

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Surveillance des réseaux câblés d'énergie et de communication embarqués	
PhD Title		
(Co)-Directeur	Virginie Dégardin	E-mail : virginie.degardin@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Vincent Cocquempot	E-mail :vincent.cocquempot@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN et CRISTAL	Web :
Groupe(s)	CRISTAL- TOPSYS/ToSyMa IEMN-TELICE	Web :
Projet phare principal	TRANSPORT	
Financement acquis Oui ☐ Non ☒ Partiel ☐	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère...) :	
Financement demandé	Contrat ☐ Doctoral ☐ Etablissement ☐	ULille ☒ Centrale Lille ☐ JUNIA ☐
	Région ou Autre ☐ Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :

Résumé (français)

Dédié à l'affichage sur le site de l'IEMN

A ajouter sur www.adum.fr également

Typiquement 5000 caractères maximum

Mots clés : Diagnostic, réseaux embarqués, système de communication, traitement de signal, IA

Les véhicules électriques, intelligents voire autonomes, sont en plein développement et nécessitent des systèmes de communications internes au véhicule, avec l'environnement extérieur et entre véhicules fiables et sécurisées. Pour la partie interne aux véhicules, des calculateurs contrôlent et commandent les 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 communication. 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.

Le déploiement de ces nouvelles technologies avancées d'assistance au conducteur (ADAS) nécessite de pouvoir garantir une sûreté de fonctionnement optimale (fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité) en toute circonstance. Ceci nécessite de mettre en place un système de surveillance de l'état de santé du véhicule (détection, localisation, identification de défauts et pronostic de défaillance) et des procédures de reconfiguration ou d'adaptation (reconfiguration de la commande ou des objectifs, commande tolérante aux fautes) en cas de défaillance détectée. De nombreux travaux ont été réalisés pour améliorer cette sûreté de fonctionnement, mais essentiellement pour détecter les défauts de composants tels que les capteurs et actionneurs. Dans cette thèse, nous nous concentrons sur la surveillance du support de communication et ainsi pour détecter et localiser les défauts naissants (ou soft faults) des câbles/réseaux filaires et connexions. Ces défauts dus à l'usure des câbles, à des contraintes mécaniques, à l'effet de températures excessives ou encore de l'humidité sont pourtant très présents. Ils n'ont pas d'effet immédiats car la communication ou le transfert d'énergie est maintenu, mais peuvent évoluer vers des défauts francs (hard faults – courts circuits ou circuits ouverts) qui eux vont venir impacter le fonctionnement de ces véhicules, et peuvent entraîner des atteintes à l'intégrité du véhicule et à la sécurité des passagers.

Des travaux ont été réalisés pour répondre à ces enjeux de diagnostic des réseaux câblés dans le cadre des projets du CPER ELSAT 2020 et RITMEA en région Hauts-de-France et on fait l'objet d'une première thèse soutenue en 2022 par Abdel Karim Abdel Karim co-dirigée par V. Cocquempot (CRISTAL) et V. Dégardin (IEMN). Une technologie de transferométrie est étudiée et des indicateurs d'état de santé sont générés en comparant les coefficients de transfert estimés en ligne par les calculateurs avec les coefficients de transfert de référence. Des résultats très intéressants ont été obtenus pour la détection dans le domaine fréquentiel de défauts non francs et publiés dans des conférences ou journaux. Une seconde thèse, menée par Ameer Ahmadie est actuellement en cours et a pour objectif de développer une méthode de détection, de localisation et d'estimation de la sévérité d'un défaut en s'appuyant sur des résidus dans le domaine temporel.

L'objectif de la thèse proposée est de poursuivre les travaux entamés dans le cadre des thèses de Abdel Karim Abdel Karim et Ameer Ahmadie. Plusieurs pistes sont envisagées :

