

# ***Sélection et optimisation des technologies véhiculaires pour la connectivité de bout-en-bout et la continuité de services des applications.***

*Thèse en coopération*

**Institut VEDECOM – L2TI (Institut Galilée -USPN)**

## **Contexte**

Au cours de la dernière décennie, la connectivité, l'automatisation et l'électrification des véhicules ont conduit à une révolution du secteur de l'automobile et une softwarisation grandissante de la voiture. De ce fait, la voiture de demain embarquera une multitude d'applications (de nature diverse : sécurité routière, gestion du trafic, infotainment) et sera équipée de plusieurs technologies de communication : ITS-G5, C-V2X, 4G/5G, WiFi, Satellite.

Ce nouvel écosystème dénommé Internet des Véhicules (IoV) ressemble à bien des égards à l'Internet des Objets (IoT), mais en diffère par la forte mobilité des véhicules, la levée des contraintes liées à la puissance de calcul et la gestion d'énergie, la diversité et concurrence des applications, et par le support de multiples technologies de communication [1]. Le principal défi étant de garantir les performances, la communication de bout-en bout et la continuité de service, principalement pour les applications de type V2N – du Véhicule vers le Réseau Internet – via les technologies sans fil : 5G, WiFi, Satellite. Dès lors, il s'agit ici de sélectionner ou d'optimiser la technologie de communication selon le contexte et les besoins applicatifs [2].

## **Problématique**

La sélection de la technologie de communication n'est pas un sujet nouveau, néanmoins son application au domaine du véhiculaire est récente, et continue d'évoluer aux fils des approches évaluées : Aide à la décision multicritère, Algorithmes bio-inspirés et plus récemment Intelligence Artificielle [3, 4]. De plus, cette procédure peut être faite de manière totalement autonome/décentralisée ou alors assistée par le réseau. Enfin, cette sélection sous-entend un basculement vers une autre technologie, procédure communément appelé Vertical Handover qui a pour conséquence une interruption de la connectivité dont il faut minimiser l'impact et la latence [5].

L'optimisation de la technologie de communication fait référence principalement aux avancées faites dans le domaine des réseaux cellulaires comme la nouvelle norme 5G et des possibilités qu'elle offre comme le Network Slicing, le Predictive QoS ou encore le Dual Connectivity. Avec le Network Slicing, il est possible de définir plusieurs réseaux cellulaires virtuels pour assurer différents niveaux de services et de performances, en lien avec les besoins applicatifs [6]. S'agissant du Predictive QoS, il permet d'anticiper les variations de la qualité du réseau en amont afin d'adapter le trafic. Enfin, le Dual Connectivity permet à un même équipement réseau d'être connecté à plusieurs réseaux cellulaires en même temps. L'ensemble de ces solutions liés à la 5G font référence ou s'assimile au concept de Horizontal Handover.

Dans ce contexte, les réseaux cellulaires jouent un rôle de plus en plus important, à travers la 5G et les futures normes et fonctionnalités allant au-delà de la 5G (Beyond 5G, 6G). En effet, ces normes visent une intégration harmonieuse avec les autres technologies sans fil, par le biais d'un Handover transparent, en mesure d'assurer la continuité de service et la faible latence. Pour cela, au-delà des approches permettant la sélection ou l'optimisation de la technologie, qui viennent en complément, il est nécessaire d'envisager de nouvelles solutions techniques et protocoles permettant ou facilitant ce Handover et en mesure d'assurer un minimum d'interopérabilité. Appliqués au domaine des

réseaux véhiculaires, ces protocoles permettront de répondre aux besoins importants des applications véhiculaires, tout en considérant les changements de condition de connectivité.

## **Méthodologie**

Cette thèse vise dans un premier temps à établir l'étude de l'existant en se concentrant principalement sur les techniques et protocoles permettant ce Handover, tout en considérant les différentes approches permettant la sélection et l'optimisation de la technologie. Par la suite, il s'agira d'évaluer les protocoles et les approches les plus pertinentes par le biais de simulations réseaux (SUMO, Omnet++, NS3) et de tests sur bancs d'essai. Enfin, cette thèse aura la charge de proposer et d'évaluer de nouvelles solutions, en mesure de garantir la continuité de service, la garantie de performance et la communication End-To-End pour les applications véhiculaires de type V2N, qui suscitent l'intérêt grandissant des constructeurs automobiles (OEMs), afin de fournir de nouveaux services (exemple : Remote Diagnostic & Assistance).

**Mots clés :** *Internet des Véhicules (IoV), Communication véhiculaires (V2X : V2N, V2V, V2I...), 5G, WiFi, Context-based Selection, Horizontal & Vertical Handover, Beyond 5G/6G.*

## **Encadrants :**

- VEDECOM
  - Dr. Arslane Hamza-Cherif : [arslane.hamza-cherif@vedecom.fr](mailto:arslane.hamza-cherif@vedecom.fr)
  - Dr Pierre Merdrignac : [pierre.merdrignac@vedecom.fr](mailto:pierre.merdrignac@vedecom.fr)
- L2TI – USPN :
  - Gladys Diaz (MCF-HDR) : [gladys.diaz@univ-paris13.fr](mailto:gladys.diaz@univ-paris13.fr)
  - Khaled Boussetta (Professeur) : [khaled.boussetta@univ-paris13.fr](mailto:khaled.boussetta@univ-paris13.fr)

## **Références**

[1] F. Yang, S. Wang, J. Li, Z. Liu and Q. Sun, "An overview of Internet of Vehicles," in *China Communications*, vol. 11, no. 10, pp. 1-15, Oct. 2014, doi: 10.1109/CC.2014.6969789.

[2] R. Jacob, N. Franchi and G. Fettweis, "Hybrid V2X Communications: Multi-RAT as Enabler for Connected Autonomous Driving," 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Bologna, Italy, 2018, pp. 1370-1376, doi: 10.1109/PIMRC.2018.8580953.

[3] Rodrigo Silva. *ITS-based decision-making mechanism for opportunistic networking in heterogeneous network environment. Networking and Internet Architecture [cs.NI]. Ecole nationale supérieure MinesTélécom Atlantique, 2020. English. ffnNT : 2020IMTA0174ff. fftel-02941004v2f*

[4] Ameni Chtourou. *Contextual communication for intelligent transportation systems in hybrid networks. Emerging Technologies [cs.ET]. Université Paris-Saclay, 2021. English. ffnNT : 2021UPASG116ff. fftel-03611002f*

[5] B. Abidi, F. M. Moreno, M. E. Haziti, A. Hussein, A. A. Kaff and D. M. Gomez, "Hybrid V2X Communication Approach using WiFi and 4G Connections," 2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES), Madrid, Spain, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICVES.2018.8519489.

[6] C. Campolo, A. Molinaro, A. Iera and F. Menichella, "5G Network Slicing for Vehicle-to-Everything Services," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 24, no. 6, pp. 38-45, Dec. 2017, doi: 10.1109/MWC.2017.1600408.