de M. Redondin). Il est également envisageable d'analyser la base de données routière ISIDOR V3 de la DGITM pour de laquelle une convention a été signée avec l'IFSTTAR, permettant son exploitation. Ce travail a été initié par le stage de Master d'Ali Tidjani.
- Définition de modèles de dégradation des paramètres cruciaux de l'infrastructure routière. Cette analyse de données pourra s'inspirer des travaux de M. Redondin sur les marquages au sol [6]. Cette étape aura pour but d'améliorer la connaissance des dynamiques (locales et/ou globales) de dégradation et d'identifier les modèles sous-jacents via des approches statistiques.
- Proposition d'un modèle de maintenance. Cette dernière étape consistera en l'élaboration d'un modèle « complet » de maintenance de l'infrastructure routière répondant aux besoins propres aux véhicules autonomes. Le développement d'approches modulaires sera notamment favorisé dans un double souci de simplicité d'architecture et de facilité d'adaptation à d'éventuelles extensions à des caractéristiques supplémentaires d'infrastructure non considérées au départ de cette étude.

Afin de relever ce challenge, le candidat pourra s'appuyer sur un certain nombre de travaux antérieurs en adéquation avec une ou plusieurs des étapes listées précédemment [2] [5] [9] [10] ou menés plus récemment pour la maintenance des marquages au sol [6] [7] [8].

Ainsi, les travaux de Castanier [2] et Zouch [10] se sont limités à la maintenance des chaussées avec une modélisation basée sur l'utilisation de processus de Markov cachés tandis que Sathyanarayanan [9] s'est intéressé aux marquages aux sols avec des approches d'analyses statistiques relativement 'simples'. Dans ses travaux de thèse, M. Redondin a permis d'approfondir ceux initiés par Sathyanarayanan [6] mais également d'appréhender le problème de l'exploitation de données censurées (statistiquement parlant) [7] ; problème nécessairement à traiter dans ce nouveau sujet de thèse. Pour cela une extension des méthodes EM (Espérance Maximisée) pour estimer les lois de survies a été proposée et pourraient très certainement être appliquée avec succès à d'autres données que celles uniquement des mesures de rétro réflexion.

Ces divers éléments constituent une première base bibliographique solide, mais non exhaustive, pour guider le travail qui sera mené par le doctorant.

PROFIL DU CANDIDAT(E) RECHERCHE

DIPLÔME

Master recherche (ou diplôme d'ingénieur sous certaines conditions) dans l'une des spécialités suivantes : Probabilité/Statistiques, Sécurité de fonctionnement, Analyse de données.

COMPETENCES

Le candidat devra avoir de solides connaissances dans au moins l'une de ces thématiques :

- Probabilités / statistiques
- Analyse de données
- Apprentissage statistique / classification
- Fiabilité
- Théorie de la maintenance

ENCADREMENT ET ACCROCHE DOCTORALE

Ecole doctorale : Univ. Paris Est ED 532 - MSTIC (Mathématiques et Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication)

Directeur de thèse : Laurent Bouillaut (CR HDR, IFSTTAR Marne-la-Vallée, COSYS-GRETTIA)

Encadrant : Dimitri Daucher (CR, IFSTTAR Marne-la-Vallée, COSYS-LEPSIS)

Chef de projet VEDECOM : Nadège Faul

Rémunération mensuelle brute : 2100€

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] *Quel avenir pour les infrastructures routières ou comment sécuriser leur financement ?* Revue des ingénieurs des ponts, des eaux et des forêts, n°884, mai 2017.
- [2] B. Castenier. *Contribution à l'optimisation de la décision sous incertitudes : applications à la maintenance*, HDR de l'école doctorale sciences et technologies de l'information et des matériaux, IRCCyN, 2012.
- [3] J. Erlich, *Quelle infrastructure pour le véhicule autonome ?* Routes/Roads 2017 – N°373 – www.piarc.org.
- [4] H. Maurey. *Rapport n°458 d'information sur les infrastructures routières : un réseau en danger*, Sénat, Session ordinaire de 2016-2017.
- [5] F. Menant. *Estimation de l'uni longitudinal des infrastructures routières au moyen de véhicules traceurs. Développements méthodologiques et expérimentations*, thèse de l'ED SPI de l'UNAM, soutenue le 4/11/2014.
- [6] M. Redondin, L. Bouillaut and D. Daucher, *Temporal clustering of retroreflective marking*, ESREL'17, 27th international European Safety and Reliability Conference, june 18-22, 2017.
- [7] M. Redondin, D. Daucher and L. Bouillaut, *Reconstruction of missing retroreflective data according to yearly inspection marking*, MMR'17, 10th international conference on mathematical methods in reliability, july 3-6, 2017.
- [8] M. Redondin. *Approche performantielle de la maintenance des marquages routiers*, Thèse de doctorat de l'Ecole Doctorale MSTIC, Université de Paris-Est, à paraître en 2018.
- [9] S. Sathyanarayanan, V. Shankar and E. Donnell. *Pavement Marking Retroreflectivity Inspection Data – A Weibull Analysis*, Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board, vol 03, n° 12056, pp. 17-24, 2008.
- [10] M. Zouch. *Décision dans l'incertain : Application à la gestion de l'entretien routier*, Thèse de doctorat de l'Ecole Doctorale Sciences et Technologies de l'Information et Mathématiques, Université de Nantes, 2011.

Merci d'adresser vos candidature, **conjointement**, à :

laurent.bouillaut@ifsttar.fr et dimitri.daucher@ifsttar.fr