- Développer une méthode de surveillance et de diagnostic en environnement complexe et perturbé (bruits en particulier) au moyen d'algorithmes d'IA et d'apprentissage profond.
- Adapter la méthode à des défauts multiples
- Utiliser la méthode pour détecter des données corrompues ou malveillantes voire des menaces d'attaques et d'intrusions sur les réseaux
- Réaliser une preuve de concept en implémentant la méthode sur un banc de test laboratoire à l'aide de cartes de génération et d'acquisition de signaux. Une attention particulière sera alors portée sur l'implémentabilité de la méthode, et sa frugalité en termes de données et de puissance de calcul.
- Mettre en œuvre la méthode de surveillance sur le véhicule électrique autonome Zoé du CRISTAL (plateforme PRETIL : Plateforme de recherche Robotique et Transports Intelligents de Lille - plateforme labellisée par l'Université de Lille et l'Equipe Robotex)

Ce sujet s'inscrit dans plusieurs projets et structures dans lesquels IEMN et CRISTAL sont impliqués :

- La Fédération de Recherche et d'Animation du CNRS : FR TTM : Transition dans les Transports et Mobilité FRA CNRS 3733,
- le CPER 2021-2027 RITMEA : Recherche et Innovation en Transports et Mobilité Eco-responsables et Autonomes,
- l'Axe véhicule autonome de l'équipement structurant pour la Recherche : TIRREX Technological Infrastructure for Robotics Research of Excellence, lauréat de l'appel à manifestations d'intérêt ESR / EquipEx+,
- le projet CUMIN : Campus à Mobilité Innovante et Neutre en carbone, programme interdisciplinaire de l'Université de Lille sur l'électro-mobilité

Articles publiés dans le cadre des thèses de Abdel Karim Abdel Karim et Ameer Ahmadie

1. Abdelkarim Abdelkarim, M.Amine Atoui, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot. Fault Detection and Localization in Vehicular Embedded Network Using Power Line Communication. International Conference on Systems and Control (ICSC21), Nov 2021, Caen, France.
2. Abdelkarim Abdelkarim, Mohamed Amine Atoui, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot. Fault detection and localization in Y-shaped network through power line communication. The conference on Control and Fault-Tolerant Systems (SysTol'21), Sep 2021, Saint-Raphaël, France.
3. Abdelkarim Abdelkarim, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot, Mohamed Amine Atoui. Soft fault detection and localization in an unshielded twisted pair network using power line communication. 7th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS), Apr 2021, Online, Portugal. pp.104380.
4. Abdelkarim Abdelkarim, Virginie Degardin, Mohamed Amine Atoui, Vincent Cocquempot. Using power line communication for fault detection and localization in star-shaped network, IFAC Safeprocess 2022.
5. Abdel Karim Abdel Karim, M. Amine Atoui, Virginie Degardin, Pierre Laly, Vincent Cocquempot, Bus network decomposition for fault detection and isolation through power line communication, ISA Transactions, 2023, 137, pp.492-505. <10.1016/j.isatra.2023.01.023>
5. Abdelkarim Abdelkarim, Vincent Cocquempot, Mohamed Amine Atoui, Pierre Laly, Virginie Degardin, Improving residual robustness to noise for fault localization in a Y-shaped network, IFAC Safeprocess 2024, IFAC, Jun 2024, Ferrara, Italy
6. Ameer Ahmadie, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot, Soft Fault Diagnosis in a Communication Cable using a Transferometry-Based Method, 33rd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED2025), Jun 2025, Tanger.

Abstract (anglais)

Electric, smart, and even autonomous vehicles are rapidly developing and require reliable and secure communication systems within the vehicle, with the external environment, and between vehicles.

Inside the vehicles, computers control the various systems using a set of sensors and actuators distributed throughout the vehicle, and exchange data with each other via communication networks. This results in highly complex energy and communication networks, requiring a large number of connections and wired conductors. The deployment of these new advanced driver assistance technologies (ADAS) requires the ability to guarantee optimal operational safety (reliability, maintainability, availability, security) in all circumstances. This requires the implementation of a vehicle health monitoring system (detection, localization, identification of faults, and failure

prediction) and reconfiguration or adaptation procedures (reconfiguration of control or objectives, fault-tolerant control) in the event of a detected failure. Much work has been done to improve operational safety, but mainly to detect faults in components such as sensors and actuators.

In this thesis, we focus on communication channel monitoring in order to detect and locate incipient faults (or soft faults) in cables/wired networks and connections. These faults, caused by cable wear, mechanical stress or chafing, excessive temperatures, or humidity, are nevertheless very common. They do not have an immediate effect because communication or energy transfer is maintained, but they can develop into hard faults (short circuits or open circuits) which will impact the operation of these vehicles and may compromise vehicle integrity and passenger safety.

