



<b>Titre Thèse</b>	Surveillance des réseaux embarqués des véhicules autonomes : une approche conjointe signal et système	
<b>(Co)-Directeur 1</b>	Virginie Dégardin	E-mail : virginie.degardin@univ-lille.fr
<b>(Co)-Directeur 2</b>	Vincent Cocquempot	E-mail : vincent.cocquempot@univ-lille.fr
<b>Laboratoire 1</b>	IEMN, UMR 8520	Web : <a href="https://www.iemn.fr/">https://www.iemn.fr/</a>
<b>Equipe 1</b>	TELICE (Télécommunications, Interférences et Compatibilité Electromagnétique)	Web : <a href="https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/telice">https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/telice</a>
<b>Laboratoire 2</b>	CRISTAL, UMR 9189	Web : <a href="https://www.cristal.univ-lille.fr/">https://www.cristal.univ-lille.fr/</a>
<b>Equipe 2</b>	DICOT (Diagnostic, Commande et Observation pour des systèmes Tolérants aux fautes)	Web : <a href="https://www.cristal.univ-lille.fr/?rubrique27&amp;eid=23">https://www.cristal.univ-lille.fr/?rubrique27&amp;eid=23</a>
	Contrat Doctoral Etablissement	Lille <input checked="" type="checkbox"/> UVHC <input type="checkbox"/> ECL <input type="checkbox"/> ISEN <input type="checkbox"/>
<b>Financement prévu</b>	Président-Région <input checked="" type="checkbox"/>	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :
<b>Acquis</b> <input type="checkbox"/>	Président- Autre <input type="checkbox"/> Préciser	DGA – Autre <input type="checkbox"/> Préciser
	Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Type	Autre <input type="checkbox"/>

### Résumé du sujet :

Dans le cadre des véhicules intelligents voire autonomes, nous assistons à un accroissement du nombre de calculateurs embarqués permettant des fonctionnalités avancées d'aide à la conduite pour assister voire se substituer au conducteur (régulateur de vitesse, aide au freinage, parking automatique. . .). Ces calculateurs contrôlent et commandent différents systèmes grâce à un ensemble de capteurs et d'actionneurs répartis dans le véhicule, et échangent des données entre eux grâce à des réseaux de communications. On aboutit ainsi à une grande complexité des réseaux d'énergie et de communication, se traduisant par un grand nombre de connexions et de conducteurs filaires, complexité qui s'est encore accrue avec l'apparition des véhicules électriques autonomes. Cela provoque une augmentation du risque d'apparition de défaut pouvant nuire à l'intégrité du véhicule et à la sécurité des passagers.

L'objectif de la thèse est d'élaborer un système de détection de défauts et de surveillance de l'état de santé des réseaux (« Health monitoring ») dans les véhicules autonomes, incluant les aspects diagnostic et décisions de maintenance. Cet objectif peut être atteint en combinant deux approches souvent abordées indépendamment l'une de l'autre : une approche signal et une approche système. Les 2 laboratoires d'accueil ayant respectivement une expertise dans une de ces 2 approches, la thèse sera menée grâce à une mutualisation de leurs compétences. Les résultats des études théoriques seront confrontés à ceux obtenus expérimentalement sur une plateforme d'essai mutualisée, composée d'un véhicule automobile électrique robotisé financé dans le cadre du CPER ELSAT2020.

### Méthodologie

La première étape portera sur l'état de l'art des systèmes embarqués et des protocoles de communication dans le domaine de l'automobile. Cela permettra de dégager les caractéristiques et contraintes liées à la sûreté de fonctionnement et à la compatibilité électromagnétique de l'ensemble électrique et électronique. Elle comprendra également une analyse des types de défauts potentiels tant au niveau des réseaux et connexions que du système global.

Pour élaborer une méthodologie de diagnostic (détection, localisation, estimation) de défauts de ces systèmes complexes, nous proposons de combiner deux approches développées dans deux communautés scientifiques. La première approche dite « signal » est basée sur l'analyse d'un signal dédié sur les réseaux, la seconde est une approche dite « système » qui tient compte de l'architecture du système multi-composants.

