

**Proposition de communication pour les
2e Rencontres Francophones Transport Mobilité (RFTM)
Montréal, 11-13 juin 2019**

Titre :

Véhicules coopératifs et communicants : application à la perception élargie

Auteur(s) :

Lucas RIVOIRARD, Chargé d'étude, Cerema Sud Ouest, lucas.rivoirard@cerema.fr
Martine WAHL, Chargé de recherche, IFSTTAR/COSYS/LEOST, martine.wahl@ifsttar.fr
Patrick SONDI, Maître de conférences, ULCO/LISIC, patrick.sondi@univ-littoral.fr

Mots-clés :

Aide à la conduite, véhicule connecté, sécurité routière, perception élargie, interactions usagers

Résumé :

Les travaux présentés dans ce résumé ont été menés au laboratoire COSYS-LEOST de l'IFSTTAR de 2015 à 2018.

La conduite autonome va de pair avec l'amélioration des communications entre les entités composant le système (véhicules coopératifs, autoroute intelligente). Les travaux actuels scindent l'automatisation des véhicules en cinq niveaux allant du véhicule piloté au véhicule entièrement automatisé. De manière analogue à cette décomposition en niveau de l'automatisation des véhicules, nous pouvons distinguer différents niveaux de communication (Figure 1). Le premier niveau concerne les véhicules actuellement déployés sur le marché européen, qui intègrent depuis juin 2018 le système d'appel d'urgence eCall. Le deuxième niveau définit des véhicules en capacité de recevoir des messages émanant de bornes déployées le long de l'infrastructure routière (système V2I - Figure 2). Cependant, dans l'hypothèse d'une infrastructure défaillante, un verrou scientifique consiste à concevoir une stratégie de communication inter-véhiculaire V2V qui définit le troisième niveau de communication pour lequel des communications proches seront nécessaires à l'échange de variables et de messages entre véhicules autonomes voisins. Le quatrième, et dernier niveau, concerne les communications lointaines, typiquement nécessaires à l'échange de messages d'alertes et plus largement à la gestion du réseau routier.

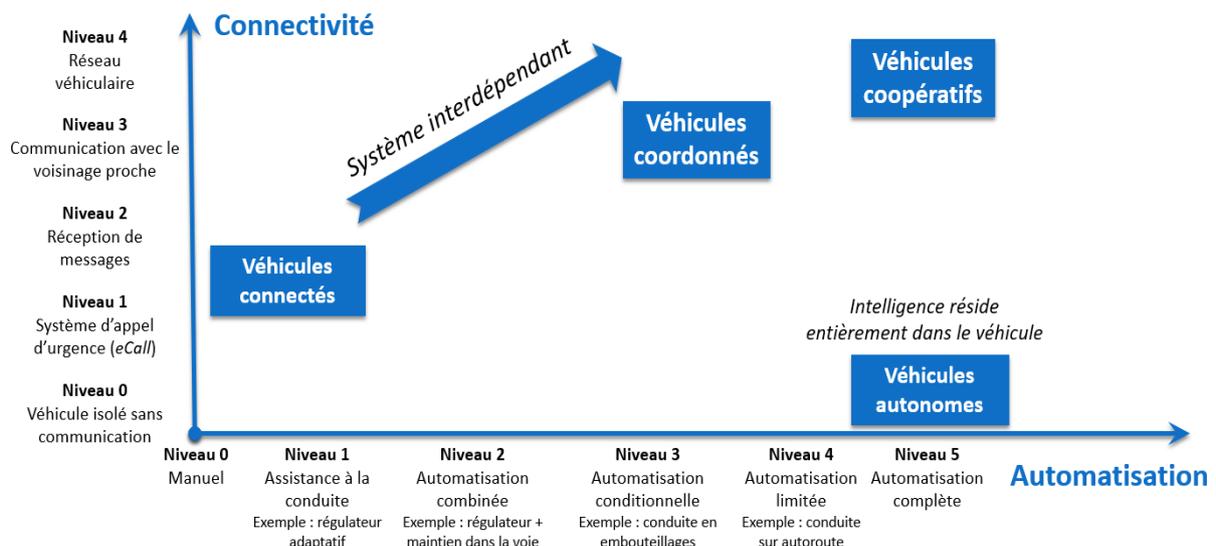


Figure 1 : Niveaux d'automatisation et de communication des véhicules

L'architecture de réseaux véhiculaires Ad-Hoc (VANET-V2V) est un paradigme qui permet d'envisager une large gamme d'applications pour les systèmes de transport intelligents (STI). Ces applications sont intégrées aux systèmes d'aide à la conduite, d'assistance au conducteur et d'automatisation de la conduite pour réduire le risque d'accident, en particulier pour les usagers vulnérables. Ce sont également des systèmes d'amélioration de la perception de l'environnement autour du véhicule et plus largement de perfectionnement de la régulation du trafic routier.

Les travaux actuels reposent en particulier sur la présence d'une infrastructure constituée d'un ensemble d'unités de bord de route (UBR) permettant des communications entre les véhicules et l'infrastructure (V2I - Figure 2). Cependant, le coût de déploiement de cette infrastructure est significatif au moment de l'installation et lors de la maintenance. De plus, dans l'hypothèse d'une infrastructure défaillante, un verrou scientifique est de concevoir une stratégie de communication ad hoc véhicule-à-véhicule (V2V) qui permette, d'une part, les communications proches nécessaires à l'échange de variables entre véhicules autonomes voisins et, d'autre part, les communications lointaines utiles à l'échange de messages d'alertes et plus largement de gestion du réseau routier. Vraisemblablement, les architectures V2I et V2V (Figure 2) devront fonctionner ensemble, se compléter et coopérer afin d'assurer une continuité de service.