Studies has been carried out to address these challenges in cable networks diagnosing as part of the CPER ELSAT 2020 and RITMEA projects in the Hauts-de-France region, and is the subject of a first thesis defended in 2022 by Abdel Karim Abdel Karim, co-supervised by V. Cocquempot (CRISTAL) and V. Dégardin (IEMN). Transferometry-based technology is being studied and health indicators are generated by comparing the transfer coefficients estimated online by the calculators with the reference transfer coefficients. Very interesting results have been obtained for the detection of soft faults in the frequency domain and published in conferences and journals. A second thesis, led by Ameer Ahmadie, is currently underway and aims to develop a method for detecting, locating, and estimating the severity of a defect based on residuals in the time domain.

The objective of the proposed thesis is to continue the work begun in the theses of Abdel Karim Abdel Karim and Ameer Ahmadie. Several ideas are being explored:

- Developing a method for monitoring and diagnosis in complex and disturbed environments (particularly noise) using AI and deep learning algorithms.
- Adapting the method to multiple faults
- Using the method to detect corrupt data, or even threats of attacks and intrusions on networks
- Carrying out a proof of concept by implementing the method on a laboratory test bench using signal generation and acquisition cards. Particular attention will then be paid to the method's implementability and its frugality in terms of data and computing power.
- Implement the monitoring method on CRISTAL's Zoé autonomous electric vehicle (PRETIL platform: Lille Robotics and Intelligent Transportation Research Platform - platform certified by the University of Lille and Equipex Robotex)

This topic is part of several projects and structures in which IEMN and CRISTAL are involved:

- La Fédération de Recherche et d'Animation du CNRS : FR TTM : Transition dans les Transports et Mobilité FRA CNRS 3733,
- le CPER 2021-2027 RITMEA : Recherche et Innovation en Transports et Mobilité Eco-responsables et Autonomes,
- l'Axe véhicule autonome de l'équipement structurant pour la Recherche : TIRREX Technological Infrastructure for Robotics Research of Excellence, lauréat de l'appel à manifestations d'intérêt ESR / EquipEx+,
- le projet CUMIN : Campus à Mobilité Innovante et Neutre en carbone, programme interdisciplinaire de l'Université de Lille sur l'électro-mobilité

Published articles - thèses de Abdel Karim Abdel Karim et Ameer Ahmadie

1. Abdelkarim Abdelkarim, M.Amine Atoui, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot. Fault Detection and Localization in Vehicular Embedded Network Using Power Line Communication. International Conference on Systems and Control (ICSC21), Nov 2021, Caen, France.
2. Abdelkarim Abdelkarim, Mohamed Amine Atoui, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot. Fault detection and localization in Y-shaped network through power line communication. The conference on Control and Fault-Tolerant Systems (SysTol'21), Sep 2021, Saint-Raphaël, France.
3. Abdelkarim Abdelkarim, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot, Mohamed Amine Atoui. Soft fault detection and localization in an unshielded twisted pair network using power line communication. 7th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS), Apr 2021, Online, Portugal. pp.104380.
4. Abdelkarim Abdelkarim, Virginie Degardin, Mohamed Amine Atoui, Vincent Cocquempot. Using power line communication for fault detection and localization in star-shaped network, IFAC SafeProcess 2022.
5. Abdel Karim Abdel Karim, M. Amine Atoui, Virginie Degardin, Pierre Laly, Vincent Cocquempot, Bus network decomposition for fault detection and isolation through power line communication, ISA Transactions, 2023, 137, pp.492-505. <10.1016/j.isatra.2023.01.023>

5. Abdelkarim Abdelkarim, Vincent Cocquempot, Mohamed Amine Atoui, Pierre Laly, Virginie Degardin, Improving residual robustness to noise for fault localization in a Y-shaped network, IFAC Safeprocess 2024, IFAC, Jun 2024, Ferrara, Italy
6. Ameer Ahmadie, Virginie Degardin, Vincent Cocquempot, Soft Fault Diagnosis in a Communication Cable using a Transferometry-Based Method, 33rd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED2025), Jun 2025, Tanger.