- Approche signal. L'analyse de l'évolution des caractéristiques d'un signal dédié lors de sa propagation sur le réseau [1, 2] devra permettre de détecter et localiser les défauts électriques du câble ou des connexions grâce à un traitement du signal approprié. Des algorithmes haute résolution ou des méthodes d'estimation de canal parcimonieux [3] pourront être envisagés afin d'affiner l'estimation de la localisation des défauts. Un soin particulier sera porté à la détermination de la sensibilité et de la précision des techniques de détection pour éviter les cas de fausses alarmes. Comme une des causes possibles de celles-ci est liée au bruit présent sur le réseau, une caractérisation de ce bruit sera effectuée en menant des campagnes de mesure sur la plateforme de véhicule robotisé.

-Approche système. Cette approche de diagnostic tient compte des liens et interactions entre les composants du système pour générer des indicateurs de défauts (appelés communément résidus) qui sont calculés en utilisant les informations prélevées sur le système (données capteurs, informations de commande) [4, 5]. L'analyse de ces indicateurs permet de caractériser l'état de santé du système en fonctionnement. Classiquement, ces méthodes sont utilisées pour diagnostiquer les défauts des capteurs, des actionneurs et des composants internes. Nous proposons d'étendre la méthodologie pour le diagnostic des câbles qui relient ces composants. Afin d'améliorer le diagnostic, et en utilisant l'approche signal, nous envisageons de développer des méthodes dites de diagnostic actif [6], dans lesquelles des signaux parasites sont injectés dans le système pour sensibiliser les éléments défectueux, sans perturber le comportement du système.

L'utilisation conjointe de ces approches et outils devrait permettre d'améliorer la fiabilité et les performances du diagnostic (rapidité de détection, précision sur la localisation, évaluation de la criticité du défaut). A noter que nous visons non seulement le diagnostic « hors-ligne » (le véhicule est à l'arrêt), mais aussi le diagnostic « en-ligne » (le véhicule est en circulation). L'estimation de l'état de santé du véhicule permettra de prendre les bonnes décisions en phase de conduite et guidera les opérations de maintenance à effectuer lorsque le véhicule est à l'arrêt.

Les méthodes de diagnostic que nous développerons seront implémentées sur des cartes électroniques, testées et validées expérimentalement sur la plateforme expérimentale automobile.

Les méthodes de diagnostic développées dans le cadre de cette thèse pourront être généralisées à tout type de véhicules de transport (automobile, ferroviaire et aéronautique). Cette thèse s'inscrit le cadre du contrat de plan CPER ELSAT2020–projet DIACAet de la Fédération de Recherche Transport Terrestre Mobilité et pourra s'inscrire dans le cadre de la chaire REV3 sur le défi "Transports intelligents et non polluants".

[1] A. Lelong, M. Olivas-carrion, V. Degardin, M. Lienard, "On line wire diagnosis by modified spread spectrum time domain reflectometry" , Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS 2008, Cambridge, MA, USA, July 2-6, ISBN 978-1-934142-06-6, 182-186, 2008.

[2] N. Lallbeeharry1, R. Mazari, V. Dégardin, C. Trebosc, "PLC Applied to Fault Detection on In-Vehicule Power Line", ISPLC 2018, Manchester, England, 2018.

[3] H. Xie, "Sparse Channel Estimation in OFDM System", PhD thesis, Université De Nantes and South China University Of Technology, 2014.

[4] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, K. Yin, and S. N. Kavuri, "A review of process fault detection and diagnosis: Part i: Quantitative model-based methods," Computers & Chemical Engineering, vol. 27, no. 3, pp. 293-311, 2003.

[5] Frisk Erik. Residual Generation for Fault Diagnosis. PhD thesis, Dissertation No. 716, Linköpings Universitet, 2001.

[6] N. Poulsen, H. Niemann, "Active Fault Diagnosis Based on Stochastic Tests. " *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 18(4), pp. 487-496, 2008.