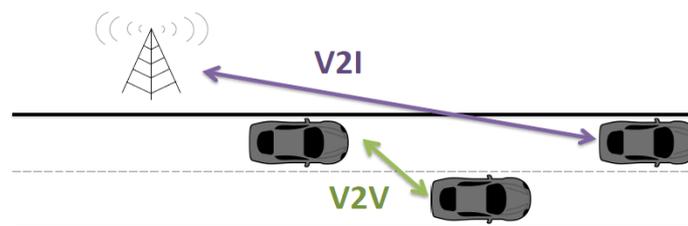


Figure 2 : Illustration des échanges dans une architecture de communication V2V et V2I

Dans de précédents articles ^{1 2}, nous avons présenté l'algorithme Chaîne-branche-feuille (**CBL** –Chain-Branch-Leaf) que nous avons développé. Nous nous intéressons alors à la construction d'une infrastructure virtuelle dynamiquement stable qui repose sur des communications V2V qui permettrait de pallier toute une panne (telle celle des UBRs) à l'origine d'une rupture du service de communication V2I. Un autre objectif de cette structure sera d'organiser les échanges entre les véhicules en limitant, dans le cas d'une communication multi-sauts, le nombre de véhicules intermédiaires qui rediffuseront le message initié par un véhicule à un ou des véhicules destinataires.

Dans ce contexte, l'algorithme CBL, développé à l'IFSTTAR, offre au réseau véhiculaire les services d'une nouvelle topologie de réseau ad hoc qui optimise l'utilisation du réseau de communication au moyen de la définition de régions d'intérêt. CBL établit des liens et des regroupements entre véhicules en fonction de leur mobilité et de la qualité de leurs liens de communication. L'algorithme construit une structure fédératrice qui rend possible aussi bien des communications entre véhicules proches que lointains (Figure 3).

¹ « Chain-Branch-Leaf: a Clustering Scheme for Vehicular Networks Using Only V2V Communications », *Ad Hoc Networks*, vol. 68, pp. 70–84, janvier 2018.

² Lucas Rivoirard, Martine Wahl, Patrick Sonni, Marion Berbineau, Dominique Gruyer (2018). « Proposition d'une structuration dynamique d'un réseau de communication intervéhiculaire pour les ITS », RDMI 2018, Les rencontres de la mobilité intelligente, ATEC ITS FRANCE, Paris, FRANCE, 24-25 janvier 2018.

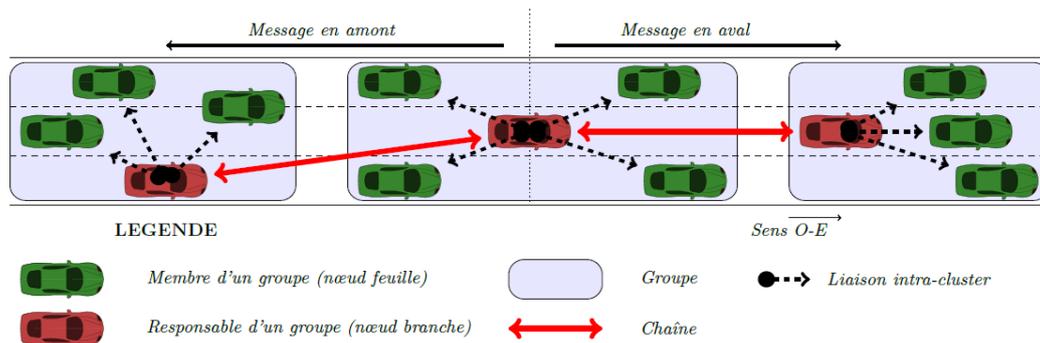


Figure 3 : Illustration de la création d'une chaîne dans un cas autoroutier en fonction du sens de circulation : en aval ou en amont du trafic. La chaîne offre un service de routage des messages applicatifs – source [2]

La difficulté des tests sur le terrain pour des systèmes à grande échelle des réseaux véhiculaires fait de la simulation informatique le moyen le plus répandu pour l'évaluation. Dans nos travaux, nous avons étudié le service offert par CBL aux trafics d'applications coopératives telle la perception élargie. L'application de perception élargie coopérative distribuée permet à chaque véhicule qui y participe de construire sa carte locale dynamique (Figure 4) en prenant en compte les informations reçues des véhicules de son voisinage. Ces informations relatives aux cartes locales des véhicules voisins s'ajoutent à la connaissance acquise localement par fusion des données des systèmes de perception embarqués. Une carte locale contient les informations actualisées des positions de l'ensemble des objets connus, dynamiques ou statiques, que rencontre le véhicule sur son parcours. Grâce à l'échange coopératif des positions et des vitesses des objets perçus par les capteurs d'un véhicule, les véhicules voisins peuvent améliorer leur perception de l'environnement.



Figure 4 : Concept de carte étendue pour l'application de perception élargie - source [2]

En conclusion, nous avons modélisé une application coopérative de perception élargie dans le cas d'un système entièrement décentralisé utilisant uniquement les communications de véhicule à véhicule. La méthode de structuration CBL proposée permet d'optimiser le trafic de données de cette application sur le médium en autorisant uniquement les nœuds branche à partager leur carte locale dynamique au-delà d'un saut. Les résultats de l'application de perception élargie sont prometteurs et ils montrent qu'il est possible d'obtenir des délais et taux de pertes selon un compromis voulu entre fréquence de messages et performances³.

³ Lucas Rivoirard, Martine Wahl, Patrick Sondi, Dominique Gruyer, and Marion Berbineau, "A Cooperative

